

Modularität in der motorischen Kontrolle

Tagungsband

Jahrestagung der dvs-Sektion Sportmotorik 2022

07.-09. September 2022 in Karlsruhe

SPORT MOTO RIK 22

Herausgegeben von

Bernd Stetter

Michael Herzog

Sina Spancken

Thorsten Stein

Unterstützt durch



Gold-Sponsor



Silber-Sponsor



Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bronze-Sponsoren



Wissenschaftliches Komitee

Prof. Dr. Alfred Effenberg (Hannover)
Prof. Dr. Peter Federolf (Innsbruck)
JProf. Dr. Cornelia Frank (Osnabrück)
PD Dr. André Klostermann (Bern)
Prof. Dr. Stefan Künzell (Augsburg)
Dr. Lisa Maurer (Gießen)
Dr. Steffen Ringhof (Freiburg)
Prof. Dr. Jörg Schorer (Oldenburg)
Prof. Dr. Simon Steib (Heidelberg)
Prof. Dr. Claudia Voelcker-Rehage (Münster)
Prof. Dr. Kerstin Witte (Magdeburg)
Prof. Dr. Karen Zentgraf (Frankfurt)

Lokales wissenschaftliches Komitee

Michael Herzog
Prof. Dr. Thorsten Stein
Dr. Bernd Stetter

Adresse

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Sport und Sportwissenschaft (IfSS)
Engler-Bunte-Ring 15
76131 Karlsruhe

Inhaltsverzeichnis

Programmübersicht	7
Keynote Speakers	15
Abstracts Keynotes	18
Motor modules.....	18
Muscle synergies for motor control	19
Analysing human movement through “principal movements”	20
Cognition and motor skills: Interaction and performance optimization in sports games ...	21
Reinhard-Daugis-Förderpreis	22
Körperliche Belastung und Asymmetrien	23
Assessing technical skills within talent research in sports.....	29
Verbesserung der motorischen Gedächtnisbildung durch akutes Herz-Kreislauf- Training: Ein Ansatz für Training und Therapie?	35
Session 1A: Motor Learning I – Representations in Motor Sequence Learning	41
Dissociating action representations in motor sequence learning.....	42
Representation types in action imagery practice and action execution practice when focussing on vision or kinesthesia.....	43
Action imagery practice induces automatization of stimulus-response coupling in sequence learning	45
Dyad training enhances the development of a motor but not a visual-spatial represen- tation in sequence learning.....	47
Task integration in complex, bi-manual sequence learning tasks.....	49
Session 1B: Postural Control	51
Vergleich des motorischen Verhaltens in einer virtuellen und einer realen Umgebung ...	52
„Please stand as still as possible“ – The influence of instructions on motor control outcomes during balance assessments	54
The influence of different sensory manipulations on boundary-margins of perceived postural instabilities	56
Inferring body movement features from tape kinematics.....	58
Session 1C: Prävention und Rehabilitation	60
Video-Feedback-Training zur Verletzungsprävention	61
Bewegungsgeschmeidigkeit von PNP-Patienten während einer Ganzkörper- bewegungsanalyse des Gehens.....	64
Split-Belt-Laufbandtherapie zur Verbesserung von Gangstörungen bei Morbus Parkinson	67
Einfluss eines musikbasierten Übungsprogramms auf die Gangstabilität von Menschen mit Demenz.....	69

Session 2A: Motorische Tests und Forschungsdatenmanagement.....	71
Forschungsdatenmanagement (FDM) in der Sportwissenschaft: Beispiel motorische Tests	72
Der Deutsche Motorik-Test 6-18: Ein nachhaltiges Instrument zur einheitlichen Durchführung motorischer Tests.....	73
10 Jahre BERLIN HAT TALENT: (anwendungsorientierte) Ausrichtung – (wissenschaftliche) Methodologie – (praktische) Ergebnisse	75
MO RE data: Entwicklung, Stand und langfristige Ziele des ersten Datenrepositoriums in der Sportwissenschaft	77
Forschungsdatenmanagement in der Sportwissenschaft: Perspektiven und Potenziale	78
Session 2B: Locomotion	80
Whole-body motor control adaptations to running on unstable surfaces	81
Lower limb exoskeletons as an assessment tool for motor performance: A systematic review.....	84
Erprobung eines akustischen Feedbacks zur Gangasymmetrie über die Sonifikation des Kniewinkelverlaufs	86
Session 2C: Motor Control I.....	88
Object weights can be predicted from movement kinematics in a replacement task	89
Predicting the outcome of basketball free throws – Human experts setting the benchmark	91
Predicting the outcome of basketball free throws – A technical system challenging the human benchmark?.....	93
The interplay between decision making and motor control.....	95
Postersession	97
Surprising effects of frontal neural correlates of augmented feedback-processing in extensive motor learning	98
The influence of reward on dual-adaptation.....	100
Motor-kognitive Anbahnung beeinflusst die neuronale Kontrolle der Balancefähigkeit.....	102
The effect of submaximal and maximal muscle fatiguing contractions on muscle synergy and balance adjustment	104
Skill acquisition in dynamic movement tasks: Can the freezing strategy be studied through a principal component analysis? – A pilot study.....	106
How can we better inform return-to-sport decisions after an ACL injury? – A study outline	108
Einfluss der individuellen Trainingsbiographie auf das motorische Lernen bei 6- bis 7-jährigen Kindern.....	110
The role of physical and psychological load for top-class handball referees' decision-making – A research programme.....	112
Akzeptanzanalyse eines passiven Trageassistenzsystems für die oberen Extremitäten (AkzEpT) – ein Pilotprojekt in Werkstätten am KIT.....	115

Session 3A: Motor Behavior in Older Adults	117
Motor behavior in older adults – Gait performance and functional mobility	118
Influence of cognitive and physical performance on gait parameters in demented persons with and without walking aids.....	119
Associations of in-laboratory and daily-life gait parameters with life-space mobility in older adults with cognitive impairment	121
Factors influencing functional mobility of nursing home residents.....	123
Association between self-reported physical activity and gait in older non-demented adults	125
Session 3B: Motor Control II – Motor Control of Everyday Activities	127
Motor control of complex everyday activities: Approaches for ecologically valid measurements.....	128
Kinematics of everyday manual tasks: Effects of aging, stroke, dementia and frailty	129
The effects of executive functions and physical fitness on street crossing behavior during multitasking in older adults.....	131
The impact of multi-tasking demands on collision avoidance in human locomotion – A case for the study of strategic behavioral adaptations?	133
Session 3C: Motor Learning II.....	135
Electromyographic cocontraction during a transfer from a circular to a non-circular chaining on a cycling ergometer	136
Difficulty manipulation combined with feedback-frequency may foster fine-motor-coordination skill acquisition and retention.....	138
Sensitivity to sensory feedback increases with greater uncertain disturbances during reaching	140
Elektrophysiologische Evidenz für die Modulation des frontoparietalen Netzwerks beim visuomotorischen Lernen.....	143
Session 3D: Motor Performance and Learning.....	145
Reliability, validity and feasibility of the Oldenburg observation tool for Table Tennis Technique (O3T) – an exploratory study.....	146
Belastungsbedingte Veränderungen im dynamischen Gleichgewicht	148
Proactive and retroactive transfer effects on voluntary gait adaptability in old age	151
Session 4A: Motor Control III	153
Is there dual-task interference in cycling when using bike computers?	154
Zum Einfluss von natürlicher Unsicherheit in Partner-Interaktionen auf kinematische und dynamische Variablen von Objektübergaben.....	156
Eine meta-analytische Untersuchung der Feedback-Related Negativity in motorischen Aufgaben	158
Understanding the role of functional variability in juggling.....	161

Session 4B: Training und motorische Leistungsfähigkeit.....	163
Zum Einfluss des Koordinationsniveaus auf die Effekte im Krafttraining mit Jugendlichen	164
Einfluss eines schulintegrierten Bewegungsprogramms auf die motorische Leistungsfähigkeit gesunder Kinder und Jugendlicher	166
Zum Einfluss des Koordinationsniveaus auf die trainingsbedingte Ausdauer-Leistungssteigerung bei Jugendlichen	167
Die Auswirkungen eines Smartphone-basierten kognitiven Trainings auf die exekutiven Funktionen von Nachwuchsleistungsfußballspielern: Eine randomisierte, kontrollierte Studie	170
Session 5A: Motor Learning III – Dissociation of Learning Mechanisms.....	172
Dissociation of learning mechanisms – Behavior, neural processing and modelling	173
"Perceptumotor framing" – Transforming predictive models to a perceptuomotor level to explain sport movement regulation.	174
Predictive and postdictive error processing develop complementarily with advancing expertise.....	176
Modelling the timescales of motor memory formation in dual adaptation	178
Dissociating learning mechanisms in the motor domain – An overview	180
Session 5B: Training und Neuroplastizität.....	182
Training und Neuroplastizität – Verbessert konditionelles Training die (motorische) Gedächtnisbildung?.....	183
Einfluss eines koordinativ-kognitiven Sporttrainings auf strukturelle und funktionelle Neuroplastizität.....	184
Akute Effekte eines hochintensiven Intervalltrainings auf explizite und implizite motorische Gedächtnisinhalte	186
Die synergistische Wirkung von hochintensivem Intervalltraining und Schlaf auf die prozedurale und deklarative Gedächtnisbildung	188

Programmübersicht

	Mittwoch 07.09.2022	Donnerstag 08.09.2022	Freitag 09.09.2022
7:00		Frühspport	Frühspport
9:00		Keynote II	Keynote IV
10:00		Kaffeepause	Kaffeepause
11:00		Sessions 2A, 2B, 2C, 2D	Sessions 5A, 5B, 5C
		Pause	Pause
12:00		Kurzpräsentation Poster	Verabschiedung
13:00	Registrierung	Mittagspause	
	Laborführung		
14:00	Eröffnung	Sessions 3A, 3B, 3C, 3D	
15:00	Keynote I	Pause	
	Kaffeepause	Keynote III	
16:00	Sessions 1A, 1B, 1C, 1D	Kaffeepause	
17:00	Pause	Sessions 4A, 4B, 4C	
18:00	Session Reinhard-Daug-Förderpreis	Pause	
	Pause	Postersession & Getränkeempfang	
19:00	Sitzung dvs-Sektion Sportmotorik	Gesellschaftsabend & Verleihung des Reinhard-Daug-Förderpreises	
20:00	Abend zur freien Verfügung		

Keynotes

Mittwoch, 07.09.2022

14:30	Keynote I	Hörsaal
-	Chair: Dr. Lisa Maurer	
15:30		
Uhr	Motor modules <i>Prof. Dr. Ernst-Joachim Hossner</i>	

Donnerstag, 08.09.2022

09:00	Keynote II	Hörsaal
-	Chair: Prof. Dr. Thorsten Stein	
10:00		
Uhr	Muscle synergies for motor control <i>Prof. Dr. Andrea d'Avella</i>	

15:15	Keynote III	Hörsaal
-	Chair: Dr. Bernd Stetter	
16:15		
Uhr	Analysing human movement through "principal movements" <i>Prof. Dr. Peter Federolf</i>	

Freitag, 09.09.2022

09:00	Keynote IV	Hörsaal
-	Chair: Prof. Dr. Jörg Schorer	
10:00		
Uhr	Cognition and motor skills: Interaction and performance optimization in sports games <i>JProf. Dr. Stefanie Klatt</i>	

Sessions

Mittwoch, 07.09.2022

16:00 - 17:00 Uhr	Session 1A: Motor Learning I – Representations in Motor Sequence Learning	Hörsaal
	Chairs: Dr. Stephan Dahm & Dr. Daniel Krause	
	Representation types in action imagery practice and action execution practice when focussing on vision or kinesthesia <i>Stephan F. Dahm & Martina Rieger</i>	
	Action imagery practice induces automatization of stimulus-response coupling in sequence learning <i>Stephan F. Dahm, Henri Hyna & Daniel Krause</i>	
	Dyad training enhances the development of a motor but not a visual-spatial representation in sequence learning <i>Stefan Panzer & Charles Shea</i>	
	Task integration in complex, bi-manual sequence learning tasks <i>Patrick Beißel & Stefan Künzell</i>	
16:00 - 17:00 Uhr	Session 1B: Postural Control	Seminarraum 004
	Chair: Ass. Prof. Maurice Mohr, PhD	
	Vergleich des motorischen Verhaltens in einer virtuellen und einer realen Umgebung <i>Dan Bürger, Stefan Pastel & Kerstin Witte</i>	
	„Please stand as still as possible“ – The influence of instructions on motor control outcomes during balance assessments <i>Steven van Andel, Janice Habig & Linus Maisch</i>	
	The influence of different sensory manipulations on boundary-margins of perceived postural instabilities <i>Benjamin Reimeir, Steven van Andel & Peter Federolf</i>	
	Inferring body movement features from tape kinematics <i>Heinz Hegi & Ralf Kredel</i>	
16:00 - 17:00 Uhr	Session 1C: Prävention und Rehabilitation	Seminarraum 005
	Chair: Prof. Dr. Alfred Effenberg	
	Video-Feedback-Training zur Verletzungsprävention <i>Sarah Schulte, Jessica Heil & Dirk Büsch</i>	
	Bewegungsgeschmeidigkeit von PNP-Patienten während einer Ganzkörperbewegungsanalyse des Gehens <i>Isabelle D. Walz, Sarah Waibel, Vittorio Lippi, Albert Gollhofer & Christoph Maurer</i>	
	Split-Belt-Laufbandtherapie zur Verbesserung von Gangstörungen bei Morbus Parkinson <i>Jana Seuthe, Femke Hulzinga, Nicholas D’Cruz, Pieter Ginis, Alice Nieuwboer & Christian Schlenstedt</i>	
	Einfluss eines musikbasierten Übungsprogramms auf die Gangstabilität von Menschen mit Demenz <i>Alexander Prinz, Anneke Schumacher & Kerstin Witte</i>	
16:00 - 17:00 Uhr	Session 1D: Meet the Expert	Seminarraum 106
	Chair: Dr. Lisa Maurer	
	Keynote Speaker Prof. Dr. Ernst-Joachim Hossner	
17:15 - 18:45 Uhr	Session Reinhard-Daug-Förderpreis	Hörsaal
	Chair: Prof. Dr. Hermann Müller	
	Körperliche Belastung und Asymmetrien <i>Jessica Heil</i>	
	Assessing technical skills within talent research in sports <i>Till Koopmann</i>	
	Verbesserung der motorischen Gedächtnisbildung durch akutes Herz-Kreislauf-Training: Ein Ansatz für Training und Therapie? <i>Philipp Wanner, Florian Ostermair, Martin Winterholler, Heiko Gaßner, Jürgen Winkler, Jochen Klucken, Klaus Pfeifer & Simon Steib</i>	

Donnerstag, 08.09.2022

10:30	Session 2A: Motorische Tests und Forschungsdatenmanagement	Hörsaal
-	Chair: Prof. Dr. Klaus Bös	
11:30	Der Deutsche Motorik-Test 6-18: Ein nachhaltiges Instrument zur einheitlichen Durchführung motorischer Tests <i>Tanja Eberhardt, Claudia Niessner, Lars Schlenker & Klaus Bös</i>	
Uhr	10 Jahre BERLIN HAT TALENT: (anwendungsorientierte) Ausrichtung – (wissenschaftliche) Methodologie – (praktische) Ergebnisse <i>Jochen Zinner, Till Utesch, Daniel Lange & Dirk Büsch</i>	
	MOIRE data: Entwicklung, Stand und langfristige Ziele des ersten Datenrepositoriums in der Sportwissenschaft <i>Hannah Kron, Claudia Niessner, Lars Schlenker, Katja Klemm & Klaus Bös</i>	
	Forschungsdatenmanagement in der Sportwissenschaft: Perspektiven und Potenziale <i>Melanie Krüger, Claudia Biniossek, Dirk Betz & Markus Stocker</i>	
10:30	Session 2B: Locomotion	Seminarraum 004
-	Chair: Prof. Dr. Hermann Schwameder	
11:30	Whole-body motor control adaptations to running on unstable surfaces <i>Maurice Mohr, Lukas Peer & Peter Federolf</i>	
Uhr	Lower limb exoskeletons as an assessment tool for motor performance: A systematic review <i>Tobias Moeller, Felix Moehler, Janina Krell-Roesch, Thorsten Stein & Alexander Woll</i>	
	Erprobung eines akustischen Feedbacks zur Gangasymmetrie über die Sonifikation des Kniewinkelverlaufs <i>Dagmar Linnhoff, Roy Ploigt & Klaus Mattes</i>	
10:30	Session 2C: Motor Control I	Seminarraum 005
-	Chair: Prof. Dr. Stefan Künzell	
11:30	Object weights can be predicted from movement kinematics in a replacement task <i>Lena Kopnarski & Laura Lippert, Julian Rudisch & Claudia Voelcker-Rehage</i>	
Uhr	Predicting the outcome of basketball free throws – Human experts setting the benchmark <i>Fabian D. Wachsmann, Lea E. Junge-Bornholt, Heiko Maurer, Lisa K. Maurer & Hermann Müller</i>	
	Predicting the outcome of basketball free throws – A technical system challenging the human benchmark? <i>Lea E. Junge-Bornholt, Fabian D. Wachsmann, Heiko Maurer, Lisa K. Maurer & Hermann Müller</i>	
	The interplay between decision making and motor control <i>Eric Grießbach, Philipp Raßbach, Oliver Herbolt & Rouwen Cañal-Bruland</i>	
10:30	Session 2D: Meet the Expert	Seminarraum 106
-	Chair: Prof. Dr. Thorsten Stein	
11:30	Keynote Speaker Prof. Dr. Andrea d'Avella	
Uhr		
11:45	Kurzpräsentation Poster	Hörsaal
-	Chair: Dr. Bernd Stetter	
12:30	Surprising effects of frontal neural correlates of augmented feedback-processing in extensive motor learning <i>Linda Margraf, Daniel Krause & Matthias Weigelt</i>	
Uhr	The influence of reward on dual-adaptation <i>Marion Forano & David W. Franklin</i>	
	Motor-kognitive Anbahnung beeinflusst die neuronale Kontrolle der Balancefähigkeit <i>Robin Gemmerich, Simon Kieffer, Mona Diehm, Timo Ziegler, Camila E. Gergaut, Julia Schepmann, Hedda Lausberg & Ingo Helmich</i>	

The effect of submaximal and maximal muscle fatiguing contractions on muscle synergy and balance adjustment | *Zeinab H. Bahmanbegloo, Alireza Farsi, Francesco Budini & Markus Tilp*

Skill acquisition in dynamic movement tasks: Can the freezing strategy be studied through a principal component analysis? – A pilot study | *Daniel Debertin, Ivan Serafin & Peter Federolf*

How can we better inform return-to-sport decisions after an ACL injury? – A study outline | *Maité Calisti, Maurice Mohr & Peter Federolf*

Einfluss der individuellen Trainingsbiographie auf das motorische Lernen bei 6- bis 7-jährigen Kindern | *Denis Glage*

The role of physical and psychological load for top-class handball referees' decision-making – A research programme | *Nicolas Bloß, Florian Loffing, Jörg Schorer & Dirk Büsch*

Akzeptanzanalyse eines passiven Trageassistenzsystems für die oberen Extremitäten (AkzEpT) – ein Pilotprojekt in Werkstätten am KIT | *Claudia Hildebrand, Max Hörandel, Pascal Senn, Loreen Ender & Klaus Bös*

14:00 - 15:00 Uhr **Session 3A: Motor Behavior in Older Adults** **Hörsaal**

Chairs: Dr. Janina Krell-Rösch & Jelena Bezold

Influence of cognitive and physical performance on gait parameters in demented persons with and without walking aids | *Jelena Bezold, Sandra Trautwein, Janina Krell-Rösch, Bettina Barisch-Fritz, Andrea Scharpf & Alexander Woll*

Associations of in-laboratory and daily-life gait parameters with life-space mobility in older adults with cognitive impairment | *Christian Werner, Phoebe Ullrich, Martin Bongartz, Rainer Buerskens, Bastian Abel, Jürgen M. Bauer & Klaus Hauer*

Factors influencing functional mobility of nursing home residents | *Oliver Vogel, Ann-Kathrin Otto & Bettina Wollesen*

Association between self-reported physical activity and gait in older non-demented adults | *Janina Krell-Roesch, Jeremy A. Syrjanen, Jelena Bezold, Sandra Trautwein, Bettina Barisch-Fritz, Walter K. Kremers, Farwa Ali, David S. Knopman, Ronald C. Petersen, Alexander Woll, Maria Vassilaki & Yonas E. Geda*

14:00 - 15:00 Uhr **Session 3B: Motor Control II – Motor Control of Everyday Activities** **Seminarraum 004**

Chairs: Prof. Dr. Melanie Krüger & Prof. Dr. Joachim Hermsdörfer

Kinematics of everyday manual tasks: Effects of aging, stroke, dementia and frailty | *Stephanie Schmidle, Joachim Hermsdörfer & Philipp Gulde*

Beyond physical activity: Estimating sensorimotor capacity in persons with multiple sclerosis with wearables | *Philipp Gulde, Heike Vojta, Stephanie Schmidle, Peter Rieckmann & Joachim Hermsdörfer*

The effects of executive functions and physical fitness on street crossing behavior during multitasking in older adults | *Melanie Mack, Robert Stojan, Otmar Bock & Claudia Voelcker-Rehage*

The impact of multi-tasking demands on collision avoidance in human locomotion – A case for the study of strategic behavioral adaptations? | *Jonathan Orschiedt, Johanna Schmickler, Valentin Nußer, Timo Fischer, Joachim Hermsdörfer & Melanie Krüger*

14:00 - 15:00 Uhr **Session 3C: Motor Learning II** **Seminarraum 005**

Chair: Prof. Dr. Karen Zentgraf

Electromyographic cocontraction during a transfer from a circular to a non-circular chaining on a cycling ergometer | *Thomas Haab, Peter Leinen & Stefan Panzer*

Difficulty manipulation combined with feedback-frequency may foster fine-motor-coordination skill acquisition and retention | *Yousri Elghoul & Fatma Bahri*

Sensitivity to sensory feedback increases with greater uncertain disturbances during reaching | *Philipp Maurus, Kuira Jackson, Frédéric Crevecoeur, Joshua Cashaback & Tyler Cluff*

Elektrophysiologische Evidenz für die Modulation des frontoparietalen Netzwerks beim visuomotorischen Lernen | *Holger Hill*

14:00 - 15:00 Uhr **Session 3D: Motor Performance and Learning** **Seminarraum 106**

Chair: Prof. Dr. Matthias Wagner

Reliability, validity and feasibility of the Oldenburg observation tool for Table Tennis Technique (O3T) – An exploratory study | *Till Koopmann, Irene Faber, Dirk Büsch & Jörg Schorer*

Belastungsbedingte Veränderungen im dynamischen Gleichgewicht | *Jessica Heil & Dirk Büsch*

Proactive and retroactive transfer effects on voluntary gait adaptability in old age | *Kyungwan Kim, Lena Deller, Marie Vinent, Hyunji Song, Igor Komnik & Wiebren Zijlstra*

16:45 - 17:45 Uhr **Session 4A: Motor Control III** **Hörsaal**

Chair: Prof. Dr. Kerstin Witte

Is there dual-task interference in cycling when using bike computers? | *Christina Pfeifer, Peter Leinen, Johannes Puhl & Stefan Panzer*

Zum Einfluss von natürlicher Unsicherheit in Partner-Interaktionen auf kinematische und dynamische Variablen von Objektübergaben | *Theresa K. Brand, Lisa K. Maurer, Hermann Müller, Falko R. Döhring & Michael Joch*

Eine meta-analytische Untersuchung der Feedback-Related Negativity in motorischen Aufgaben | *Laura Faßbender, Daniel Krause & Matthias Weigelt*

Understanding the role of functional variability in juggling | *Abir Chowdhury, Heiko Maurer, Lisa K. Maurer & Hermann Müller*

16:45 - 17:45 Uhr **Session 4B: Training und Motorische Leistungsfähigkeit** **Seminarraum 004**

Chair: Prof. Dr. Gerd Thienes

Zum Einfluss des Koordinationsniveaus auf die Effekte im Krafttraining mit Jugendlichen | *René Garbsch & Gerd Thienes*

Einfluss eines schulintegrierten Bewegungsprogramms auf die motorische Leistungsfähigkeit gesunder Kinder und Jugendlicher | *Denise Homeyer, N. Memaran, M. Kück, L. Grams, J. von der Born, E. Bauer, M. Schwalba, A. Kerling, N. von Maltzahn, A. Albrecht, A. Haverich, M. Stiesch, A. Melk & U. Tegtbur*

Zum Einfluss des Koordinationsniveaus auf die trainingsbedingte Ausdauer-Leistungssteigerung bei Jugendlichen | *Tim Below & Gerd Thienes*

Die Auswirkungen eines Smartphone-basierten kognitiven Trainings auf die exekutiven Funktionen von Nachwuchsleistungsfußballspielern: Eine randomisierte, kontrollierte Studie | *Florian Heilmann, Damiano Formenti, Athos Trecroci & Franziska Lautenbach*

16:45 - 17:45 Uhr **Session 4C: Meet the Expert** **Seminarraum 005**

Chair: Dr. Bernd Stetter

Keynote Speaker Prof. Dr. Peter Federolf

Freitag, 09.09.2022

10:30 -	Session 5A: Motor Learning III – Dissociation of Learning Mechanisms	Hörsaal
11:30 Uhr	<p>Chairs: Dr. Daniel Krause & Dr. Raphael Schween</p> <p>"Perceptumotor framing" – Transforming predictive models to a perceptuomotor level to explain sport movement regulation. <i>Alfred O. Effenberg & Gerd Schmitz</i></p> <p>Predictive and postdictive error processing develop complementarily with advancing expertise <i>Lisa K. Maurer, Mathias Hegele, Heiko Maurer & Hermann Müller</i></p> <p>Modelling the timescales of motor memory formation in dual adaptation <i>Marion Forano & David W. Franklin</i></p> <p>Dissociating learning mechanisms in the motor domain – An overview <i>Klaus Blischke</i></p>	
10:30 -	Session 5B: Training und Neuroplastizität	Seminarraum 005
11:30 Uhr	<p>Chairs: Prof. Dr. Simon Steib & Dr. Philipp Wanner</p> <p>Einfluss eines koordinativ-kognitiven Sporttrainings auf strukturelle und funktionelle Neuroplastizität <i>Patrick Müller</i></p> <p>Akute Effekte eines hochintensiven Intervalltrainings auf explizite und implizite motorische Gedächtnisinhalte <i>Veit S. Kraft, Jacopo Cristini, Joachim Hermsdörfer, Marc Roig & Simon Steib</i></p> <p>Die synergistische Wirkung von hochintensivem Intervalltraining und Schlaf auf die prozedurale und deklarative Gedächtnisbildung <i>Nicole Frisch, Laura Heischel, Philipp Wanner, Marc Roig, Gordon Feld & Simon Steib</i></p>	
10:30 -	Session 5C: Meet the Expert	Seminarraum 106
11:30 Uhr	<p>Chair: Prof. Dr. Jörg Schorer</p> <p>Keynote Speaker JProf. Dr. Stefanie Klatt</p>	

Weitere Programmpunkte

Mittwoch, 07.09.2022

12:00 - 14:00 Uhr	Registrierung Engler-Bunte-Institut, Gebäude 40.50, Foyer
12:30 - 13:30 Uhr	Laborführung Engler-Bunte-Institut, Gebäude 40.50, Treffpunkt Foyer
14:00 - 14:30 Uhr	Eröffnung Engler-Bunte-Institut, Gebäude 40.50, Hörsaal
15:30 - 16:00 Uhr	Kaffeepause Engler-Bunte-Institut, Gebäude 40.50, Foyer & Seminarraum 006
19:00 - 20:00 Uhr	Sitzung der dvs-Sektion Sportmotorik Chair: Prof. Dr. Jörg Schorer Engler-Bunte-Institut, Gebäude 40.50, Hörsaal

Donnerstag, 08.09.2022

10:00 - 10:30 Uhr	Kaffeepause Engler-Bunte-Institut, Gebäude 40.50, Foyer & Seminarraum 006
12:30 - 14:00 Uhr	Mittagspause Gebäude 40.41, heimspiel (bei schlechtem Wetter: Gebäude 40.44, Halle 2)
16:15 - 16:45 Uhr	Kaffeepause Engler-Bunte-Institut, Gebäude 40.50, Foyer & Seminarraum 006
18:00 - 19:30 Uhr	Postersession & Getränkeempfang Gebäude 40.41, heimspiel (bei schlechtem Wetter: Gebäude 40.44, Halle 2)
19:30 - 23:00 Uhr	Gesellschaftsabend & Verleihung des Reinhard-Daug-Preises Gebäude 40.41, heimspiel (bei schlechtem Wetter: Gebäude 40.44, Halle 2)

Freitag, 09.09.2022

10:00 - 10:30 Uhr	Kaffeepause Engler-Bunte-Institut, Gebäude 40.50, Foyer & Seminarraum 006
11:45 - 12:00 Uhr	Verabschiedung Engler-Bunte-Institut, Gebäude 40.50, Hörsaal

Keynote Speakers

Prof. Dr. Ernst-Joachim Hossner

Ernst-Joachim Hossner is Professor for Movement and Exercise Science at the Institute of Sport Science at the University of Bern in Switzerland. His research focuses on several problems of motor control and learning with an emphasis on the interplay between perception and action as well as handling issues of uncertainty. More generally, he is known for striving to bridge the gap between fundamental and applied research. This endeavour might be best exemplified by his PhD work on modularity in sensorimotor control for which he was awarded the DOSB-Science Award (Carl-Diem-Plakette) in 1994. This research is marked by the attempt to translate contemporary concepts from cognitive science into the complex world of sport practice, taking Jerry Fodor's (1983) «Modularity of Mind» as a starting point and arriving at a conceptual framework of «sensorimotor-brick training» as an alternative to the classical idea of coordinative abilities (e.g., Kittel, Lamschik, Kortmann & Hossner, 2016). Ernst-Joachim Hossner is a former speaker of the motor-behaviour section of the German Society of Sport Science and author of a various scientific publications, including a recent textbook on motor control and learning in sports (Hossner & Künzell, 2022).



Prof. Dr. Andrea d'Avella

Andrea d'Avella obtained a Laurea (B.Sc.) in Physics at Milan University, and a Ph.D. in Neuroscience at Massachusetts Institute of Technology in 2000. In 2003 he joined the Laboratory of Neuromotor Physiology at Fondazione Santa Lucia, Rome, Italy. Since 2015 he is Professor of Physiology in the Department of Biomedical, Dental Sciences and Morphofunctional Imaging at the University of Messina, Italy. His research has focused on the modular organization of sensorimotor control and learning, in healthy subjects and after neurological lesions. Current interests include muscle synergies and motor skill learning, inter-individual differences in real-life motor skills such as catching and throwing, applications of myoelectric control and virtual reality to neurorehabilitation. He has coordinated and participated in national and international research projects funded by the Human Frontiers Science Program Organization, the European Union, the Italian Ministry of Health, and the Italian Ministry of University and Research. He has been a member of the Board of Directors of the Society for the Neural Control of Movement from 2006 to 2015 and has been elected again in 2020. He is a member of the Board of Directors of the Italian Physiological Society since 2020. He is a member of the Editorial Boards of the Journal of Motor Behavior, the Journal of Neurophysiology, Frontiers in Computational



Neuroscience, *Frontiers in Sports and Active Living*, *Frontiers in Motor Neuroscience*, *Frontiers in Neurorobotics*, *Frontiers in Neuroprosthetics*.

Prof. Dr. Peter Federolf

Peter Federolf studied physics at the Swiss Federal Institute of Technology (ETH) in Zurich, Switzerland and conducted the research for his doctorate at the Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research (SLF) in Davos, Switzerland. He held Postdoc positions first at the University of Salzburg in Austria and later at the University of Calgary in Canada, where he was also appointed as Adjunct Assistant Professor. Returning to Europe, he worked for a few years at the Norwegian School for Sport Sciences (NIH) in Oslo, Norway, until he was offered a professorship for biomechanics at Department of Neuroscience at the Norwegian University for Science and Technology (NTNU) in Trondheim, Norway. In 2015, Dr. Federolf moved to Austria



where he assumed the position of Professor for Neurophysiology at the Department of Sport Science of the University of Innsbruck. Since 2020 he is Head of the Department. Dr. Federolf is also a Fellow and Scientific Board member of the European College of Sport Science (ECSS) and he serves on the Executive Board of the Austrian Society of Sport Scientists (ÖSG).

Dr. Federolf's research interests focus on coordination of human movement and on its neuromuscular control. One of his main research themes is "Principal Movements" – a concept in which the complex, high-dimensional movement patterns of whole-body human movements are represented in a coordinate system derived from a principal component analysis (PCA) conducted on the kinematic data quantifying the movement of interest. He argues that analysing human movement and its control in this reference frame provides new and auspicious perspectives when investigating challenging research questions such as balance, stability, skill acquisition, injury mechanisms or technique in sport.

JProf. Dr. Stefanie Klatt

Stefanie Klatt (née Hüttermann) is a junior professor at the German Sport University Cologne and the head of the Department of Cognitive and Team/Racket Sport Research. In 2020, she was appointed as Deputy Professor at the Institute of Sports Science at the University of Rostock for one year.

Her research interests primarily lie in the exploration of physical, perceptual-cognitive, and adaptive processes on exercise training and its applicability in (team) sports. The quality of her scientific work in the area of sports science has been honoured with several awards over the last few years. Among others, she was awarded the Reinhard-Daug's Sponsorship Award of the DVS Section Motor Activity, the DVS Publication Prize for Young Academics in Sports Science, the Karl-Hofmann Publication



Prize as well as the Science Prize of the German Olympic Sports Confederation. At the German Sport University Cologne, she received the award for the best dissertation in 2014. Due to her long-standing research activities and commitment at the University of Brighton, Stefanie Klatt was granted the status of “Honorary Research Fellow” in 2020. Besides her work at university, Stefanie Klatt has played in the top national and international beach volleyball series (e.g., participation in the European Championship) and holds the highest German coaching license in this sport.

Abstracts Keynotes

Motor modules

Ernst-Joachim Hossner

Institute of Sport Science, University of Bern, Switzerland

E-Mail: ernst.hossner@unibe.ch

The keynote on «Motor Modules» will be subdivided into four parts. In part 1, a rather personal story will be told how the speaker came into touch with the notion of modularity in the context of behavioural control and learning in the course of writing his PhD thesis some decades ago (Hossner, 1995), thereby heavily building on the modularity hypothesis as proposed by Fodor (1982). In part 2, related theoretical concepts will be discussed, ranging from the classic ascription of positive effects of across-task transfer to identical elements by Thorndike and Woodworth (1901) to the recent concept of structural learning as introduced by Braun et al. (2010). In part 3, issues with the notion of modularity will be pointed out, especially regarding the identification of sensorimotor modules on different levels of explanation as well as providing empirical evidence. Finally, part 4 centres on the applied consequences for teaching and learning in sports if the – at least in the German-speaking world widely accepted – idea of coordinative abilities sensu Hirtz (1985) would be replaced by a modular approach of practicing fundamental sensorimotor “building blocks” as it has been exemplified for the sports of volleyball by Kittel et al. (2016).

References

- Braun, D. A., Mehring, C. & Wolpert, D. M. (2010). Structure learning in action. *Behavioural Brain Research*, 206(2), 157–165.
- Fodor, Jerry A. (1982). *The modularity of mind*. MIT Press.
- Hirtz, P. (1985). *Koordinative Fähigkeiten im Schulsport*. Volk und Wissen.
- Hossner, E.-J. (1995). *Module der Motorik*. Hofmann.
- Kittel, T., Lamschick, H., Kortmann, O. & Hossner, E.-J. (2016). *Volleyballtraining: Das Baukastensystem*. Hofmann.
- Thorndike, E. L. & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions (I). *Psychological Review*, 8(3), 247–261.

Muscle synergies for motor control

Andrea d'Avella^{1,2}

¹Department of Biomedical and Dental Sciences and Morphofunctional Imaging, University of Messina, Italy

²Laboratory of Neuromotor Physiology, IRCCS Fondazione Santa Lucia, Rome, Italy
E-Mail: andrea.davella@unime.it

The control of movement, from daily living actions to sophisticated motor skills in sports, requires coordinating many muscles and mastering the complex dynamics of multiarticular limbs. Decades of neurophysiological and behavioral investigations have provided a comprehensive knowledge of the neural mechanisms and control strategies underlying motor control. However, a full understanding of the functional organization of the human motor system is still missing. A long-standing hypothesis is that the CNS relies on muscle synergies, coordinated activations of groups of muscles, to efficiently control movements. Muscle synergies, extracted from multi-muscle EMG recordings using multidimensional decomposition algorithms such as non-negative matrix factorization, capture regularities in the spatial, temporal, and spatiotemporal organization of the muscle patterns and may simplify control by providing a low-dimensional representation of the motor commands. Indeed, in the last two decades many studies investigating different motor tasks have shown that muscle patterns can be described as combinations of a small number of muscle synergies. Stronger evidence for muscle synergies has come more recently from testing the prediction that, if muscle synergies are organized by the CNS, they must affect the difficulty in learning or adapting motor skills. Using myoelectric control in a virtual manipulation environment, it has been possible to alter the mapping between muscle activation and hand force -as in a surgical re-arrangement of the tendons- and to show that it is harder to adapt to virtual surgeries that require new or modified synergies than to adapt to virtual surgeries that can be compensated by recombining existing synergies. Moreover, extended practice after a virtual surgery allows to investigate the role of exploration for synergy learning and whether different individuals rely on the same motor learning processes and converge onto a unique solution. In all participants practicing a single experimental session with a virtual surgery that is incompatible with existing synergies performance did not improve, suggesting that synergy learning is a slow adaptive process distinct from the fast process involved in compensating a perturbation through recombination of existing synergies. However, with longer exposure, either lengthening trial duration or practicing for multiple sessions, participants adapted to an incompatible virtual surgery. Thus, with enough training it may be possible to learn new synergies. Moreover, after multiple practice sessions there were large inter-individual differences in performance, suggesting different synergy learning abilities. Finally, while muscle synergy analysis has gained significant popularity and has been applied to many motor tasks, some key issues, such as how to select the optimal number of synergies, how to compare synergy sets across different conditions, and what is the functional role of synergies, still need to be addressed to ensure that muscle synergies provide new insights into motor control.

Analysing human movement through “principal movements”

Peter Federolf

Department of Sport Science, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria

E-Mail: peter.federolf@uibk.ac.at

Keywords: Kinematics, Principal Component Analysis (PCA), Optimal Feedback Control Theory

One of the main challenges in the analysis of human movement is the high dimensionality of the system created by its many degrees of freedom. When studying human movement and its control, we have to weigh the objective of identifying best suited variables for studying a phenomenon of interest with the risk that through selecting specific variables we might oversimplify the system and discard information that would have been essential for understanding an underlying mechanism. One alternative to preselecting specific variables is the idea of performing a principal component analysis PCA on the entire available information. PCA yields a set of variables that represent patterns of correlated changes in the data. In case of kinematic data, these variables could be called “Principal Movements” PMs. The PMs are data-driven variables well-suited for many practical applications, for example to facilitate technique analysis in sports, but also for tackling complex research questions, for example in the investigation of postural stability.

This talk will introduce the concept of Principal Movements and showcase its application for quantifying technique in downhill skiing as well as for investigating stability and postural control in stationary balancing tasks. PMs will be reviewed from a biomechanical as well as from a motor control perspective. Finally, it will be discussed how PMs might be useful for investigating implications derived from current motor control theories, specifically from optimal feedback control theory, for real-life complex human movements.

Cognition and motor skills: Interaction and performance optimization in sports games

Stefanie Klatt

German Sport University Cologne, Cologne, Germany

E-Mail: s.klatt@dshs-koeln.de

Keywords: Sports game research, constraints-led approach, eye-tracking, anticipation

Expanding the understanding of sports games with increasing dynamics and situational complexity requires an interdisciplinary approach that goes beyond performance diagnostics in the laboratory and the investigation of standard situations. The complexity is characterized by an interplay among co- and counter-players as well as situational tasks and environmental conditions. This keynote will provide latest insights into the interaction between cognitive processes and motor skill learning taking into account theoretical perspectives of ecological dynamics and the constraints-led approach.

In order to comprehensively consider the interaction of cognitive skills and the movement behaviour of athletes and referees, a variety of basic and field research, longitudinal and cross-sectional studies as well as quantitative and qualitative analyses will be introduced, incorporating new and innovative methods and technologies. For example, models for the classification of visual attentional performance (attention window model; Hüttermann et al., 2014), for individual and coordinated gaze behaviour (Klatt et al., 2021), and for real-time feedback (Geisen & Klatt, 2021) are considered to identify the patterns of errors and strategies for success to develop training concepts. Using methods like eye tracking or occlusion paradigms, findings on anticipation and gaze strategies are presented for different sports. This includes, for example, research approaches to analyse gaze behaviour in various sports games (e.g., basketball, handball, volleyball) as well as position and motion studies to analyse the performance of athletes and referees. Furthermore, new approaches to motion analyses and motion optimization based on real-time feedback using augmented reality are addressed. Overall, the keynote aims to provide a fundamental understanding that cognitive abilities and motor skills in sports games always influence each other mutually. It is intended to provide novel stimulating ideas for future approaches with the goal of optimizing performance development in sports games through an inter- or transdisciplinary understanding of research.

References

- Geisen M, Kim K, Klatt S, Bock O. Effects of practice on visuo-spatial attention in a wayfinding task. *Psychological Research*, 85, 2900-2910.
- Hüttermann, S., Memmert, D., & Simons, D. J. (2014). The size and shape of the attentional "spotlight" varies with differences in sports expertise. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 20, 147-157.
- Klatt, S., Noël, B., Nicklas, A., Schul, K., Seifriz, F., Schwarting, A., & Fasold, F. (2021). Gaze behavior and positioning of referee teams during three-point shots in basketball. *Applied Sciences*, 11, 6648.

Reinhard-Daug-Förderpreis

Körperliche Belastung und Asymmetrien

Jessica Heil

Assessing technical skills within talent research in sports

Till Koopmann

Verbesserung der motorischen Gedächtnisbildung durch akutes Herz-Kreislauf-Training: Ein Ansatz für Training und Therapie?

Philipp Wanner, Florian Ostermair, Martin Winterholler, Heiko Gaßner, Jürgen Winkler, Jochen Klucken, Klaus Pfeifer & Simon Steib

Körperliche Belastung und Asymmetrien

Jessica Heil

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg, Deutschland

E-Mail: jessica.heil@uol.de

Schlüsselwörter: Verletzungsprävention, Diagnostik, Seitenunterschiede

Einleitung

Verletzungen sind ein erhebliches Problem sowohl im Amateur- als auch im Profisport. Jährlich verletzen sich in Deutschland knapp 2 Millionen (Amateur-)Sportler:innen (Henke et al., 2014). Häufig handelt es sich um sogenannte Non-Kontakt-Verletzungen, die ohne den direkten Kontakt einer Gegenspielerin oder eines Gegenspielers entstehen (Fuller et al., 2007). Verletzungen sind unter anderem mit Ausfallzeiten, entstehenden Kosten und möglichen Langzeitfolgen verbunden. Zudem steigt durch eine erlittene Verletzung das Risiko, sich erneut zu verletzen, erheblich an (Collings et al., 2021).

Diese Zahlen und Fakten unterstreichen die Wichtigkeit präventiver Maßnahmen, um das potenzielle Verletzungsrisiko nachhaltig senken zu können. In diesem Zusammenhang ist in den letzten Jahren im Bereich der Verletzungsprävention eine positive Tendenz zu beobachten (Seil et al., 2016). Doch trotz der Bemühungen sind die Verletzungszahlen nur geringfügig gesunken und die Schwere der Verletzungen bzw. die Ausfallzeiten nehmen z. T. sogar zu (Klein, 2020). Dies ist unter anderem auf eine eingeschränkte prognostische Validität bisher genutzter Diagnostikverfahren zurückzuführen, da die bisherige Diagnostik nicht ausreicht bzw. nicht in der Lage ist, potenzielle Defizite der Sportler:innen trotz (regelmäßig) durchgeführter Diagnostiken und Präventivprogramme adäquat aufzudecken und zu beseitigen (Bolt et al., 2021; Verschueren et al., 2020). Daher ist es notwendig, weitere Möglichkeiten zu finden, um möglichst viele Defizite und Risiken einer Sportlerin oder eines Sportlers aufzudecken und um damit das potenzielle Verletzungsrisiko genauer prognostizieren zu können.

In diesem Zusammenhang empfiehlt sich im Rahmen einer Präventivdiagnostik eine Analyse der Risikofaktoren und deren Veränderung unter (realen) Belastungsbedingungen (Bourne et al., 2019; Verschueren et al., 2020). Non-Kontakt-Verletzungen entstehen meist in einer Belastungssituation, sprich während des Trainings, des Spiels oder im Wettkampf (Ekstrand et al., 2011). Durch eine Belastung kommt es zu einer Beanspruchung in den verschiedenen Systemen des Körpers, z. B. im Herz-Kreislauf-System oder im neuromuskulären System (Impellizzeri et al., 2019). Durch die auftretende Beanspruchung kann es während einer Belastung zur Veränderung potenzieller Risikofaktoren kommen. Betrachtet man Risikofaktoren nun unter Belastungsbedingungen, lassen sich Veränderungen und damit verbundene Risiken aufdecken, die nicht sichtbar sind, wenn die Sportlerin oder der Sportler ausgeruht ist. Dies ermöglicht einen besseren Transfer der Ergebnisse in die reale Situation, eine bessere Einschätzung des potenziellen Verletzungsrisikos unter realen Bedingungen und eine Erhöhung der prognostischen Validität der eingesetzten Präventivdiagnostik (Bolt et al., 2021; Verschueren et al., 2020).

Weiterhin sollte zudem nicht nur eine isolierte Einzelbetrachtung verletzungsrelevanter Faktoren wie z. B. Kniewinkeln oder dem dynamischen Gleichgewicht erfolgen, sondern auch eine Analyse auftretender Seitenunterschiede zwischen den Extremitäten, sogenannter

Asymmetrien. Asymmetrien können zu einer ungleichen Kraftverteilung und zu einem Verlust von Stabilität führen, was sich wiederum auf das potenzielle Verletzungsrisiko auswirken kann (Paterno et al., 2010). Deshalb kann eine Analyse von Asymmetrien zusätzliche Informationen über das potenzielle Verletzungsrisiko einer Sportlerin oder eines Sportlers generieren (Dos'Santos et al., 2021).

Das Ziel der Dissertation ist es deshalb, sich mit dem Einfluss körperlicher Belastung auf Risikofaktoren und auftretende Seitenunterschiede auseinanderzusetzen. Es soll untersucht und analysiert werden, wie sich Risikofaktoren durch eine Belastung verändern, ob Asymmetrien durch körperliche Belastung entstehen und ob sie sich vergrößern bzw. in welchem Maß sie sich verändern.

Methode

Anhand eines systematischen Literaturüberblicks wurde zunächst die aktuelle Forschungslage zum Einfluss körperlicher Belastung auf Asymmetrien dargestellt. Anschließend wurde darauf basierend ein Forschungskonzept entwickelt und in zwei Studien der Einfluss körperlicher Belastung auf Asymmetrien im dynamischen Gleichgewicht geprüft. Dynamisches Gleichgewicht beschreibt die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts während oder im Anschluss an eine Bewegung und stellt einen wichtigen Faktor in Situationen mit einem hohen Risiko für Non-Kontakt-Verletzungen dar, z. B. bei Richtungswechseln oder Landungen. Zudem sind sowohl Defizite als auch Asymmetrien im dynamischen Gleichgewicht mit einem erhöhten potenziellen Verletzungsrisiko assoziiert (Helme et al., 2021; Plisky et al., 2006).

In zwei experimentellen Studien wurde das dynamische Gleichgewicht von 128 Sportlerinnen und Sportlern (64 männlich, 64 weiblich, Alter: $23,64 \pm 2,44$, Größe: $176,54 \pm 8,96$ cm, Gewicht: $68,85 \pm 10,98$ kg) anhand des Y-Balance Tests vor und nach einer Ausbelastung auf einem Fahrradergometer oder einem Laufband untersucht. Das Design der Studien orientierte sich dabei an einer Studie von Johnston et al. (2018). Der Y-Balance Test wurde insgesamt 3-mal vor und 3-mal nach der Belastung durchgeführt. Zwischen den Messzeitpunkten lagen jeweils 10 Minuten. Das dynamische Gleichgewicht wurde über die Leistung im Y-Balance Test, abgebildet über die normierten Reichweiten und den Gesamtwert, beurteilt (Plisky et al., 2009). Zusätzlich wurden Seitenunterschiede (in cm) in anteriorer Richtung berechnet und die Asymmetrie wurde über die Berechnung der prozentualen Differenz zwischen dem Stand- und Spielbein in Bezug auf die anteriore Reichweite im Y-Balance-Test bestimmt (Bishop et al., 2018).

Ergebnisse

Im Rahmen des systematischen Literaturüberblicks (Heil, Loffing, et al., 2020) wurden 13 Studien zur Thematik identifiziert. Die Studien zeigen große Heterogenität bezüglich des Studiendesigns, der Stichprobe, der Belastungsarten und -protokolle, der analysierten Parameter und Testverfahren sowie der Berechnung von Asymmetrien. Generell lassen sich die Studien in zwei Arten unterteilen (1) Studien mit Messungen der Beanspruchungseffekte vor und nach einem Belastungsprotokoll (prä-post) und (2) Studien mit Messungen der Beanspruchungseffekte während/im Verlauf eines Belastungsprotokolls. Untersucht wurden sowohl Freizeit- als auch Profisportler:innen aus unterschiedlichen Sportarten, z. B. Läufer, Geher:innen, Fußballer:innen, Ruderer und Ruderinnen oder Skiläufer:innen. Analysiert wurden u. a. Asymmetrien in der Sprunghöhe, in Bodenreaktionskräften oder Gelenkwinkeln.

Erfasst wurden diese z. B. mit oder während einbeiniger Sprünge, einer Ganganalyse oder Kniebeugen. Die Ergebnisse der identifizierten Studien variieren stark zwischen den unterschiedlichen Parametern, Protokollen und Testverfahren.

Die Ergebnisse der beiden durchgeführten experimentellen Studien zum Einfluss körperlicher Belastung auf das dynamische Gleichgewicht zeigen eine statistisch signifikante Reduktion der normierten Reichweite in anteriorer Richtung nach dem Radfahren ($F_{3, 189} = 27.27$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.30$, 90%CI [.21, 0.37]), jedoch keine signifikante Veränderung der Seitendifferenz in cm ($F_{3, 189} = 0.21$, $p = 0.87$, $\eta^2_p < 0.0$, $1 - \beta = 0.09$). Ein Vergleich beider Belastungsarten (Abbildung 1) zeigt eine statistisch signifikante Reduktion des Gesamtwerts ($F_{3, 378} = 26.68$, $p < .001$, $\eta^2_p = .18$, 90% CI [.12, .23]) und eine signifikante Interaktion zwischen Zeit und Belastungsart ($F_{3, 378} = 10.99$, $p < .001$, $\eta^2_p = .08$, 90% CI [.04, .12]). Es gibt jedoch keine Unterschiede zwischen den Beinen ($F_{1, 126} = 0.59$, $p = .44$, $\eta^2_p < .01$, $1 - \beta = .12$) und keine signifikante Vergrößerung der Asymmetrie in anteriorer Richtung durch die Belastung ($F_{1, 126} = 4.44$, $p = .04$, $\eta^2_p = .03$, 90% CI [.0, .10]).

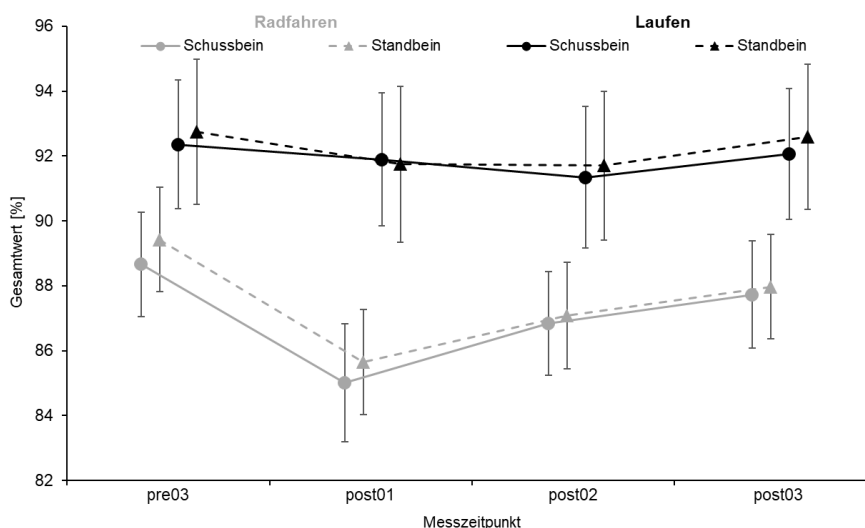


Abb. 1. Mittelwerte und 95 % Konfidenzintervalle des Gesamtwerts für beide Belastungsarten (Laufen und Radfahren) und beide Beine (Schussbein und Standbein) zu den 4 Messzeitpunkten (pre03 = vor der Belastung, post01 = 0 min danach, post02 = 10 min danach, post03 = 20 min danach).

Diskussion

Ziel der Arbeit ist es, den Einfluss körperlicher Belastung auf Asymmetrien zu prüfen. Ein systematischer Literaturüberblick zeigt eine heterogene Studien- und Ergebnislage. Die Ergebnisse scheinen von der gewählten Methodik abzuhängen und variieren stark zwischen den unterschiedlichen Parametern, Protokollen und Testverfahren. Deshalb können keine allgemeingültigen Aussagen darüber getroffen werden, ob Asymmetrien durch körperliche Belastung entstehen oder sich vergrößern und es ist eine kontext- bzw. sportspezifische Analyse angezeigt.

Dennoch konnten auf Basis des Literaturüberblicks Anforderungen an künftige Forschungskonzepte zur Thematik formuliert werden: Um Erkenntnisse über den Einfluss einer körperlichen Belastung auf Risikofaktoren und Asymmetrien gewinnen zu können, sollte sich die Untersuchungsmethodik an den Anforderungen des jeweiligen Sports orientieren. Dabei sollten im Rahmen systematischer Forschungsprogramme gezielt verschiedene Untersuchungsaspekte angepasst und variiert werden. Dazu zählen die Belastungsart, das

gewählte Belastungsprotokoll, die Parameter und die Messmethodik. Zudem sollten unterschiedliche potenzielle Moderatorvariablen, z. B. das Geschlecht, der sportliche Hintergrund und die Verletzungshistorie, in die Analyse miteinbezogen werden.

Diese Anforderungen wurden anschließend in zwei experimentellen Studien, am Beispiel des dynamischen Gleichgewichts, umgesetzt (Heil & Büsch, in press; Heil, Schulte, et al., 2020). In diesem Zusammenhang konnte eine Verschlechterung des dynamischen Gleichgewichts durch körperliche Belastung gezeigt werden. Diese scheint jedoch abhängig von der Belastungsart. Es zeigt sich eine signifikante Reduktion nach dem Radfahren, aber nicht nach dem Laufen. Ursächlich dafür können Unterschiede in der auftretenden Beanspruchung sein. Die potenziell stärkere periphere/lokale Beanspruchung der Beinmuskulatur durch das Radfahren scheint einen größeren Einfluss auf das dynamische Gleichgewicht zu nehmen als die durch das Laufen auftretende zentralere/globalere Beanspruchung (Brownstein & Thomas, 2020). Deshalb empfiehlt sich eine sportartspezifische Auswahl der Belastungsprotokolle, um Rückschlüsse für die Praxis ziehen zu können. Weiterhin empfiehlt sich eine detaillierte Betrachtung des dynamischen Gleichgewichts und möglicher determinierende Faktoren. So kann es sein, dass die Unterschiede zwischen den Belastungsarten auf Veränderungen determinierender Faktoren, z. B. Kraft oder Beweglichkeit, zurückzuführen sind. Außerdem könnte eine weitere Erklärung im beteiligten oder benötigten (dynamischen) Gleichgewicht während der Durchführung beider Belastungsarten liegen. Durch die sitzende Position wird beim Radfahren weniger (dynamisches) Gleichgewicht benötigt als beim kontinuierlichen Aufrechterhalten der Körperposition während des Laufens. Das kann möglicherweise das anschließende Ausführen einer Gleichgewichtsaufgabe nach dem Laufen erleichtern.

In Bezug auf Asymmetrien zeigt sich keine signifikante Vergrößerung durch die Belastung (Heil, 2022). In Anbetracht der zyklischen/symmetrischen Belastungsprotokolle scheint dies jedoch nicht überraschend. Deshalb empfiehlt sich ebenfalls eine Orientierung an sportartspezifischen Belastungsprofilen, um Rückschlüsse ziehen zu können. Weiterhin sollte nicht nur das Ausmaß, sondern auch die Richtung der Asymmetrie berücksichtigt werden. Bei einem Teil der Probandinnen und Probanden konnte ein Richtungswechsel der Asymmetrie durch die Belastung nachgewiesen werden. Dies deutet auf eine potenziell asymmetrische Beanspruchung hin, deren Ursachen genauer zu untersuchen sind.

Praktische Implikationen

Die vorliegende Forschungsarbeit zeigt, dass eine Präventivdiagnostik inklusive einer Betrachtung von Asymmetrien unter Belastungsbedingungen sowohl aus theoretischer als auch aus praktischer Perspektive empfehlenswert scheint. Aufgrund großer Streuungen scheint jedoch eine stärker individualisierte und sportartspezifische Betrachtung der Beanspruchung und Beanspruchungseffekte unter der Berücksichtigung potenziell modifizierender Faktoren angezeigt.

Langfristig sollte eine Präventivdiagnostik entwickelt werden, die Risikofaktoren unter möglichst sportnahen Bedingungen prüft und sportartspezifische Belastungsprofile abbildet. Damit lässt sich die prognostische Validität der durchgeführten Präventivdiagnostik möglicherweise erhöhen (Bolt et al., 2021). Zudem empfehlen sich eine langfristige Betrachtung sowie eine regelmäßige Diagnostik des potenziellen Verletzungsrisikos unter Belastungsbedingungen, um (auf Einzelfallbasis) auftretende (bedeutsame) Veränderungen aufzeigen und beurteilen zu können.

Literatur

- Bishop, C., Read, P., Lake, J., Chavda, S., & Turner, A. (2018). Interlimb asymmetries: Understanding how to calculate differences from bilateral and unilateral tests. *Strength and Conditioning Journal*, 40(4), 1-6. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000371>
- Bolt, R., Heuvelmans, P., Benjaminse, A., Robinson, M. A., & Gokeler, A. (2021). An ecological dynamics approach to ACL injury risk research: A current opinion. *Sports Biomechanics*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1960419>
- Bourne, M. N., Webster, K. E., & Hewett, T. E. (2019). Is fatigue a risk factor for anterior cruciate ligament rupture? *Sports Medicine*, 49(11), 1629–1635. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01134-5>
- Brownstein, C., & Thomas, K. (2020). Neuromuscular responses to fatiguing locomotor exercise. In D. J. Kidgell & A. J. Pearce (Hrsg.), *Principles of Exercise Neuroscience* (S. 133-159). Cambridge Scholars Publishing. <https://doi.org/10.1111/apha.13533>
- Collings, T. J., Bourne, M. N., Barrett, R. S., du Moulin, W., Hickey, J. T., & Diamond, L. E. (2021). Risk factors for lower limb injury in female team field and court sports: A systematic review, meta-analysis, and best evidence synthesis. *Sports Medicine*, 51, 759-776. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01410-9>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., & Jones, P. A. (2021). Assessing interlimb asymmetries: Are we heading in the right direction? *Strength and Conditioning Journal*, 43(3), 91-100. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000590>
- Ekstrand, J., Hagglund, M., & Walden, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine* 45(7), 553-558. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.060582>
- Heil, J. (2022). Load-induced changes of inter-limb asymmetries in dynamic postural control in healthy subjects. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, Article 824730. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.824730>
- Heil, J., & Büsch, D. (in press). Dynamic postural control and physical stress: An approach to determining injury risk in real sporting conditions. *German Journal of Exercise and Sport Research*.
- Heil, J., Loffing, F., & Büsch, D. (2020). The influence of exercise-induced fatigue on inter-limb asymmetries: A systematic review. *Sports Medicine - Open*, 6, Article 39. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00270-x>
- Heil, J., Schulte, S., & Büsch, D. (2020). The influence of physical load on dynamic postural control—A systematic replication study. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 5(4), Article 100. <https://doi.org/10.3390/jfmk5040100>
- Helme, M., Tee, J., Emmonds, S., & Low, C. (2021). Does lower-limb asymmetry increase injury risk in sport? A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 49, 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.03.001>
- Henke, T., Luig, P., & Schulz, D. (2014). Sportunfälle im Vereinssport in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 57(6), 628-637. <https://doi.org/10.1007/s00103-014-1964-x>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270-273. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0935>

- Johnston, W., Dolan, K., Reid, N., Coughlan, G. F., & Caulfield, B. (2018). Investigating the effects of maximal anaerobic fatigue on dynamic postural control using the Y-Balance Test. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(1), 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.06.007>
- Klein, C., Bloch, H., Burkhardt, K., Kühn, N., Pietzonka, M. & Schäfer, M. . (2020). VBG-Sportreport 2020 – Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball, Handball. VBG.
- Paterno, M. V., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Rauh, M. J., Myer, G. D., Huang, B., & Hewett, T. E. (2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(10), 1968-1978. <https://doi.org/10.1177/0363546510376053>
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the Star Excursion Balance Test. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 4(2), 92-99.
- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 36(12), 911-919. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2244>
- Seil, R., Nührenbörger, C., Lion, A., Theisen, D., & Urhausen, A. (2016). Sportverletzungen auf die politische Agenda bringen! *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 2(32), 97-102. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2016.01.001>
- Verschueren, J., Tassignon, B., De Pauw, K., Proost, M., Teugels, A., Van Cutsem, J., Roelands, B., Verhagen, E., & Meeusen, R. (2020). Does acute fatigue negatively affect intrinsic risk factors of the lower extremity injury risk profile? A systematic and critical review. *Sports Medicine*, 50(4), 767-784. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01235-1>

Assessing technical skills within talent research in sports

Till Koopmann

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg, Deutschland

E-Mail: till.koopmann@uol.de

Keywords: technique, motion analysis, motor skills, talent identification, talent selection

Introduction

Technical skills (TS) are a crucial component of both performance and talent in sports. Generally, the concept of a technical skill denotes the process of controlling single body segments and coordinating whole-body movements to both effectively and efficiently solve sport tasks and situations (Lees, 2002). That is, TS are defined as sport-specific skills that are learned on top of fundamental motor abilities (e.g., balance) and can vary significantly between sports. For example, they can range from contact skills such as tackling and ball-carrying in rugby or rebounding and defending in basketball, to noncontact skills like passing, catching, throwing or shooting in various sports. Research has shown that elite athletes have superior adaptability and technical execution, higher perceptual-cognitive/tactical proficiency, can better process multiple information sources simultaneously and use more efficient muscular activation patterns than sub-elite athletes (Farrow & Robertson, 2017). Accordingly, expert athletes can not only perceive and integrate more contextual information when choosing the movement solution, they also then execute the appropriate motor action more effectively and efficiently, ultimately leading to superior performance. These findings for adult athletes suggest that TS probably also already play a crucial role in the identification and development of young athletes. For example, Baker et al. (2019) denoted one of four domains in their conceptualization of talent and its prediction explicitly to motor and technical abilities/skills. In addition, research has found a discriminatory, explanatory and/or predictive value for TS in the context of talent research (for an overview, Koopmann, Faber, Baker, et al., 2020).

TS are typically classified on a continuum between 'closed' and 'open' skills where closed skills occur in a stable and predictable environment, and open skills are performed in constantly changing and dynamic contexts (Roth & Willimczik, 1999). That is, technical motor skills and perceptual-cognitive decision-making (or tactical) skills are closely connected given the reciprocal relationship of perception and action processes (Davids et al., 2008; Farrow & Robertson, 2017). TS can be assessed using various methods in different settings. The focus can be either on the body movement and its underlying processes (i.e., the movement technique) or on the movement's outcome. For example, on the one hand the throwing technique in basketball can be analyzed with a technique-related focus using an objective kinematic analysis of joint angles or a subjective coach evaluation of the movement technique. On the other hand, it can be analyzed with an outcome-related focus by assessing whether a shot was made or missed. So far, research appears to have focused mainly on the outcome rather than the underlying processes (Baker & Farrow, 2015; Farrow & Robertson, 2017). Furthermore, TS can be assessed in different settings varying in the extent to which the assessment setting replicates a competition setting including its typical affordances and demands (e.g., sensory information). In traditional skill acquisition research, this aspect is often referred to as specificity (Henry, 1968; Proteau, 1992) while Pinder et al. (2011) more recently introduced the concept of 'representative learning design' using Newell's constraints

model (1986) including individual (e.g., physical characteristics), environmental (e.g., weather) and task constraints (e.g., game rules) to characterize a sport situation and its key information sources. Here, higher representativeness certainly is important for practice design and athlete development purposes. Furthermore, more realistic or 'competition-alike' performance and improved talent/potential assessments may also lead to better prognostic validity and higher accuracy of talent identification and talent selection decisions (Pinder et al., 2013).

Accordingly, it is crucial for talent identification and development (TID) systems (TIDS; Till & Baker, 2020) to assess TS the best way possible considering the aspects presented above and to then use this information for their talent decision-making. However, until now a comprehensive overview and further analysis of TS and their assessment in young athletes was missing although it could help both scientists and practitioners.

Research Program

Overall, the aim of this research program is to gain further knowledge of TS and their assessment in the context of talent in sports. This knowledge will be beneficial not just for the sports assessed (handball and table tennis) but also for other contexts and the broader field of talent research in sports.

In **study 1** (Koopmann, Faber, Baker, et al., 2020), the scientific status-quo of TS and their assessment in talent research was assembled in a systematic review including the categorization of assessment methods regarding their method type ('outcome-related' vs. 'technique-related') and method set-up ('experimental' vs. 'competition').

Afterwards, in **study 2** (Schorer et al., 2020), the relationship between coaches' early notational analyses of female youth handball players and the long-term success of these athletes was investigated. The analyses included both tactical and TS and related them to the players' highest league 18 years after the assessment. Skills were operationalized as actions and analyzed using competition performance data (notational analysis; 'competition' method set-up) following both 'outcome-related' and 'technique-related' method types. Results showed statistically significant differences for quantity but not quality of both technical and tactical actions when comparing attainment groups. Here, the most successful players showed higher numbers of actions already at the early stage of their career.

Study 3 (Koopmann, Lath, et al., 2022) examined the longitudinal and predictive value of technical throwing skills for the short- and long-term success of female and male handball players using multiple regression analyses. Here, short-term success was defined as the nomination to youth national teams after a week-long camp at that the assessment took place, while long-term success was operationalized as career attainment (highest league) after ten years. Using both 'outcome-related' and 'technique-related' method types in an 'experimental' method set-up, results showed that TS were partly able to explain players' nomination status and career attainment. Furthermore, nomination status at the end of the camp as an additional predictor remarkably improved the prediction of career attainment, this way emphasizing the advantages of entering the national TIDS early.

Study 4 (Faber et al., 2021) presented the process of developing a new tool for the 'technique-related' assessment of young table tennis players' TS. This process included the combination and triangulation of professional literature, scientific literature and qualitative data in form of in-depth, semi-structured interviews with ten German table tennis expert coaches. This study resulted in the first version of the Oldenburg observation sheet for Table Tennis Technique

(O3T 1.0) that will be used in future studies to assess young players' TS in a highly representative setting and following longitudinal study designs.

In **study 5** (Koopmann et al., under review), the newly developed O3T 1.0 was then used to assess young players based on video observations to assess the tool's measurement properties. This included its validity, reliability and feasibility to ensure its added value and to improve it further based on first use case feedback from two expert coaches. The study showed promising results and measurement properties for the given set-up and coaches were able to assess TS in a reliable, valid and feasible manner.

Practical Implications

While the systematic review followed a wide approach and covered many sports, the findings and implications from the other four studies are relevant specifically for scientists and practitioners in handball and table tennis. However, there are also learnings that are transferable and valuable for other sports and contexts.

Handball: While technical shooting skills in the form of the set shot were one of multiple technical (and tactical) skills in the first handball study, they were the main focus in the second handball study with a detailed analysis including different variables. The first study applied a 'competition' method set-up with data acquisitions during competitive (small-sided) game situations (high representativeness; Pinder et al., 2011) while the second study used a highly controlled, 'experimental' method set-up focusing solely on the throwing skills out of game context (low representativeness). Both approaches have pros and cons regarding their interpretability and explanatory power in talent contexts. In the present studies, both approaches showed value for talent identification purposes: first, the quantity of technical (and tactical) actions during game situations, and second, the throwing velocity as well as the overall movement speed during the throwing task showed longitudinal explanatory/predictive value. Accordingly, practitioners should include procedures and methods assessing these TS both in a highly representative competition-like context as well as in a more controlled and detailed experimental setting in their talent identification activities (Pinder et al., 2013). This way, the strengths of both approaches can be combined to gain a comprehensive evaluation as the basis for highly informed talent selection decisions. On a side note, the second study also emphasized the developmental perspective on talent as the nomination to a youth national team and with that the access to the national TIDS' resources and opportunities was shown to be an important predictor of career attainment, especially in female athletes. This must be considered by both coaches and policy makers when planning TIDS activities and player pathways.

Table tennis: The developed O3T includes both quantitative and qualitative aspects of TS to assess a player's technical versatility as well as the execution of the specific techniques. Here, the qualitative aspects are new to the field and will be of great importance for practitioners. The O3T offers information and descriptions of both flawed and excellent executions for all technical elements identified. This way, coaches' subjective impressions can be complemented with rather objective assessment criteria based on various information sources available. As shown in the second table tennis study, using the O3T 1.0 for the first time showed promising results and measurement properties. In the given set-up, coaches were able to assess TS in a reliable and valid manner and the O3T 1.0 proved to be feasible when applied with video observations. Here, it is crucial to move the assessment procedure from video observations on a laptop into the table tennis hall with live matches so that coaches will

apply the O3T 1.0 in the intended context and with bigger and diverse samples. If proven valuable and functional, it will be used in cross-sectional as well as longitudinal TID activities and studies in cooperation with the DTTB. While it can help to identify, compare and select players, one of its strengths lays in the opportunity to monitor young players' TS over time. This way, it can help to identify technical flaws that can be worked on to improve both the TS level and the overall table tennis performance. This way, the O3T can play a crucial role for the TS dimension within a multidimensional talent approach covering various aspects of talent and performance. To ensure the findings' transfer into practice, they were also published in the German coaching journal for table tennis coaches *Trainerbrief* and will be included in the DTTB's coach education program (Koopmann et al., 2020, 2021, 2022).

Conclusions

While the studies presented above certainly had their focus on handball and table tennis, this research program aimed to advance the body of knowledge not just for these two sports but for talent research in general while supporting sport practitioners at the front line of TID activities. When discussing what talent is and how to identify, select and develop it, longitudinal data on players' development over time appears crucial. Where possible, this should include separate assessments of both current performance and future potential (Baker et al., 2018; Till & Baker, 2020). Furthermore, the so-called "compensation phenomenon" (Vaeyens et al., 2008), meaning that in many sports a weakness in one performance area can be compensated for by strengths in others, must be incorporated in all considerations and approaches. Accordingly, TS should be assessed within a multidimensional approach including other crucial skills and characteristics (e.g., tactical or psychological skills). This holds true for future research studies in both handball and table tennis as well as other complex sports. While the developed O3T was designed solely for the assessment of TS, future TID activities (in table tennis) should and will include other methods to assess various skills and characteristics. However, these multidimensional approaches demand valid, reliable and feasible methods for the assessment of each aspect. These can vary from technological measurement systems (e.g., marker-based or markerless motion analysis) to pen and paper or digital observation sheets (e.g., O3T). Especially those methods that are applied by the practitioners themselves should be developed in close collaboration. This ensures that those applying the methods in practice (i.e., the 'applied scientists'; Till & Baker, 2020) trust the methods and in fact use their outcomes for TID decisions. Here, the O3T's development process including the triangulation of professional literature, scientific literature as well as expert opinions in the form of interviews is an example of combining prevalent knowledge in the broad coaching community, scientific research insights and the beliefs of the very best practitioners in the field. This development approach may serve as a template and can be applied to various aspects in various sports to determine what we (should) look for in the context of TID. This way, multidimensional approaches consisting of trustworthy assessments of single 'dimensions' (or combined, e.g., technical and tactical skills) can be developed and used for informed TID decision-making. Here, technological advances in various fields (e.g., markerless motion analysis) could help to explore the great potential of 'technique-related' method types and 'competition' method set-ups.

All in all, the present research program shows that sport-specific TS and their assessment already play a big and in future could play an even bigger and different role in the identification and development of young and talented top-class athletes in various sports.

References

- Baker, J., & Farrow, D. (2015). *Routledge handbook of sport expertise*. Routledge.
- Baker, J., Schorer, J., & Wattie, N. (2018). Compromising talent: Issues in identifying and selecting talent in sport. *Quest*, 70(1), 48-63.
- Baker, J., Wattie, N., & Schorer, J. (2019). A proposed conceptualization of talent in sport: The first step in a long and winding road. *Psychology of Sport and Exercise*, 43, 27-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.12.016>
- Dauids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach*. Human Kinetics.
- Faber, I. R., Koopmann, T., Büsch, D., & Schorer, J. (2021). Developing a tool to assess technical skills in talented youth table tennis players—a multi-method approach combining professional and scientific literature and coaches' perspectives. *Sports Medicine - Open*, 7(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00327-5>
- Farrow, D., & Robertson, S. (2017). Development of a skill acquisition periodisation framework for high-performance sport. *Sports Medicine*, 47(6), 1043-1054.
- Henry, F. M. (1968). Specificity vs. generality in learning motor skill. In R. C. Brown Jr. & G. S. Kenyon (Eds.), *Classical studies in physical activity* (pp. 328-331). Englewood Cliffs.
- Koopmann, T., Faber, I., Baker, J., & Schorer, J. (2020). Assessing Technical Skills in Talented Youth Athletes: A Systematic Review. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01299-4>
- Koopmann, T., Faber, I., Büsch, D., & Schorer, J. (2020). Vorsprung durch Technik: Ein Serviceforschungsprojekt zur Technikbewertung bei jungen Tischtennispieler*innen. *Trainerbrief*, 3.2020, 10-11.
- Koopmann, T., Faber, I., Büsch, D., & Schorer, J. (2022). Der Oldenburger Beobachtungsbogen für TischTennis-Technik 1.0 (O3T 1.0): Ein praktisches Werkzeug zur Technikbewertung bei jungen Tischtennispieler*innen. *Trainerbrief*, 1.2022, 20-24.
- Koopmann, T., Faber, I., Wagner, D., Prause, R., Büsch, D., & Schorer, J. (2021). Welches sind die wichtigsten Elemente der Technik im Jugendalter? Erste Erkenntnisse des Service-Forschungsprojekts der Universität Oldenburg und des DTTB zur Technikbewertung bei jungen Tischtennispieler*innen. *Trainerbrief*, 01.2021, 16-21.
- Koopmann, T., Faber, I. R., Büsch, D., & Schorer, J. (under review). The Oldenburg observation sheet for Table Tennis Technique (O3T) as a tool for talent identification and development: a reliability, validity and feasibility study. *International Journal of Racket Sports Science*.
- Koopmann, T., Lath, F., Büsch, D., & Schorer, J. (2022). Predictive Value of Technical Throwing Skills on Nomination Status in Youth and Long-Term Career Attainment in Handball. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00397-5>
- Lees, A. (2002). Technique analysis in sports: a critical review. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 813-828.
- Newell, K. (1986). Constraints on the development of coordination. *Motor development in children: Aspects of coordination and control*.
- Pinder, R. A., Davids, K., Renshaw, I., & Araújo, D. (2011). Representative learning design and functionality of research and practice in sport. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 33(1), 146-155.
- Pinder, R. A., Renshaw, I., & Davids, K. (2013). The role of representative design in talent development: a comment on "Talent identification and promotion programmes of Olympic athletes". *Journal of Sports Sciences*, 31(8), 803-806.

- Proteau, L. (1992). On the specificity of learning and the role of visual information for movement control. *Advances in psychology*, 85, 67-103.
- Roth, K., & Willimczik, K. (1999). *Bewegungswissenschaft*. Rowohlt.
- Schorer, J., Faber, I., Koopmann, T., Büsch, D., & Baker, J. (2020). Predictive value of coaches' early technical and tactical notational analyses on long-term success of female handball players. *Journal of Sports Sciences*, 38(19), 2208-2214.
- Till, K., & Baker, J. (2020). Challenges and [Possible] Solutions to Optimising Talent Identification and Development in Sport. *Frontiers in Psychology*.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2008). Talent identification and development programmes in sport. *Sports Medicine*, 38(9), 703-714. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838090-00001>

Verbesserung der motorischen Gedächtnisbildung durch akutes Herz-Kreislauf-Training: Ein Ansatz für Training und Therapie?

Philipp Wanner¹, Florian Ostermair², Martin Winterholler³, Heiko Gaßner⁴, Jürgen Winkler⁴, Jochen Klucken⁴, Klaus Pfeifer² & Simon Steib¹

¹Institut für Sport und Sportwissenschaft, Universität Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

²Department für Sportwissenschaft und Sport, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, Erlangen, Deutschland

³Neurologische Klinik, Sana-Krankenhaus Rummelsberg, Rummelsberg, Deutschland

⁴Abteilung für Molekulare Neurologie, Universitätsklinikum Erlangen, Erlangen, Deutschland

E-Mail: philipp.wanner@issw.uni-heidelberg.de

Schlüsselwörter: motorisches Lernen, Konsolidierung, Neuroplastizität, Ausdauertraining

Einleitung

Motorisches Lernen kann als Prozess der übungs- und erfahrungsbedingten relativ überdauernden Veränderung der Kompetenz einer motorischen Fertigkeit verstanden werden (Schmidt & Lee, 2011; Wollny, 2017). Die Fähigkeit Bewegungen erlernen zu können ist daher eine essenzielle Voraussetzung für sportliche Leistungen und ein unabhängiges Leben. Aus neuropsychologischer Sicht beruht der übungsbedingte Erwerb motorischer Fertigkeiten auf der Speicherung von Informationen im Langzeitgedächtnis, weshalb der motorische Lernprozess auch als Form der Gedächtnisbildung verstanden werden kann (prozedurales Gedächtnis) (Doyon et al., 2009; Weigelt et al., 2020). Grundlage hierfür sind zentralnervöse Reorganisationsprozesse (Neuroplastizität) innerhalb sensomotorischer Hirnareale (Dayan & Cohen, 2011; Müller & Blichke, 2009). Zur Steigerung der motorischen Gedächtnisbildung könnten folglich insbesondere Ansätze vielversprechend sein, die die Neuroplastizität fördern. Eine nicht-invasive, kostengünstige Methode, die in aktuellen Arbeiten mit einer gesteigerten Neuroplastizität assoziiert wurde, ist Herz-Kreislauf-Training (El-Sayes et al., 2019). In einer aktuellen Metanalyse konnten wir bestätigen, dass ein akutes Herz-Kreislauf-Training, das unmittelbar nach der Enkodierung einer motorischen Fertigkeit durchgeführt wird, die Konsolidierung verbessert (Wanner, Cheng & Steib, 2020). Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür bildet die Katecholamine-Hypothese (McMorris, 2016). Erste Ergebnisse lassen darauf schließen, dass gesteigerte dopaminerge Prozesse infolge eines Herz-Kreislauf-Trainings eine verbesserte motorische Gedächtnisbildung erklären könnten (Christiansen et al., 2019). Die Effekte scheinen zudem in einem direkten Zusammenhang mit der Intensität des Herz-Kreislauf-Trainings zu stehen, wobei die größten Effekte für intervallartige Belastungsmodi mit sehr hohen Intensitäten gezeigt werden konnten (Wanner, Cheng & Steib, 2020). Ein aktuell diskutierter Mechanismus dieser intensitätsabhängigen Effekte ist die Signalwirkung von Laktat (Taubert et al., 2015). Eine erhöhte Laktatkonzentration konnte in einen direkten Zusammenhang mit einer gesteigerten Gedächtniskonsolidierung gebracht werden (Skriver et al., 2014). Die bisherigen Erkenntnisse zu den positiven Effekten von Herz-Kreislauf-Training auf die motorische Gedächtnisbildung basieren jedoch primär auf laborexperimentellen feinmotorischen Fertigkeiten. Erste Untersuchungen aus unserem Labor zeigen, dass die Ergebnisse bei komplexeren Fertigkeiten abweichen und daher die Übertragbarkeit auf die Sportpraxis unklar ist (Wanner, Müller et al., 2020).

Auch in der Rehabilitation ist das repetitive Üben motorischer Fertigkeiten zur Wiedererlangung der Selbständigkeit und Teilhabe ein zentraler Bestandteil (z.B. Gleichgewichtstraining) (Stein & Bös, 2014). Folglich spielt die motorische Gedächtnisbildung eine wesentliche Rolle in der Rehabilitation (Kitago & Krakauer, 2013). Eine große Herausforderung besteht jedoch darin, dass der Alterungsprozess und insbesondere neurodegenerative Erkrankungen mit einer verlangsamten prozeduralen Gedächtnisbildung einhergehen (Voelcker-Rehage, 2008), die auf veränderte neuroplastische Prozesse zurückgeführt werden kann (King et al., 2013). Morbus Parkinson (PD) stellt in diesem Zusammenhang eine besonders relevante neurodegenerative Erkrankung dar. Der krankheitsbedingte Verlust dopaminergener Neuronen führt nicht nur zu motorischen und kognitiven Defiziten, sondern verlangsamt auch die motorische Konsolidierung drastisch (Marinelli et al., 2017). Ferner ist PD eine ideale Modellindikation, um ein besseres Verständnis der postulierten Effekte von Herz-Kreislauf-Training auf dopaminerge Prozesse zu erlangen. Die reduzierte Gedächtniskonsolidierung wirkt sich negativ auf den langfristigen Erfolg bewegungstherapeutischer Maßnahmen aus. Daher besteht ein dringender Bedarf an wirksamen Strategien zur Verbesserung der Konsolidierung. Aufgrund der plastizitätsfördernden Effekte könnte Herz-Kreislauf-Training eine effektive Maßnahme darstellen, um den alters- und krankheitsbedingten Defiziten in der prozeduralen Gedächtnisbildung entgegenzuwirken.

Zusammengefasst konnte eine wachsende Zahl an Untersuchungen zeigen, dass akutes Herz-Kreislauf-Training die Konsolidierung feinmotorischer Fertigkeiten verbessert. Eine Untersuchung der Effekte bei komplexeren grobmotorischen Fertigkeiten sowie Personen mit Gedächtnisdefiziten fehlt jedoch, weshalb der Nutzen für die Sportpraxis und Rehabilitation fraglich ist (Wulf & Shea, 2002). Das hier vorgestellte Forschungsprojekt adressiert diese Forschungslücke indem in drei Experimenten der Effekt eines akuten Herz-Kreislauf-Trainings auf das Erlernen einer Gleichgewichtsaufgabe untersucht wurde. Eine Gleichgewichtsaufgabe wurde herangezogen, da Fertigkeiten mit hohen Anforderungen an das posturale System zentrale Bestandteile des motorischen Trainings im Sport sowie in der Rehabilitation sind (Lesinski et al., 2015; Zech et al., 2010). Aufbauend auf den Ergebnissen bei simplen feinmotorischen Fertigkeiten war das Ziel des *ersten Experiments* bei jungen Erwachsenen zu untersuchen, ob (i) akutes Herz-Kreislauf-Training die Konsolidierung einer Gleichgewichtsaufgabe verbessert, (ii) die Effekte intensitätsabhängig sind und (iii) in einem direkten Zusammenhang mit der Laktatkonzentration stehen. Zeitgleich wurde in einem *zweiten Experiment* an der Modellindikation PD der Effekt eines Herz-Kreislauf-Trainings auf die Konsolidierung einer Gleichgewichtsaufgabe ermittelt, um den potentiellen Nutzen für Personen mit Gedächtnisbildungsdefiziten abzuschätzen und die propagierten gesteigerten dopaminergen Prozesse als potentiellen Wirkmechanismus genauer zu untersuchen. Aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse zwischen den ersten beiden Experimenten wurde in einem darauffolgenden *dritten Experiment* untersucht, ob ein Herz-Kreislauf-Training die motorische Konsolidierung bei gesunden Senior:innen steigert.

Experiment 1

Method

Zur Überprüfung der ersten Fragestellung führten 42 sportlich aktive, junge Erwachsene (Alter: $25,2 \pm 4,5$; BMI: $22,7 \pm 2,2$; VO₂max: $46,1 \pm 7,6$) unmittelbar nach der Enkodierung entweder (i) ein hoch-intensives Intervalltraining (90%/60% W_{max}, n=14); (ii) ein moderat-

intensives Intervalltraining (45%/25% Wmax, n=14) oder (iii) eine Ruhephase (n=14) für 17 Minuten durch (randomisierte Zuordnung). Das Protokoll des Herz-Kreislauf-Trainings wurde in Anlehnung an vorherige Studien gewählt, die eine gesteigerte Konsolidierung feinmotorischer Fertigkeiten sowie intensitätsabhängige Effekte bestätigen konnten (Thomas et al., 2016). Unmittelbar nach dem Herz-Kreislauf-Training wurden Laktatproben entnommen. Die zu erlernende dynamische Gleichgewichtsaufgabe bestand aus dem Stabilometer (Lafayette Instruments). Der Stabilometer hat sich als ökologisch valide Lernaufgabe zur Untersuchung komplexer grobmotorischer Fertigkeiten erwiesen (Wulf & Shea, 2002). Die Versuchspersonen absolvierten während der Enkodierung 15 Übungsdurchgänge sowie Retentionstests (je drei Durchgänge) nach 24 Stunden (1d) und sieben Tagen (7d). Als Leistungsmaß wurde die Zeit im Gleichgewicht (Plattform innerhalb $\pm 5^\circ$ der Horizontalen) für jeden Übungsdurchgang berechnet. Potentielle Unterschiede in der Konsolidierung (offline Lernen = prozentuale Leistungsänderung vom Ende der Enkodierung zu Retentionstests) wurden mittels ANOVA zwischen den Gruppen untersucht (Robertson et al., 2004). Potentielle Zusammenhänge zwischen der Konsolidierung und der Laktatkonzentration wurden mittels Pearson Korrelationskoeffizient berechnet.

Ergebnisse

Wie erwartet, zeigten alle Gruppen vergleichbare Lernzuwächse während der Enkodierung ($F_{2,39} = 0,073$; $p = 0,929$; $\eta_p^2 = 0,004$). Entgegen unserer Annahme zeigte sich unabhängig des Retentionsintervalls kein signifikanter Unterschied in der Konsolidierung zwischen den Gruppen (1d: $F_{2,39} = 2,569$; $p = 0,089$; $\eta_p^2 = 0,116$; 7d: $F_{2,39} = 1,500$; $p = 0,236$; $\eta_p^2 = 0,071$). Darüber hinaus konnten wir keine signifikante Korrelation zwischen der Laktatkonzentration nach dem Herz-Kreislauf-Training und der Konsolidierung identifizieren (1d: $r = 0,256$; $p = 0,207$; 7d: $r = -0,211$; $p = 0,301$).

Experiment 2

Methode

Zur Untersuchung der Effekte bei Personen mit Defiziten in der motorischen Gedächtnisbildung nahmen 17 Personen mit PD (Alter: $60,1 \pm 7,9$; BMI: $26,0 \pm 4,5$; MoCA: $26,1 \pm 2,1$; Hoehn & Yahr: $2,0 \pm 0,4$) teil. Das methodische Vorgehen entsprach dem des ersten Experiments. Das Herz-Kreislauf-Training sowie der Stabilometer wurden für die Zielgruppe angepasst. Entsprechend absolvierten die Versuchspersonen nach der Enkodierung entweder i) ein Herz-Kreislauf-Training (60% Wmax), oder ii) eine Ruhephase im Sitzen für 30 Minuten (randomisierte Zuordnung) (Statton et al., 2015). Potentielle Unterschiede in der Konsolidierung wurden mittels ANCOVA zwischen den beiden Gruppen untersucht (das Alter wurde als Kovariate berücksichtigt, da dieses signifikant mit der Konsolidierung korrelierte).

Ergebnisse

Wie in Experiment 1 demonstrierten beide Gruppen vergleichbare Leistungszuwächse während der Enkodierung ($F_{1,15} = 0,372$, $p = 0,551$, $\eta_p^2 = 0,024$). Während wir keine signifikanten Unterschiede im Retentionstest nach einem Tag feststellen konnten ($F_{1,14} = 0,650$, $p = 0,434$, $\eta_p^2 = 0,044$), führte das Herz-Kreislauf-Training zu einer verbesserten Konsolidierung im Retentionstest nach sieben Tagen ($F_{1,14} = 5,602$, $p = 0,033$, $\eta_p^2 = 0,286$).

Experiment 3

Methoden

Da sich die Ergebnisse zwischen jungen Erwachsenen und Personen mit PD unterschieden, wurde in einem darauffolgenden dritten Experiment untersucht, ob der Effekt spezifisch für Personen mit neurodegenerativen Erkrankungen oder auch bei gesunden Senior:innen vorhanden ist. Hierzu rekrutierten wir 17 alters- und geschlechtsgematchte gesunde Senior:innen (Alter: $60,3 \pm 8,0$; BMI: $23,8 \pm 2,1$; MoCA: $27,1 \pm 1,3$). Das Studiendesign und die Auswertung entsprachen der Methodik des zweiten Experiments.

Ergebnisse

Beide Gruppen wiesen vergleichbare Leistungszuwächse während der Enkodierung auf ($F_{1,15} = 0,968$, $p = 0,341$, $\eta^2_p = 0,061$). Das Herz-Kreislauf-Training führte zu einer signifikant verbesserten Konsolidierung im Retentionstest nach einem Tag ($F_{1,14} = 9,944$, $p = 0,007$, $\eta^2_p = 0,415$), jedoch nicht nach sieben Tagen ($F_{1,14} = 2,634$, $p = 0,127$, $\eta^2_p = 0,158$).

Diskussion

Das hier vorgestellte Forschungsprojekt untersucht erstmals die Effekte eines akuten Herz-Kreislauf-Trainings bei einer ökologisch validen motorischen Fertigkeit sowie den Nutzen der Effekte für Personen mit Defiziten in der motorischen Gedächtnisbildung. In einer Übersichtsarbeit konnten wir kürzlich aufzeigen, dass bisherige Studien primär simple feinmotorischen Fertigkeiten und junge Erwachsene heranzogen (Wanner, Cheng & Steib, 2020). Die vorliegende Forschungsarbeit adressiert daher eine wichtige Forschungslücke. Die Ergebnisse haben vielfältige Implikationen für die Sportpraxis und Rehabilitation.

Die in *Experiment 1* dargestellte fehlende Übertragbarkeit der vielversprechenden Evidenz auf eine ökologisch valide, grobmotorische Fertigkeit verdeutlicht die Gefahr eines voreiligen Transfers grundlagenorientierter Befunde auf die Praxis. Mögliche Ursachen könnten eine Hypoaktivität des präfrontalen Kortex sowie negative Interferenzeffekte sein, auf die im Vortrag genauer eingegangen werden (Audiffren, 2016). Demgegenüber bestätigen *Experiment 2* und *3* erstmals die förderlichen Effekte eines Herz-Kreislauf-Trainings für die motorische Rehabilitation älterer Personen. Die verbesserte Konsolidierung bei PD in *Experiment 2* unterstützt die propagierten gesteigerten dopaminergen Prozesse infolge des Herz-Kreislauf-Trainings als einen potentiellen Wirkmechanismus (Christiansen et al., 2019; Petzinger et al., 2015). *Experiment 3* lässt darauf schließen, dass diese Effekte auch bei gesunden Senior:innen vorhanden sind. Dies ist vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und der damit verbundenen Verdopplung der Bevölkerung über 60 Jahre bis zum Jahr 2050 hochrelevant. Bereits ab 60 Jahren konnte eine reduzierte motorische Gedächtnisbildung festgestellt werden (Coats et al., 2014). Die alters- und krankheitsbedingten Einbußen in der Gedächtnisbildung wirken sich negativ auf den langfristigen Erfolg bewegungstherapeutischer Interventionen aus und eine medikamentöse Substitution zeigt nur ungenügende Effekte (Marinelli et al., 2017). Die unmittelbare zeitliche Kopplung des motorischen Übungsprozesses mit Herz-Kreislauf-Training ist daher eine vielversprechende Maßnahme, um dieser alters- und krankheitsbedingten verlangsamten motorischen Gedächtnisbildung entgegenzuwirken. Neben der Diskussion zugrundeliegender Mechanismen wird im Vortrag auf die Implikation der Ergebnisse für zukünftige Forschungsarbeiten eingegangen.

Literatur

- Audiffren, M. (2016). The Reticular-Activating Hypofrontality (RAH) Model of Acute Exercise. In T. McMorris (Hrsg.), *Exercise-cognition interaction: Neuroscience perspectives* (S. 147-166). Elsevier, Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800778-5.00007-4>
- Christiansen, L., Thomas, R., Beck, M. M., Pingel, J., Andersen, J. D., Mang, C. S., Madsen, M. A. J., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2019). The Beneficial Effect of Acute Exercise on Motor Memory Consolidation is Modulated by Dopaminergic Gene Profile. *Journal of clinical medicine*, 8(5), 578. <https://doi.org/10.3390/jcm8050578>
- Coats, R. O., Wilson, A. D., Snapp-Childs, W., Fath, A. J., & Bingham, G. P. (2014). The 50s cliff: perceptuo-motor learning rates across the lifespan. *PLoS One*, 9(1), e85758. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085758>
- Dayan, E., & Cohen, L. G. (2011). Neuroplasticity subserving motor skill learning. *Neuron*, 72(3), 443–454. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.10.008>
- Doyon, J., Bellec, P., Amsel, R., Penhune, V., Monchi, O., Carrier, J., Lehericy, S., & Benali, H. (2009). Contributions of the basal ganglia and functionally related brain structures to motor learning. *Behavioural Brain Research*, 199(1), 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2008.11.012>
- El-Sayes, J., Harasym, D., Turco, C. V., Locke, M. B., & Nelson, A. J. (2019). Exercise-Induced Neuroplasticity: A Mechanistic Model and Prospects for Promoting Plasticity. *The Neuroscientist: a review journal bringing neurobiology, neurology and psychiatry*, 25(1), 65–85. <https://doi.org/10.1177/1073858418771538>
- King, B. R., Fogel, S. M., Albouy, G., & Doyon, J. (2013). Neural correlates of the age-related changes in motor sequence learning and motor adaptation in older adults. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 142. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00142>
- Kitago, T., & Krakauer, J. W. (2013). Motor learning principles for neurorehabilitation. *Handbook of Clinical Neurology*, 110, 93–103. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52901-5.00008-3>
- Lesinski, M., Hortobágyi, T., Muehlbauer, T., Gollhofer, A., & Granacher, U. (2015). Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(12), 1721–1738. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0375-y>
- Marinelli, L., Quartarone, A., Hallett, M., Frazzitta, G., & Ghilardi, M. F. (2017). The many facets of motor learning and their relevance for Parkinson's disease. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 128(7), 1127–1141. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.03.042>
- McMorris, T. (2016). Developing the catecholamines hypothesis for the acute exercise-cognition interaction in humans: Lessons from animal studies. *Physiology & behavior*, 165, 291–299. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.08.011>
- Müller, H., & Blischke, K. (2009). Motorisches Lernen. In W. Schlicht & B. Strauß (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Bd. 1. Grundlagen der Sportpsychologie* (1. Aufl., S. 159-228). Hogrefe.
- Petzinger, G. M., Holschneider, D. P., Fisher, B. E., McEwen, S., Kintz, N., Halliday, M., Toy, W., Walsh, J. W., Beeler, J., & Jakowec, M. W. (2015). The Effects of Exercise on Dopamine Neurotransmission in Parkinson's Disease: Targeting Neuroplasticity to Modulate Basal Ganglia Circuitry. *Brain plasticity (Amsterdam, Netherlands)*, 1(1), 29–39. <https://doi.org/10.3233/bpl-150021>
- Robertson, E. M., Pascual-Leone, A., & Miall, R. C. (2004). Current concepts in procedural consolidation. *Nature Reviews Neuroscience*, 5(7), 576–582. <https://doi.org/10.1038/nrn1426>
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis* (5. Aufl.). Human Kinetics.

- Skriver, K., Roig, M., Lundbye-Jensen, J., Pingel, J., Helge, J. W., Kiens, B., & Nielsen, J. B. (2014). Acute exercise improves motor memory: exploring potential biomarkers. *Neurobiology of learning and memory*, 116, 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2014.08.004>
- Statton, M. A., Encarnacion, M., Celnik, P., & Bastian, A. J. (2015). A Single Bout of Moderate Aerobic Exercise Improves Motor Skill Acquisition. *PLoS One*, 10(10), e0141393. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141393>
- Stein, T., & Bös, K. (2014). Überblick – Grundlagenwissen zum motorischen Lernen. *neuroreha*, 06(02), 57–61. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1383832>
- Taubert, M., Villringer, A., & Lehmann, N. (2015). Endurance Exercise as an "Endogenous" Neuro-enhancement Strategy to Facilitate Motor Learning. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 692. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00692>
- Thomas, R., Johnsen, L. K., Geertsen, S. S., Christiansen, L., Ritz, C., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Acute Exercise and Motor Memory Consolidation: The Role of Exercise Intensity. *PLoS One*, 11(7), e0159589. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159589>
- Voelcker-Rehage, C. (2008). Motor-skill learning in older adults—a review of studies on age-related differences. *European Review of Aging and Physical Activity*, 5(1), 5–16. <https://doi.org/10.1007/s11556-008-0030-9>
- Wanner, P., Cheng, F. H., & Steib, S. (2020). Effects of acute cardiovascular exercise on motor memory encoding and consolidation: A systematic review with meta-analysis. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 116, 365–381. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.06.018>
- Wanner, P., Müller, T., Cristini, J., Pfeifer, K., & Steib, S. (2020). Exercise Intensity Does not Modulate the Effect of Acute Exercise on Learning a Complex Whole-Body Task. *Neuroscience*, 426, 115–128. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.11.027>
- Weigelt, M., Krause, D., & Güldenpenning, I. (2020). Lernen und Gedächtnis im Sport. In J. Schüler, M. Wegner & H. Plessner (Hrsg.), *Sportpsychologie* (S. 43-68). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56802-6_3
- Wollny, R. (2017). *Bewegungswissenschaft: Ein Lehrbuch in 12 Lektionen* (4. Aufl.). Sportwissenschaft studieren: Bd. 5. Meyer & Meyer.
- Wulf, G., & Shea, C. H. (2002). Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(2), 185–211. <https://doi.org/10.3758/bf03196276>
- Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F., & Pfeifer, K. (2010). Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review. *Journal of Athletic Training*, 45(4), 392–403. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.4.392>

Session 1A: Motor Learning I – Representations in Motor Sequence Learning

Dissociating action representations in motor sequence learning

Stephan F. Dahm & Daniel Krause

Representation types in action imagery practice and action execution practice when focussing on vision or kinesthesia

Stephan F. Dahm & Martina Rieger

Action imagery practice induces automatization of stimulus-response coupling in sequence learning

Stephan F. Dahm, Henri Hyna & Daniel Krause

Dyad training enhances the development of a motor but not a visual-spatial representation in sequence learning

Stefan Panzer & Charles Shea

Task integration in complex, bi-manual sequence learning tasks

Patrick Beißel & Stefan Künzell

Dissociating action representations in motor sequence learning

Stephan F. Dahm¹ & Daniel Krause²

¹UMIT TIROL – Private University of Health Sciences and Health Technology, Hall in Tyrol, Austria

²University of Paderborn, Paderborn, Germany

E-Mail: stephan.dahm@umit-tirol.at

Keywords: sequence representation types, motor learning

Description of the symposium

When practicing a sequence, the acquired representations can be coded both in extrinsic visual-spatial codes or in intrinsic motor codes (Dahm et al. 2022, Hikosaka et al., 1999, Panzer et al., 2009). The symposium will focus on whether different acquisition characteristics influence the type of acquired representations in motor sequence learning. The first study (Dahm & Rieger) will focus on the representation types in implicit sequence learning of serial reactions when focusing on kinesthesia or vision during action execution practice or action imagery practice. The second study (Dahm, Hyna, & Krause) examines whether automatization can be achieved in implicit sequence learning of serial reactions via action imagery practice. The third study (Panzer & Shea) investigates representation types when partner alternate between action observation practice and action execution practice of sequential elbow flexions and extensions. In the fourth study (Beissel & Künzell), the effects of complex bimanual dual-tasking during the acquisition of sequence representations are explored.

References

- Dahm, S. F., Weigelt, M., & Rieger, M. (2022). Sequence representations after action-imagery practice of one-finger movements are effector-independent. *Psychological Research*. doi:10.1007/s00426-022-01645-3
- Hikosaka, O., Nakahara, H., Rand, M. K., Sakai, K., Lu, X., Nakamura, K., ... Doya, K. (1999). Parallel neural networks for learning sequential procedures. *Trends in Neurosciences*, 22(10), 464–471. doi:10.1016/s0166-2236(99)01439-3
- Panzer, S., Krueger, M., Muehlbauer, T., Kovacs, A. J., & Shea, C. H. (2009). Inter-manual transfer and practice: Coding of simple motor sequences. *Acta Psychologica*, 131(2), 99–109. doi:10.1016/j.actpsy.2009.03.004

Representation types in action imagery practice and action execution practice when focussing on vision or kinesthesia

Stephan F. Dahm & Martina Rieger

UMIT TIROL – Private University of Health Sciences and Health Technology, Hall in Tyrol, Austria

E-Mail: stephan.dahm@umit-tirol.at

Keywords: motor imagery practice, representation types, effector-dependency, serial reaction time task

Introduction

Action-imagery practice (AIP, also mental practice or motor-imagery practice) refers to the repetitive use of action imagery aiming to improve action-execution (Simonsmeier et al., 2021). Compared to control conditions, AIP is often followed by performance improvements, although to a lesser degree than AEP (Simonsmeier et al., 2021). A possible explanation is that AIP evolves partially different action representations than AEP (Dahm et al., 2022). The present study investigated whether focusing on either kinesthetic or visual aspects during practice amplifies or diminishes such differences between AIP and AEP.

Methods

A unimanual serial reaction time task was used with sequences of twelve visual-spatial elements. In ten sessions, 102 participants practiced either in AIP or AEP focusing either on vision or on kinesthesia, resulting in four groups: AIP-vision, AIP-kinesthesia, AEP-vision, and AEP-kinesthesia. During practice, RTs were measured by presses of the space key that were performed simultaneous to the (imagined) target keys in all groups. All groups completed the same performance tests in the first, second, fourth, seventh, eleventh, and a one-month follow-up session. These tests involved the practice sequence, a mirror sequence, and a different sequence, each performed with the practice and transfer hand. Reaction times (RTs) of practice and tests were analyzed with ANOVAs.

Results

RTs of practice were analyzed with an ANOVA with the factors practice group (AIP, AEP), focus group (vision, kinesthesia) and session (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10). During practice, RTs were longer in the AIP-visual group ($M = 532$ ms) than in the AEP-visual group ($M = 364$ ms, $p < .001$). Further during practice, reductions in RTs from session to session were larger in the visual focus groups ($M = 29$ ms) than in the kinesthetic focus groups ($M = 21$ ms, $p = .022$). RTs of tests were analyzed with an ANOVA with the factors practice group (AIP, AEP), focus group (vision, kinesthesia), hand (practice, transfer), sequence (practice, mirror, different), and test time (1,2,4,7,11,40). In the tests, the main effect session ($p < .001$, $\rho\eta^2 = .67$) indicated a decrease in RTs from session to session in all groups and conditions. Significant interactions between sequence, hand, practice group, and session indicated the following: In AIP and AEP, in both hands, RTs became significantly shorter in the practice sequence ($M = 419$ ms) than in the different sequence ($M = 452$ ms), indicating effector-independent visual-spatial sequence representations. Additionally, RTs in the practice sequence became significantly shorter in the practice hand ($M = 402$ ms) than in the transfer hand ($M = 436$ ms), indicating

effector-dependent representations in AEP and AIP. Further, RTs in the practice sequence in the practice hand became significantly shorter in the AEP groups ($M = 379$ ms) than in the AIP groups ($M = 425$ ms).

Discussion

The focus on modalities did not impact performance improvements or the acquired representation types, but the performance during practice. General sequence-unspecific learning occurred in all sequences and hands. Sequence-specific representations evolved in AEP and AIP which were mainly effector-independent visual-spatial in nature. Additionally, sequence-specific effector-dependent representations were observed in both practice types, but stronger in AEP than in AIP.

References

- Dahm, S. F., Weigelt, M., & Rieger, M. (2022). Sequence representations after action-imagery practice of one-finger movements are effector-independent. *Psychological Research*, 1-16.
- Simonsmeier, B. A., Andronie, M., Buecker, S., & Frank, C. (2021). The effects of imagery interventions in sports: A meta-analysis. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 14(1), 186-207.

Action imagery practice induces automatization of stimulus-response coupling in sequence learning

Stephan F. Dahm¹, Henri Hyna² & Daniel Krause²

¹UMIT TIROL – Private University of Health Sciences and Health Technology, Hall in Tyrol, Austria

²Paderborn University, Paderborn, Germany

E-Mail: daniel.krause@upb.de

Keywords: imagery practice, motor learning, automatization

Introduction

Action imagery practice (AIP) defines the repetitive imagination of an action to improve subsequent action execution (Jeannerod, 1995). Research (e.g., Simonsmeier et al., 2020) so far revealed a broad effectiveness of AIP with a somehow lower effect as compared to action execution practice (AEP), but the effectiveness for reducing the need for attentional control in motor learning (i.e., motor automaticity) via AIP is still a research desideratum. Knowledge about the effects of AIP on motor automatization is crucial to optimize a goal-directed use of AIP in various stages of motor learning. Because AIP and AEP rely on partly similar motor mechanisms (Jeannerod, 1995) we hypothesized that AIP may lead to motor automatization, which is commonly observable in a reduction of dual-task costs after extensive AEP.

Methods

All 68 participants practiced serial key press reactions (bilateral index- and middle fingers) to visual stimuli at 4 corresponding horizontal positions in ten single-task practice sessions with 800 consecutive responses (100 sequence repetitions) in each session. Participants in the AIP group ($n = 24$) imagined the reactions. Participants in the AEP group ($n = 25$) and a control practice group (CP; $n = 19$) executed the reactions physically. Practice followed a sequential sequence of 8 elements in AIP and AEP but was random in CP. Execution was continuous (no pause between sequence repetitions and no indications of a sequence start). The practice sequence and random sequences were tested in a pretest and a posttest 24-48 h after the last practice session. In addition to single-task test blocks, dual-task test blocks were executed with different tone events: target tones, distractor tones, and silence. Tone events were presented with a synchronous onset to the visual stimuli (one tone event within a series of 8 responses). The low pitch target tones had to be counted and reported after the test blocks. Motor performance was measured as reaction times (RT). Sequence-specific learning was expected in the difference between random blocks and sequence blocks. Automaticity was expected in the difference between single-task blocks and dual-task blocks as well as in a detailed analysis of the dual-task blocks (i.e., difference of RTs after tone and no tone events).

Results

RTs for the motor task decreased from pretest to posttest in both practiced and random sequences in all groups ($p < .001$; $\eta^2_p = .92$). Further, RTs decreased stronger in the practiced sequence than in the random sequence after AIP and AEP ($p_{\max} < .001$; $d_{\min} = 3.51$). In the posttest, the sequence learning index (RT difference between practice and random sequence)

was larger in AEP ($\Delta = 180$ ms) than in AIP ($\Delta = 104$ ms; $p < .001$; $d = 1.62$), and smallest in CP ($\Delta = 11$ ms; $p_{\max} < .001$; $d_{\min} = 2.58$). Comparing single-task blocks and dual-task blocks indicated no automatization effects. However, the difference between RTs after tone and silence events revealed dual-task costs (Figure 1). Those dual-task costs were reduced in the practice sequence and the random sequence in all groups ($p < .001$, $\eta^2_p = .43$).

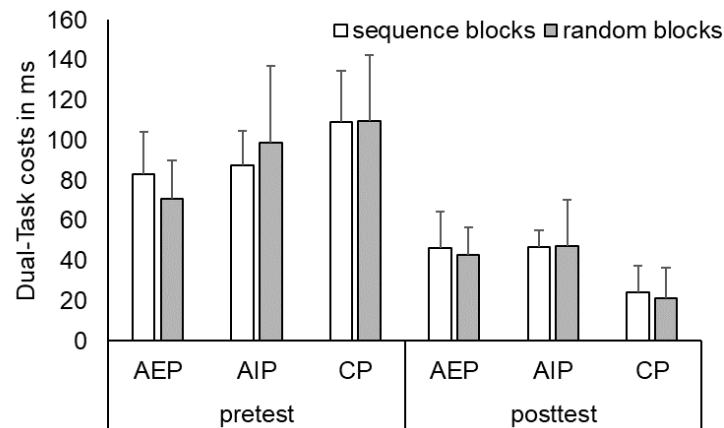


Fig. 1. Means and standard errors of dual-task costs (Δ RT in ms: target - silence) depending on test block and sequence, separately for groups (AEP: action-execution, AIP: action-imagery, CP: control action).

Discussion

A general reduction of RTs indicated sequence-unspecific learning that may involve stimulus-response coupling. A higher reduction of RTs in practice sequences than in random sequences revealed sequence-specific learning. Although we expected sequence-specific automatization effects, they were not observed in any group. This may be due to task characteristics rather than an inherent characteristic of AIP. We interpret the sequence-unspecific reduction of dual-task costs in the analysis within dual-task blocks as an indication that the stimulus-response coupling can be automatized in AEP and AIP. Future research may scrutinize whether AIP may also involve automatization of sequence-specific learning. Less complex (i.e., fewer elements) or discrete sequences might be more likely to induce automatization of sequence production in AEP and AIP due to a facilitated detection of sequence structures.

References

- Jeannerod, M. (1995). Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia*, 33, 1419–1432. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(95\)00073-C](https://doi.org/10.1016/0028-3932(95)00073-C)
- Simonsmeier, B. A., Androniea, M., Buecker, S., & Frank, C. (2020). The effects of imagery interventions in sports: A meta-analysis. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 14, 186-207. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2020.1780627>

Dyad training enhances the development of a motor but not a visual-spatial representation in sequence learning

Stefan Panzer^{1,2} & Charles Shea²

¹Saarland University, Saarbrücken, Germany

²Texas A&M University, College Station, USA

E-Mail: s.panzer@mx.uni-saarland.de

Keywords: sequence learning, dyad training, representation

Introduction

In dyad training protocols performers acquire a new skill in groups of pairs where individuals alternate between physical and observational practice on consecutive trials and are often permitted inter-trial dialogue to exchange ideas (Panzer et al., 2022). The majority of the studies which have used motor related tasks have found that participants who learned in pairs showed the same or superior performance compared to individual learners. This led the scientists conclude that the dyad training protocol maximizes learning (effectiveness) and minimizes the costs or time to reach a pursued performance level (efficiency). To explain the results, researchers invoke both cognitive and motor factors derived from observation and physical practice. The unique advantage arising from observation is, in part, that because the observer is not allocating cognitive and attentional resources to produce the task, they can utilize these resources to discover the intricacies in the task environment to develop new performance strategies (Shea et al., 1999). Until now there is no information about the representation types developed during dyad training.

Methods

Participants (N = 40) were randomly assigned to one of four groups (50 physical practice trials): a dyad practice group where two participants alternated between physical and observational practice and permitting an inter-trial dialog (DP), a practice group where two participants alternated between physical practice and permitting a dialog without observation (DPnO), a practice group where two participants alternated between physical and observational practice without a dialog (DPnD), and an individual practice group where one participant learned the task (ICG). The overall duration was identical for all participants. In the dyad groups participants alternated following 10 trials. The task was to reproduce a 1300-ms spatial–temporal pattern of sequential elbow extension/flexion movements. To dissociate the representation, an inter-manual transfer design with a retention and two effector transfer tests was used. Note, the retention and transfer tests were performed individually. The mirror transfer test required the same motor pattern of homologous muscle activation and a sequence of joint angles as experienced during the acquisition phase, and the non-mirror transfer test required the same visual-spatial pattern as practiced during acquisition. The Root Mean Square Error (RMSE) in degrees (°) was computed to estimate the performance error in achieving the spatial–temporal pattern.

Results

The results of the acquisition phase indicated that all groups decreased the RMSE, $F(4,136) = 77.77$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .69$. At the retention test, the groups did not significantly differ, p 's $> .05$. The analysis of the transfer tests indicated a significant Dialogue X Test interaction, $F(1,34) = 6.65$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .14$, and a significant Observation X Test interaction, $F(1,34) = 4.73$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .12$. Simple main effect analyses of the interactions indicated that the RMSE of the DP and the DPnO groups and the DP and the DPnD groups were lower at the mirror transfer test compared to the non-mirror test. The results of the inter-trial dialog referred to the categories: (1) time and precision, (2) speed, (3) range of motion.

Discussion

The groups that were involved in a dyad training protocol with a dialogue and without a dialogue and the dyad training group that had physical practice and was engaged in observational practice with and without a dialogue demonstrated superior transfer performance on the mirror transfer test compared to the non-mirror test. Because, the mirror transfer test required the same motor pattern of homologous muscle activation and a sequence of joint angles as experienced during the acquisition, this finding indicated that performers of these groups primarily rely on a motor representation for sequence production. Furthermore, in the dyad groups, two participants were trained in the same amount of time as one participant in the individual group. This suggests that dyad training of a sequence task, is not only more effective but also more efficient for the development of a motor representation.

References

- Panzer, S., Pfeifer, C., Leinen, P., & Shea, C.H. (2022). Dyad training in a perceptual-motor task: 'Two pairs of eyes are better than one. *Journal of Motor Learning and Development* <https://doi.org/10.1123/jmld.2021-0046>.
- Shea, C. H., Wulf, G., & Whitacre, C. (1999). Enhancing training efficiency and effectiveness through the use of dyad training. *Journal of Motor Behavior*, 31, 2, 119–125.

Task integration in complex, bi-manual sequence learning tasks

Patrick Beißel & Stefan Künzell

University of Augsburg, Augsburg, Germany

E-Mail: patrick.beissel@uni-a.de

Keywords: task integration, SRT task, sequence learning

Introduction

Putting on a jacket, driving a car or cooking dinner: each and every day, we master a multitude of complex motor challenges by simultaneously using both hands for optimal efficiency or convenience. Many of these complex, bimanual tasks follow inherent motor sequences. Yet while the research on sequence learning and task integration is plentiful, it is largely based on simple motor tasks. Insights on simple motor skills, however, cannot always be transferred to complex motor skills (Wulf & Shea, 2002). This study thus aims to assess the influence of task integration on the implicit learning of complex motor sequences. We hypothesized that task integration facilitates motor learning, impedes or suppresses effector-specific learning and can still be observed despite partial secondary task interference.

Methods

Six groups (each $n = 16$) were tested on a Ξ -apparatus (Hossner & Ehrlenspiel, 2010) with a total of $2^6 = 64$ unique lever positions. Pairs of stimuli had to be set correctly as quickly as possible, the response times (RT) were recorded. All groups had a discrete six-element sequence on their right hand. The two control groups had no sequence (D-s) and a random sequence (D-R) on their left hand. The other groups had a matching (D-6), a shifting five-element (D-5) or partial sequence with four or two matching and two or four random elements (D-4-2 & D-2-4) on their left hand. All groups performed a practice and test phase with six blocks (60 and 30 elements per block) each, followed by a right-hand only single-task test with three blocks (60 elements per block). The test phases each contained fully random catch trial blocks flanked by familiar practice blocks. The experiment concluded with both a recognition and anticipation test, as well as an interview to test for explicit awareness.

Results

Within-group ANOVAs showed a significant effect of practice on RTs for all groups during the practice phase. At the end of practice, a one-way between-groups ANOVA, $F(4, 75) = 7.40$, $p < .001$, and post-hoc comparisons revealed D-6 as fastest dual-task group.

An implicit learning score (ILS; $\text{mean RT}_{\text{random block}} - \text{mean RT}_{\text{familiar block}}$) was used to compare the groups' learning success in the test phase (see table 1). Post-hoc tests showed significantly lower ILS in D-R, D-2-4, and D-5, than in D-6 and D-4-2.

The single task test showed significant ILS differences between the single task groups and the dual task groups ($p < .001$), but none within the latter ($p = .084$). Yet RTs in the catch trials were significantly larger than in the practiced blocks in all groups, except for D-2-4. RTs did not significantly differ between hands.

Furthermore, the RTs of D-4-2 and D-2-4 in repetitive parts of their sequences were compared with their random counterparts. Clear differences in practice ($p = .002$) and test phase ($p < .001$) could be found for D-4-2, but were less pronounced in D-2-4 ($p = .038$ and $p = .152$).

Tab. 1. *Implicit Learning Score During Test Phase. A high ILS indicates greater learning success.*

Group	Mean (ms)	Standard deviation
s	251	19.5
D-R	123	26.1
D-5	274	38.8
D-6	638	52.1
D-4-2	487	69.1
D-2-4	207	33.2

Discussion

The higher ILS displayed by groups D-6 and D-4-2 is consistent with earlier experiments on fine motor skills (see e.g. Schmidtke & Heuer, 1997; Schwarb & Schuhmacher, 2012). We could show that task integration facilitates the acquisition of complex motor skills as well. The ILS in the groups with partially random sequences further indicate that across-task integration might be the primary source of dual-task costs (Roettger et al., 2021). Effector-specific differences could not be shown among the dual-task groups, likely due to removal of response conflict and parts of learned sequences. However, effector-specific learning seems to be primarily impeded, not suppressed, as it could be shown within-group in the catch trial. Lastly, we can assume that despite random interferences in D-4-2 and D-2-4, regularities within the tasks can be recognized and task integration occurs. The effectiveness seems to be reduced, however, if the interference is too large, as more resources are invested to attempt integration or by parallel memory or motor processes (Hemond et al., 2010). This too is in line with earlier research that highlights the possible beneficial but also adverse effect of task integration (e.g. Halvorson, 2013; Röttger et al., 2021).

References

- Halvorson, K. M., Wagschal, T. T., & Hazeltine, E. (2013). Conceptualization of task boundaries preserves implicit sequence learning under dual-task conditions. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20, 1005–1010.
- Hemond, C., Brown, R. M., & Robertson, E. M. (2010). A distraction can impair or enhance motor performance. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 30, 650–654.
- Hossner, E.-J., & Ehrlenspiel, F. (2010). Time-Referenced Effects of an Internal vs. External Focus of Attention on Muscular Activity and Compensatory Variability. *Frontiers in Psychology*, 1, 230.
- Röttger, E., Zhao, F., Gaschler, R., & Haider, H. (2021). Why Does Dual-Tasking Hamper Implicit Sequence Learning? *Journal of Cognition*, 4, 1.
- Schwarb, H., & Schumacher, E. (2012). Generalized lessons about sequence learning from the study of the serial reaction time task. *Advances in Cognitive Psychology*, 8, 165–178.
- Wulf, G., & Shea, C. H. (2002). Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 185–211.

Session 1B: Postural Control

Vergleich des motorischen Verhaltens in einer virtuellen und einer realen Umgebung
Dan Bürger, Stefan Pastel & Kerstin Witte

„Please stand as still as possible“ – The influence of instructions on motor control outcomes during balance assessments
Steven van Andel, Janice Habig & Linus Maisch

The influence of different sensory manipulations on boundary-margins of perceived postural instabilities
Benjamin Reimeir, Steven van Andel & Peter Federolf

Inferring body movement features from tape kinematics
Heinz Hegi & Ralf Kredel

Vergleich des motorischen Verhaltens in einer virtuellen und einer realen Umgebung

Dan Bürger, Stefan Pastel & Kerstin Witte

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg, Deutschland

E-Mail: dan.buerger@ovgu.de

Schlüsselwörter: virtuelle Realität, motorisches Verhalten, Orientierung, Balancieren

Einleitung

Virtuelle Umgebungen (VU) werden vielseitig eingesetzt. Zum Beispiel sind die Vorteile von VU im Sport unter anderem für standardisierte Tests zur Leistungsfähigkeit nutzbar (Pantelidis, 2009). Dabei ist zu überprüfen, ob das fähigkeits- und fertigungsorientierte Verhalten von Personen in VU dem in realen Umgebungen (RU) ähnelt, um einen Transfer der in VU erzielten Ergebnisse in RU zu erreichen. Dazu zeigten Robert et al. (2016) eine in VU und RU ähnliche statische Gleichgewichtsfähigkeit und eine bessere dynamische Gleichgewichtsfähigkeit in RU. Zur weiteren Untersuchung des motorischen Verhaltens wurden zwei Studien konzipiert, die sich auf eine in vielen Sportarten wichtige koordinative Fähigkeit (räumliche Orientierungsfähigkeit (OF)) und auf eine komplexe Fertigkeit (gymnastisches Balancieren auf dem Schwebebalken) beziehen.

Ziel der Studien war es, potenziell auftretende Unterschiede zwischen dem motorischen Verhalten in beiden Umgebungen zu identifizieren und Ursachen zu diskutieren, für eine Berücksichtigung in zukünftigen Anwendungen. Bei der OF wurden keine Unterschiede erwartet, beim Balancieren eine bessere Bewegungsausführung in RU aufgrund des schlechteren dynamischen Gleichgewichts in VU.

Methode

Der Test zur OF (in VU adäquat zu RU) bestand aus 3 Aufgaben, die 20 Versuchspersonen (12 weiblich, 23.1 ± 3.3 Jahre) in VU und RU durchführten. Zu Beginn jeder Aufgabe stand die Versuchsperson in der Mitte eines Raumes, umgeben von vier Objekten, dessen Positionen sich eingepägt werden sollten. Anschließend wurden der Versuchsperson die Augen verbunden und sie zu einer anderen Position (P) im Raum geführt. Von dort sollte sich die Versuchsperson mit weiterhin verbundenen Augen zu 2 der 4 Objekte bewegen. Aufgenommen wurden dabei die Distanzen zu den jeweiligen Objekten, welche anschließend aufsummiert wurden. Die statistische Analyse erfolgte für die Summenwerte mittels ANOVA (Faktoren: Position (P1, P2, P3), Umgebung (VU, RU)).

Beim Test zur motorischen Fertigkeit auf dem Schwebebalken führten 34 Turnanfänger (14 weiblich, 22.8 ± 2.3 Jahre) das gymnastische Balancieren vor- und rückwärts in RU auf einem Schwebebalken (Höhe 120 cm) und in VU auf einem Schwebebalken mit simulierter Höhe (120 cm) durch. Anhand von Kriterien (bewertet mit 0-3 Punkten) angelehnt an die Bewertung turnerischer Bewegungen, wurde die Leistung quantifiziert. Die statistische Auswertung erfolgte mittels *t*-Tests, wobei die Summenscores zwischen VU und RU verglichen wurden.

Ergebnisse

Beim Test zur OF zeigt die ANOVA keine signifikanten Effekte ($p > .05$). Beim Balancieren auf dem Schwebebalken zeigen sich für das Vorwärtsbalancieren ($t(31) = 5.234$, $p < .001$, $d = 0.93$ großer Effekt) und Rückwärtsbalancieren ($t(32) = 3.447$, $p = .002$, $d = 0.60$ moderater Effekt) eine bessere Bewegungsausführung in RU.

Diskussion

Während sich die OF nicht signifikant zwischen VU und RU unterschied, zeigte die Betrachtung des Balancierens auf dem Schwebebalken eine bessere Bewegungsausführung in RU. Bei der OF ist eher die Distanzeinschätzung entscheidend, welche sich bei kleinen Distanzen (< 2.8 m) nicht zwischen VU und RU unterschied (Pastel et al., 2020). Dies könnte ein Grund sein, weshalb hier keine Unterschiede zwischen den Umgebungen auftraten. Studien zeigten bereits, dass die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit, auf der das Balancieren auf dem Schwebebalken beruht, in VU schlechter ist als in RU. Gründe dafür könnten z. B. Latenzen sein (Robert et al., 2016). Zudem kann die Verschiebung des Körperschwerpunkts durch das Gewicht des Head-Mounted Displays das Gleichgewicht negativ beeinflussen, was schwächere Leistungen in VU zur Folge haben könnte.

Bei der Untersuchung motorischer Fertigkeiten in VU sollte überprüft werden, ob sich die den motorischen Fertigkeiten zugrunde liegenden Fähigkeiten zwischen VU und RU unterscheiden. Besonders bei Fertigkeiten, die auf der Gleichgewichtsfähigkeit beruhen oder die schnelle Verarbeitung visueller Reize erfordern, sind Unterschiede zwischen VU und RU zu erwarten.

Literatur

- Pantelidis, V. S. (2009). Reasons to Use Virtual Reality in Education and Training Courses and a Model to Determine When to Use Virtual Reality. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1-2), 59–70.
- Pastel, S., Chen, C. H., Bürger, D., Naujoks, M., Martin, L. F., Petri, K., & Witte, K. (2020). Spatial orientation in virtual environment compared to real-world. *Journal of motor behavior*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/00222895.2020.1843390>
- Robert, M. T., Ballaz, L., & Lemay, M. (2016). The effect of viewing a virtual environment through a head-mounted display on balance. *Gait & posture*, 48, 261–266. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.06.010>

„Please stand as still as possible“ – The influence of instructions on motor control outcomes during balance assessments

Steven van Andel, Janice Habig & Linus Maisch

Department of Sport Science, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria

E-Mail: Steven.van-Andel@uibk.ac.at

Keywords: instruction, focus, posture, movement control

Introduction

It is common practice in postural control research to provide participants with instructions to ensure accurate recordings. Advantages of such instructions are the control of excess postural variability, other body movements (e.g. scratching) and to ensure a standardized focus of attention. However as downsides, the task becomes less natural, it shifts the focus of attention internally and control becomes more conscious (Bonnet, 2016). This study aims to assess to what extent the motor control system is influenced by these instructions. This aim is investigated on three levels: Center of Pressure (COP) fluctuation, timing of COP control strategy and EEG-based biomarkers for sensorimotor cortex (SMC) activation.

Methods

Fourteen participants took part in the study, however for the EEG analysis only 9 datasets were analyzed due to technical issues. The study received ethical clearance and all participants signed informed consent.

Participants were asked to stand on a force platform for 1 minute in different conditions. The analysis aimed to assess differences between regular stance during and outside an experiment. As an a-priori measure, participants were instructed ‘this trial is for checking the synchronization between the force plate and EEG system, just stand in a relaxed posture’. This resulted in a ‘regular’ bipedal stance, although specific foot position was not controlled. Second, participants stood in bipedal stance (feet shoulder width apart) and received the instruction either to ‘stand relaxed’ or to ‘minimize any postural movement’ (order randomized). COP fluctuation was investigated using standard deviation of the COP around the mean position. Timing of COP control strategy was investigated using Sway Density Curves (SDC) of COP trajectories, using the method of Jacono et al. (2015). EEG is used to assess biomarkers for SMC activation, in terms of the power of the sensorimotor rhythm (SMR) recorded in the 12 to 15 Hz bandwidth.

Differences between conditions were assessed using a rm-anova or Friedman test with three levels (a-priori, relaxed, focused), with alpha at 0.05.

Results

COP sway. Friedman testing revealed no difference in Anterior-Posterior (AP) COP standard deviation ($p = 0.319$; $W = 0.08$ [small effect size]). Significance was found in the mediolateral (ML) direction ($p < 0.001$; $W = 0.67$ [large effect size]), indicating highest variability in the a-priori measure, followed by the relaxed condition and finally the focused condition (Fig. 1, left).

SDC-time. A significant effect of condition was established using a rm-anova ($p=0.017$; $\eta^2_p = 0.33$ [large effect size]). Pairwise comparisons showed that the 'relaxed' condition led to greatest values of SDC-time, with no difference between the other two conditions (Fig. 1, middle).

SMC activity. Using a Friedman test revealed no changes in SMR for the left (C3) SMC electrode. Significance was established ($p = 0.021$ $W = 0.43$ [medium effect size]) for the Right (C4) electrode, indicating a higher SMR for the a-priori condition (Fig. 1, right).

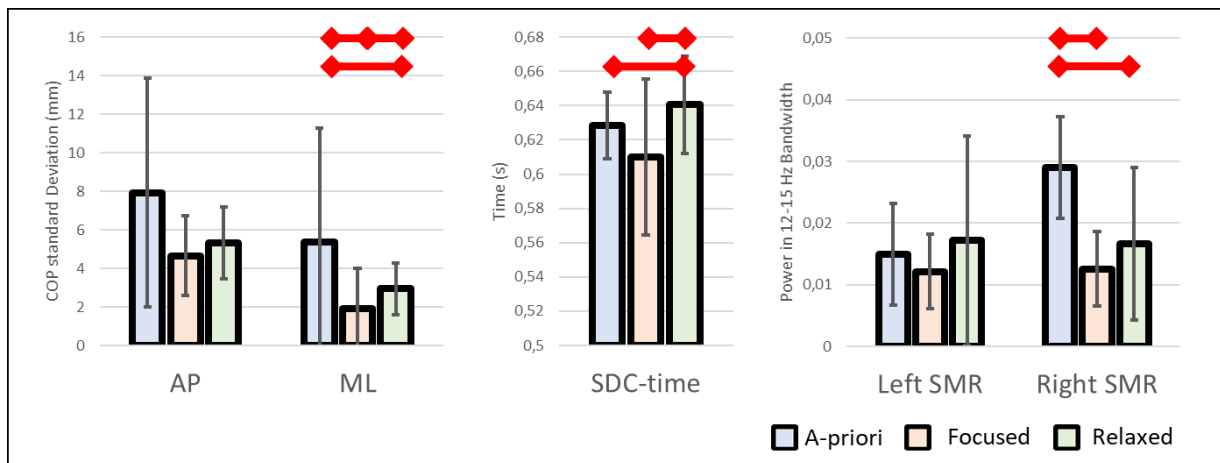


Fig. 1. Comparisons between A-priori, Focused and Relaxed conditions

Discussion

The a-priori bipedal stance condition resulted in an increase in ML sway and increased SMR. SMR activity is said to be negatively associated with SMC activity (Cheng et al., 2015). It seems plausible that when one consciously partakes in a balance experiment, the SMC is activated more and sway is reduced by default. Difference in focus instructions affected ML sway and the frequency of neuromuscular control (SDC-time), with less sway and more frequent control signals in the focus condition in bipedal stance. These results illustrate not only that focus of attention might influence static balance outcomes and the associated motor control, but that the knowledge of being recorded might already influence motor control outcomes.

References

- Bonnet, C. T. (2016). Advantages and disadvantages of stiffness instructions when studying postural control. *Gait & Posture*, 100(46), 208-210.
- Cheng, M. Y., Hung, C. L., Huang, C. J., Chang, Y. K., Lo, L. C., Shen, C., & Hung, T. M. (2015). Expert-novice differences in SMR activity during dart throwing. *Biological psychology*, 110, 212-218.
- Jacono, M., Casadio, M., Morasso, P. G., & Sanguineti, V. (2004). The sway-density curve and the underlying postural stabilization process. *Motor control*, 8(3), 292-311.

The influence of different sensory manipulations on boundary-margins of perceived postural instabilities

Benjamin Reimeir, Steven van Andel & Peter Federolf

Department of Sport Science, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria

E-Mail: benjamin.reimeir@uibk.ac.at

Keywords: postural control, instability, boundary margin

Introduction

Postural stability is defined by a person's ability to keep the body's Center of Mass above the base of support. When the Center of Mass approaches the stability boundary, characterized by a low 'Time-to-Boundary' (TtB) and 'Distance-to-Boundary' (DtB), the postural system needs to intervene to maintain stability (Van Emmerik & Van Wegen, 2002). If the control system perceives its state as well-controlled (*stable*) its interventions will agree with given instructions; if the state is perceived as *instable*, involuntary movement strategies can be triggered prioritizing the superordinated objective of biomechanical stability over given instructions (e.g. a hip strategy despite an instruction to maintain a straight body) (Horak & Kuo, 2000). A change in external conditions can initiate a re-weighing of the multiple sensory inputs (visual, vestibular, proprioceptive) to increase gain on reliable information to assess the postural state (Mahboobin et al., 2009). We manipulated sensory information (eyes open/closed EO/EC; firm standing surface/soft surface FS/SS) and hypothesized that the perception of instability occurs at different DtBs and TtBs.

Methods

Kinetics and postural movements of 20 volunteers (10 female) were captured using a force plate and a 3D motion capture system while performing 30-second trials of forward-leaning in different conditions. Participants were instructed to maintain a straight body and keep their hands on the hips, while leaning forward from the ankles as far as possible. TtB and DtB were calculated from Center of Pressure (CoP) trajectories and CoP speed (vCoP) was determined. Events at TtB-minima were evaluated based on the subsequent control movements (*stable/instable*). A mixed-factor ANOVA was conducted to determine effects of surface condition (FS/SS), sensory manipulation (EO/EC) and perceived stability (*stable/instable*) in the variables DtB, TtB and vCoP.

Results

Events perceived as instables showed significantly lower DtB by 14.5 mm ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.701$) and TtB by 0.206 s ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.616$) compared to events perceived as stable (mean DtB: 54.2 ± 10.1 mm, TtB: 0.861 ± 0.218 s). Standing on the SS increased DtB on average by 10.0 mm ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.624$) and TtB by 0.131 s ($p = 0.005$, $\eta^2 = 0.366$).

A significant effect was found for DtB ($p = 0.015$, $\eta^2 = 0.209$) and TtB ($p = 0.031$, $\eta^2 = 0.175$) showing that EC led to higher spatial margins by 3.6 mm on average, but a lowered TtB by 0.078 s due to an increase in vCoP by 18.6 mm/s ($p < 0.001$, $\eta^2 = 0.664$).

Two significant interaction effects were found. For EC condition, a bigger gap in DtB between stable and instable events was found than during EO ($p = 0.007$, $\eta^2 = 0.240$). The SS condition pronounced the decrease in DtB ($p = 0.016$, $\eta^2 = 0.284$) and TtB ($p = 0.008$, $\eta^2 = 0.333$) between stable and instable events compared to FS.

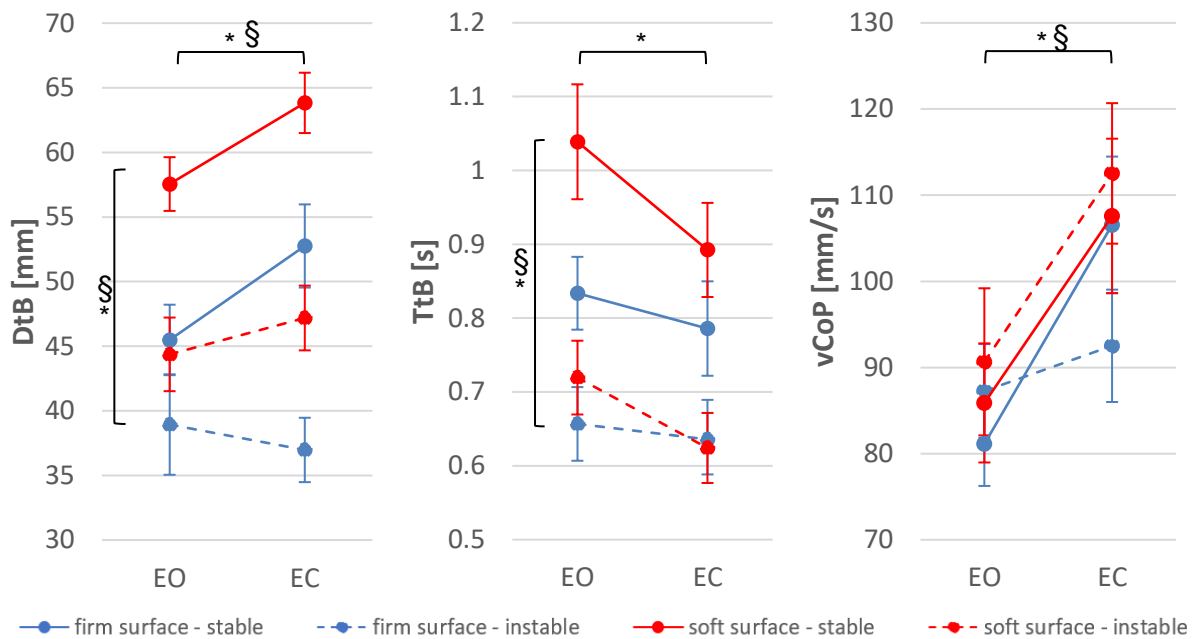


Fig. 1. Influence of sensory manipulation and surface condition on DtB, TtB and vCoP of stable and instable events. Data is presented as mean \pm SE. Significant main effects are marked with a *. Significant interaction effects with stability classification are marked with a §. $p < 0.05$. $n=20$

Discussion

Our findings support the hypothesis that sensory manipulation has an influence on the boundary-margin and the perception of instability. Manipulation of visual input led to an increase in CoP velocity, which might be a beneficial adaptation to increase exploration and detect stability boundaries more precisely (Van Emmerik & Van Wegen, 2002). However, when standing on a soft surface a different adaptation mechanism is needed (Horak & Kuo, 2000). We assume, that a shift to other sensory inputs away from proprioceptive information occurs (Mahboobin et al., 2009), which might explain our findings of higher margins with no significant change in CoP speed. A healthy postural control system is able to quickly compensate for missing or manipulated information by utilizing other sensory channels, however, our results suggest that such sensory re-weighting affects the perception of postural stability.

References

- Horak, F., & Kuo, A. (2000). Postural adaptation for altered environments, tasks, and intentions. In *Biomechanics and neural control of posture and movement* (pp. 267-281). Springer, New York, NY.
- Van Emmerik, R. E., & Van Wegen, E. E. (2002). On the functional aspects of variability in postural control. *Exercise and sport sciences reviews*, 30(4), 177-183.
- Mahboobin, A., Loughlin, P., Atkeson, C., & Redfern, M. (2009). A mechanism for sensory re-weighting in postural control. *Medical & biological engineering & computing*, 47(9), 921-929.

Inferring body movement features from tape kinematics

Heinz Hegi & Ralf Kredel

Institute of Sport Science, University of Bern, Bern, Switzerland

E-Mail: heinz.hegi@unibe.ch

Keywords: motor control and learning, coordination training, Sensopro, kinematics, feedback

Introduction

The Sensopro Luna (see fig.) is a stationary multifunctional training and rehabilitation device with the primary focus on coordination training. On the Sensopro Luna, a user can perform various exercises while standing on flexible tapes suspended by springs, which present a movable base of support. Such exercises not only address coordination training needs in sports, but also improve stability parameters in other populations, which, e.g., makes them a feasible tool for quality of life improvement of older adults (Dunsky, 2019). Our goal in this project, funded by Innosuisse, is to add sensor-based offline and online feedback to improve the training experience and to enable the user to track progress over time. The feedback system should be economically viable and should not require special user interaction. We therefore aim to infer functionally relevant body movement features only from tape-mounted sensors. Classical approaches from wearable sensors on hard ground do not translate well in this setting due to dampening effects from the suspension, which has comparable properties to a slackline or a trampoline. As a first step, we intend to determine which exercise-relevant movement features are detectable in the full tape kinematics and which features have no or only limited detectability. Additionally, we want to ascertain what subset of tape kinematics is best suited for detecting specific features. Features of interest are, e.g., the number of movement cycles or the stability of the center of mass. Using these findings, we can, in a later step, focus on a set of algorithmically identifiable movement features and a corresponding optimal sensor-setup providing the required accuracy for the needed feedback.



Methods

We selected eight exercises from the Video-Kit, Sensopro's touchscreen-based video training system: step, sprint, bouncing, waves, lunges, squats, one-leg-stand, and sideways balancing. The selection focused on a representative set of exercises that can be generalized to similar exercises (e.g., a simple stepping movement that is present in other slow, cyclic exercises). In collaboration with Sensopro's physiotherapists, we identified and operationalised the quality and performance criteria for each of the exercises by applying functional motion analyses (Hossner, E.-J., Schiebl, F., & Göhner, U., 2015).

We then performed a cross-sectional study with 64 sport science students (19-24 y., 50% ♀). Each participant had to perform 40 trials containing each selected exercise 5 times in total (1x 30s during warm-up and then 4x 45s). To capture fatigue effects on movement patterns, we split the 64 participants in 8 groups in a balanced study design that allows us to quantify the

effect of previous exercises on the current performance. Effects of physical exertion were largely avoided by adding variable-length breaks between blocks.

We recorded kinematics of the two tapes and the participant using a Vicon system (10x T20s, 500 Hz). We attached 11 markers to each tape and modelled the tape by three linked segments: One small segment in the center, right below the foot when standing in a neutral position; one bigger segment 30 cm in front of the mid-segment, and another one 30 cm behind the mid-segment, capturing the tape inclination in the front and back respectively. For the participant, we used Vicon's standard, but individually pre-scaled and dynamically calibrated, plug-in gait model. To validate the scoring algorithms, we recorded videos for expert-scoring of the execution quality. We also attached multiple synchronized inertial measurement units (Sensormastros SFM2) to the tapes.

Results

The functional motion analyses identified modalities categorizable into temporal and spatial parameters of movement symmetry, precision, and rhythm. Some of them, like frequency-based balance measures for the one-leg stand, can be directly inferred from raw acceleration data and need not be further investigated.

First analyses based on the measurements of 8 subjects show that for exercises with dynamic tape-movement in the vertical z-axis (step, sprint, bouncing, waves), the mid-segment position is a good indicator of the foot-position, with a median Pearson-correlation of 0.985 and 0.987 for the left and right foot respectively. This is not surprising since the feet are positioned directly on the mid-segment. The y-component of the centre of mass as computed by Vicon, which is of interest in all exercises except the one-leg stand, has a median correlation of 0.822 with the difference between left and right tape height in the mid-segment. For squats and lunges, the z-component of the centre of mass would be of interest for cycle detection, but there is only a small correlation with the average between left and right tape height (0.524 for squats, 0.536 for lunges). However, there are traces of these cycles in the short-time Fourier transform of the tape roll and the vertical tape position.

Discussion

While some relevant parameters, e.g., positions of upper extremities, remain difficult to detect in tape kinematics, others, such as parameters of a stepping exercise, can be easily reconstructed when complete tape kinematics are given. Acceleration threshold-based step detectors, as applied in wearables, fail due to missing quiet stance phases. Reliable cycle detection for exercises with stable foot positioning is a difficult problem that requires more investigation. Currently, we develop traditional algorithms for the basic performance measures before incorporating machine learning methods to identify and associate functionally relevant tape movement features to expert ratings.

References

- Dunsky, A. (2019). The effect of balance and coordination exercises on quality of life in older adults: A mini-review. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11:318. [10.3389/fnagi.2019.00318](https://doi.org/10.3389/fnagi.2019.00318)
- Hossner, E.-J., Schiebl, F., & Göhner, U. (2015). A functional approach to movement analysis and error identification in sports and physical education. *Frontiers in Psychology*, 6:1339. [10.3389/fpsyg.2015.01339](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01339)

Session 1C: Prävention und Rehabilitation

Video-Feedback-Training zur Verletzungsprävention

Sarah Schulte, Jessica Heil & Dirk Büsch

Bewegungsgeschmeidigkeit von PNP-Patienten während einer Ganzkörperbewegungsanalyse des Gehens

Isabelle D. Walz, Sarah Waibel, Vittorio Lippi, Albert Gollhofer & Christoph Maurer

Split-Belt-Laufbandtherapie zur Verbesserung von Gangstörungen bei Morbus Parkinson

Jana Seuthe, Femke Hulzinga, Nicholas D'Cruz, Pieter Ginis, Alice Nieuwboer & Christian Schlenstedt

Einfluss eines musikbasierten Übungsprogramms auf die Gangstabilität von Menschen mit Demenz

Alexander Prinz, Anneke Schumacher & Kerstin Witte

Video-Feedback-Training zur Verletzungsprävention

Sarah Schulte, Jessica Heil & Dirk Büsch

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg, Deutschland

E-Mail: sarah.schulte1@uni-oldenburg.de

Schlüsselwörter: Knie-Valgus, sportmotorisches Lernen, exploratorische Studie

Einleitung

Während bestehende effektive Präventionsprogramme eher auf die Verbesserung allgemeiner konditioneller und koordinativer Einflussgrößen ausgerichtet sind, fokussiert ein Video-Feedback-Training die Korrektur individueller Defizite in der sportlichen Technik, um ein potenzielles Verletzungsrisiko zu reduzieren (Gokeler et al., 2018). Unter der Annahme, dass ein dynamischer Knie-Valgus im Sport während einbeiniger Landungen einen relevanten Verletzungsmechanismus darstellen kann (Krosshaug et al., 2007), soll die kurz- bis mittelfristige Wirksamkeit eines Video-Feedback-Trainings bezüglich einer Verbesserung des Kniewinkels in Richtung einer neutralen Kniestellung (0°) bei einbeinigen Landungen evaluiert werden.

Methode

Im Rahmen einer exploratorischen Laborstudie wurden 10 sportlich aktive Personen (Alter: 25 ± 5 Jahre) getestet, die in Anlehnung an den LESS-Test (Padua et al., 2009) einbeinige Drop-Jumps (SDJ) in einem Prätest (3 SDJ pro Bein), während der Aneignungsphase mit Video-Feedback (4 x 4 SDJ pro Bein) und einem Retentionstest zwei Wochen (3 SDJ pro Bein) und sechs Wochen (3 SDJ pro Bein) nach der Aneignungsphase ohne Video-Feedback ausführten. Das Video-Feedback wurde in der Aneignungsphase bei jedem zweiten Sprung und auf Nachfrage selbstbestimmt über ein Expertenmodell mit neutraler Kniestellung im Overlay-Modus aus der Frontalperspektive gegeben. Innerhalb des Video-Feedbacks wurde die Bewegung der Proband:innen und die von einer Expertin bzw. einem Experten ausgeführte Bewegung simultan und synchronisiert übereinandergelegt. Somit konnten die Proband:innen die Diskrepanz zwischen Ist- und Soll-Bewegung visuell wahrnehmen, um eigenständig Lösungen für eine Diskrepanzreduktion zu finden. Die über den Kniewinkel während des initialen Bodenkontakts und der maximalen Kniebeugung operationalisierte Landebewegung wurde videografisch aufgezeichnet und mit einem MatLab-Skript auf der Grundlage der Methode von Munro et al. (2012) ausgewertet.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen eine bedeutsame Verringerung des Kniewinkels für das Sprungbein (SB) bei einbeinigen Landungen in der Aneignungsphase ($F_{1,9} = 10.43$, $p = .01$, $\eta^2_p = .54$, 95% CI [.04, .74]), jedoch keine statistisch bedeutsame Verringerung für das Nicht-Sprungbein (NSB, $F_{1,9} = 4.07$, $p = .08$, $\eta^2_p = .31$, $1-\beta = .44$). Im Retentionstest nach sechs

Wochen nähert sich der Kniewinkel beidseitig dem Ausgangsniveau im Prätest wieder an (siehe Abb. 1).

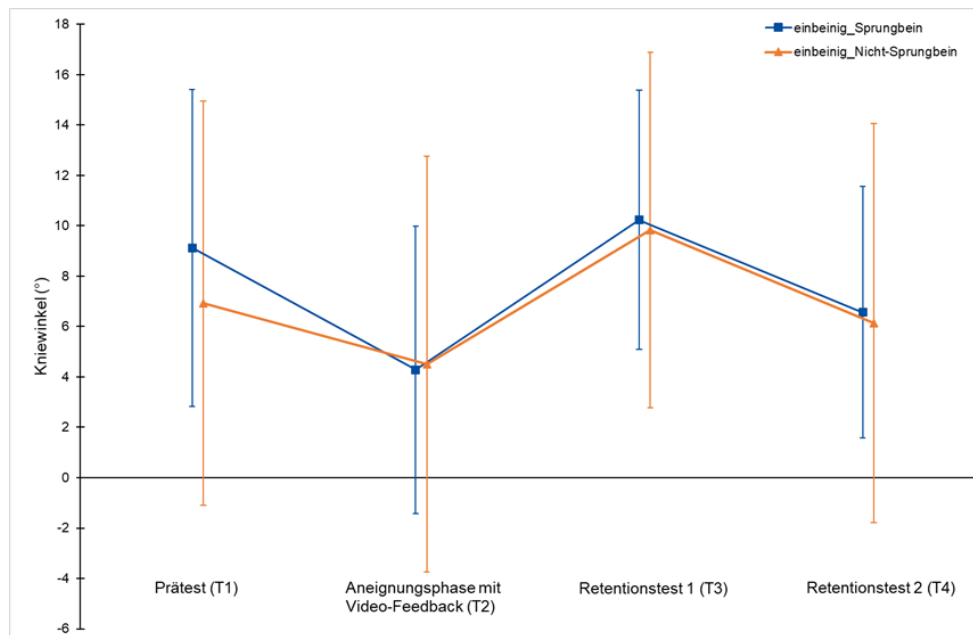


Abb. 1. Mittelwerte und Standardabweichungen des Kniewinkels (°) von Sprung- und Nicht-Sprungbein während einbeiniger Landungen im Prätest (T1), in der Aneignungsphase mit Video-Feedback (T2) sowie im ersten und zweiten Retentionstest (T3, T4) zwei und sechs Wochen nach der Aneignungsphase.

Diskussion

Das einmalige Video-Feedback-Training führte kurzfristig zu einer Reduktion des Kniewinkels in Richtung einer neutralen Kniestellung, wobei die Verringerung im Sprungbein bedeutsam ausfiel, jedoch im Nicht-Sprungbein nur deskriptiv bestätigt werden konnte. Ein Video-Feedback-Training bietet sich somit lege artis als ein einfach durchzuführendes, alternatives Verletzungspräventionsprogramm an. Stabile Veränderungen des Kniewinkels und damit eine potenziell längerfristige Reduktion eines Verletzungsrisikos des vorderen Kreuzbands lassen eine mehrfache und/oder regelmäßige Durchführung eines Video-Feedback-Trainings sinnvoll erscheinen, die in weiteren Studien systematisch zu prüfen sein wird. Für den Wirksamkeitsnachweis eines Video-Feedback-Trainings sollten zukünftige Studien mit einer a priori durchgeführten Teststärkenanalyse sicherstellen, dass sowohl Gruppen- als auch individuelle Veränderungen zuverlässig und valide evaluiert werden können.

Literatur

- Gokeler, A., Seil, R., Kerkhoffs, G., & Verhagen, E. (2018). A novel approach to enhance ACL injury prevention programs. *Journal of experimental orthopaedics*, 5(1), 22.
- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J. R., Hewett, T. E., & Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: Video analysis of 39 cases. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 359-367.
- Munro, A., Herrington, L., & Carolan, M. (2012). Reliability of 2-dimensional video assessment of frontal-plane dynamic knee valgus during common athletic screening tasks. *Journal of Sport Rehabilitation*, 21(1), 7-11.

Padua, D. A., Marshall, S. W., Boling, M. C., Thigpen, C. A., Garrett, W. E., & Beutler, A. I. (2009). The Landing Error Scoring System (LESS) Is a Valid and Reliable Clinical Assessment Tool of Jump-Landing Biomechanics: The JUMP-ACL Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(10), 1996-2002.

Bewegungsgeschmeidigkeit von PNP-Patienten während einer Ganzkörperbewegungsanalyse des Gehens

Isabelle D. Walz¹, Sarah Waibel¹, Vittorio Lippi^{1,2}, Albert Gollhofer³ & Christoph Maurer¹

¹Klinik für Neurologie und Neurophysiologie, Universitätsklinikum Freiburg, Medizinische Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

²Institut für Digitalisierung in der Medizin, Universitätsklinikum Freiburg, Medizinische Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

³Institut für Sport und Sportwissenschaft, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg, Deutschland

E-Mail: isabelle.walz@uniklinik-freiburg.de

Schlüsselwörter: Motion Capture, Smoothness, Dual Tasking

Einleitung

Geschmeidige Bewegungen gelten als energieeffizientes Ergebnis gut koordinierter neuromuskulärer Interaktion (Wong et al., 2021), dagegen kann eine Reduktion der Bewegungsgeschmeidigkeit (Smoothness) auf sensomotorische Störungen hindeuten (Figueiredo et al., 2020). Während herkömmliche Bewegungsanalysen vorrangig zeitliche und räumliche Parameter wie Amplitude und Dauer quantifizieren, erlauben neue Smoothness-Maße Rückschlüsse auf die Bewegungsqualität unabhängig von Amplitude oder Geschwindigkeit (Figueiredo et al., 2020) und liefern damit möglicherweise neue Erkenntnisse zur Bewegungskontrolle.

Das Ziel dieser Querschnittsstudie ist es, die Smoothness von Patienten mit sensomotorischem Defizit (Polyneuropathie, PNP) zu untersuchen.

Methode

Wir analysierten die Ganzkörperbewegungen von 20 PNP-Patienten und einer gematchten gesunden Kontrollgruppe (KG, n=20) mittels eines markerlosen Bewegungsanalyse-Systems (The Captury GmbH, Saarbrücken, D) während einer Gehsequenz von ca. 6m unter den Bedingungen selbstgewählte Geschwindigkeit (normales Gehen, NG) und zusätzlich Rückwärtszählen (Dual-Tasking, DT). Basierend auf Positionsdaten wurden von 11 Segmenten (linker/rechter Knöchel, Knie, Hüfte, Schulter, Ellbogen, Massenmittelpunkt (center of mass, COM)) die Parameter spektrale Bogenlänge (spectral arc length, SPARC) und log dimensionsloser Ruck (log dimensionless jerk, LDLJ) zur Beurteilung der Smoothness berechnet (Balasubramanian et al. 2012). Die Bedingungen (NG vs. DT) wurden mittels Wilcoxon-Test verglichen. Zudem wurde eine Hauptkomponentenanalyse (Principle Component Analysis, PCA) unter Einbeziehung aller Segmente für beide Gruppen durchgeführt, um mögliche Bewegungsmuster zu identifizieren.

Ergebnisse

Es zeigten sich in beiden Gruppen signifikante Smoothness-Unterschiede im Vergleich NG zu DT: hinsichtlich LDLJ wiesen alle 11 Segmente ($p < .028$), und hinsichtlich SPARC 6 von 11 Segmente ($p < .048$) eine geringere Smoothness im DT auf. Die PCA für LDLJ ergab für NG und DT eine starke Korrelation aller Gelenke zueinander und 2 Hauptkomponenten (PC) erklärten 85 % der Varianz: Die rotierten Faktoren schließen jeweils oberen Segmente bzw.

Knöchel ein. Für SPARC findet sich im NG für beide Gruppen ein ähnliches Muster: die oberen Segmente bilden den 1. Faktor, die unteren Faktor 2 und 3. Im DT verändert sich sowohl die Anzahl der PCs als auch die Zusammensetzung im Vergleich zu NG und zwischen den Gruppen (Tab. 1).

Tab. 1. PCA Ergebnisse für SPARC

Bedingung	Gruppe	PC 1	PC 2	PC 3	Statistik
NG	PNP	29% Ellenbogen, Schultern, COM	25% COM, Hüfte, Knöchel	17% Knie	KMO .547 Chi 253.5 $p < .001$
	KG	30% Ellenbogen, Schultern, COM	28% COM, Hüfte, Knie	15% Knöchel	KMO .698 Chi 270.2 $p < .001$
DT	PNP	29% Ellenbogen, COM, Hüften, linker Knöchel	22% Schultern, rechter Knöchel	17% Ellenbogen, Knie	KMO .541 Chi 231.7 $p < .001$
	KG	52% Ellenbogen, Schultern, COM, Hüften, Knie	14% Knöchel		KMO .635 Chi 341.4 $p < .001$

Diskussion

Während die Assoziation von Ganginstabilität und spatiotemporalen Parametern bei PNP gut untersucht ist, gilt dies nicht für Bewegungs-Smoothness. Unsere Analyse zeigt, dass Instruktionen (NG vs. DT) einen Einfluss auf die Smoothness aller Gelenke haben. Dabei erfassen die Parameter SPARC und LDLJ unterschiedliche Smoothness-Dimensionen. LDLJ erfasst die veränderte Smoothness von NG zu DT. Die PCA von SPARC deckt unterschiedliche segmentale Bewegungsmuster auf: PNP und KG zeigen eine Musterveränderung von NG zu DT. Dabei behält die KG aber prinzipiell ein Muster entlang der Körperachse bei, während die PNP-Gruppe von diesem Muster abwich.

Wir schlussfolgern, dass eine Ganzkörper-Smoothness-Analyse neue Aspekte der motorischen Defizite bei (PNP) Patienten aufzeigt und den Weg für neuartige Interventionen ebnet.

Literatur

Balasubramanian, S., Melendez-Calderon, A., & Burdet, E. (2012). A Robust and Sensitive Metric for Quantifying Movement Smoothness. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 59(8), 2126–2136.

- Figueiredo, A. I., Balbinot, G., Brauner, F. O., Schiavo, A., Baptista, R. R., Pagnussat, A. S., Hollands, K., & Mestriner, R. G. (2020). SPARC metrics provide mobility smoothness assessment in oldest-old with and without a history of falls: a case control study. *Frontiers in Physiology*, 11.
- Wong, J. D., Cluff, T., & Kuo, A. D. (2021). The energetic basis for smooth human arm movements. *eLife*, 10, 1–18.

Split-Belt-Laufbandtherapie zur Verbesserung von Gangstörungen bei Morbus Parkinson

Jana Seuthe^{1,2}, Femke Hulzinga³, Nicholas D'Cruz³, Pieter Ginis³, Alice Nieuwboer³ & Christian Schlenstedt^{1,2}

¹MSH Medical School Hamburg, Hamburg, Deutschland

²Christian-Albrechts Universität Kiel, Kiel, Deutschland

³Katholiek Universiteit Leuven, Leuven, Belgien

E-Mail: jana.seuthe@medicalschooll-hamburg.de

Keywords: Split-Belt-Laufbandtraining, Morbus Parkinson, Rehabilitation

Einleitung

Morbus Parkinson (MP) ist eine neurodegenerative Erkrankung, welche bei Betroffenen unter anderem mit Gangstörungen einhergeht. Nicht-medikamentöse Therapieformen wie Sport und Bewegung gewinnen zunehmend an Wichtigkeit in der Rehabilitation von MP. Die besondere Form des Split-Belt-Laufband (*split-belt treadmill*=SBT) Trainings, bei dem die Bandseiten mit unterschiedlicher Geschwindigkeit gesteuert werden können, bietet die Möglichkeit asymmetrische Gangbedingungen zu erzeugen und fordert die Ganganpassungsfähigkeit. Diese Trainingsform eignet sich besonders, da Personen mit MP Defizite bezüglich ihrer motorischen Anpassungsfähigkeit aufweisen. Studien, welche eine einzelne Einheit auf dem SBT bei Personen mit MP untersucht haben, zeigten kurzfristige Effekte auf Gang und Drehbewegungen sowie die sichere Durchführbarkeit (D'Cruz, 2020 & Seuthe, 2020). Ziel dieser Studie war die Untersuchung der Effekte eines 4-wöchigen SBT Trainings auf das Gangbild bei Personen mit MP im Vergleich zu traditionellem Laufbandtraining (*tied-belt treadmill*=TBT).

Methode

Für diese randomisiert-kontrollierte Multicenterstudie (CAU Kiel, Deutschland & KU Leuven, Belgien) trainierten die Teilnehmenden für 4 Wochen (3x die Woche für 30-45 min) in einer der zwei Trainingsgruppen (SBT oder TBT). Eine Woche vor Beginn des Trainings (*Pre*), sowie eine Woche (*Post*) und sechs Wochen nach Abschluss des Trainings (*Follow-up*) wurden ein Ganganpassungstest auf dem SBT sowie 360-Grad Drehungen auf der Stelle (1 min), jeweils mit (*dual task*=DT) und ohne kognitive Zusatzaufgabe (*single task*=ST), durchgeführt. Dies erfolgte für den Ganganpassungstest mittels Motion Capture zur Berechnung der Schrittlängenasymmetrie und für die 360-Drehungen mit Akzelerometern zur Berechnung von Drehgeschwindigkeit (inkl. Variabilität) und Anzahl der Drehungen. Außerdem wurde der Schweregrad der motorischen Symptome klinisch untersucht (MDS-UPDRS III – Movement Disorder Society – Unified Parkinson's Disease Rating Scale Part III). Zur Berechnung von Interaktionseffekten zwischen den Zeitpunkten und den Trainingsgruppen wurden gemischt-lineare Modelle inklusive post-hoc Tests gerechnet.

Ergebnisse

Es wurden 52 Personen mit MP in der Studie eingeschlossen. Das Gehen auf dem SBT zeigte deutliche Interaktionseffekte für die Gangasymmetrie während des Ganganpassungstests,

sowohl insgesamt ($p=0.016$ (ST)) sowie insbesondere in der späten Phase des Tests ($p=0.003$ (ST), $p=0.009$ (DT)). Die post-hoc Tests bestätigten, dass ausschließlich die SBT Gruppe ihre Schrittlängenasymmetrie zu *Post* und *Follow-up* reduzieren konnte. Die Outcomes der 360-Grad Drehungen zeigten lediglich für die Anzahl der Drehungen, welche sich insgesamt erhöht hat, einen signifikanten Zeiteffekt ($p=0.042$ (ST), $p=0.043$ (DT)) jedoch keine signifikanten Interaktionseffekte. Des Weiteren konnte ein signifikanter Zeiteffekt für den MDS-UPDRS-III festgestellt werden ($p=0.002$), welcher in der Gesamtstichprobe reduziert wurde.

Diskussion

Dies ist die erste Studie, welche die Effekte einer SBT-Trainingsintervention bei Personen mit MP untersucht hat. Bezüglich des Einflusses auf die Ganganpassungsfähigkeit ist SBT Training normalem Laufbandtraining deutlich überlegen und die Effekte hielten auch nach der *Follow-up* Periode an. Der Transfer auf Drehbewegungen auf festem Untergrund konnte in dieser Untersuchung nicht gezeigt werden. Dies ist möglicherweise durch die gewählte Aufgabe zu erklären, die sich zu sehr von der Trainingsform unterschieden haben könnte. Jedoch zeigte die Gesamtstichprobe eine klinisch relevante Reduzierung ihrer motorischen Symptome, direkt nach dem Training, welche in der SBT Gruppe etwas größer ausfiel. SBT Training zeigt großes Potenzial zur Verbesserung der Ganganpassungsfähigkeit. Zukünftig müssen die Transfereffekte zu anderen motorischen Aufgaben genauer untersucht werden, zum Beispiel durch Bewegungsanalysen im häuslichen Umfeld.

Literatur

- D'Cruz, N., Seuthe, J., Ginis, P., Hulzinga, F., Schlenstedt, C., & Nieuwboer, A. (2020). Short-Term Effects of Single-Session Split-Belt Treadmill Training on Dual-Task Performance in Parkinson's Disease and Healthy Elderly. *Frontiers in neurology*, 1097.
- Seuthe, J., D'Cruz, N., Ginis, P., Becktepe, J. S., Weisser, B., Nieuwboer, A., & Schlenstedt, C. (2020). The effect of one session split-belt treadmill training on gait adaptation in people with Parkinson's disease and freezing of gait. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 34(10), 954-963.

Einfluss eines musikbasierten Übungsprogramms auf die Gangstabilität von Menschen mit Demenz

Alexander Prinz, Anneke Schumacher & Kerstin Witte

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg, Deutschland

E-Mail: alexander.prinz@ovgu.de

Schlüsselwörter: Demenz, Gang, Musik, Bewegungsprogramm

Einleitung

Ein sicheres Gangbild ist im hohen Alter eine der wichtigsten Grundlagen für ein selbstständiges Leben. Durch eine Demenz wird das Gangbild stark beeinflusst. Menschen mit Demenz (MmD) haben ein rund 20-mal höheres Sturzrisiko als gesunde Gleichaltrige (Steinort, 2022). Um dem erhöhten Sturzrisiko und dessen Folgen entgegen zu wirken, wurden verschiedene nicht-pharmakologische Interventionen untersucht (Allali & Verghese, 2017). Die Studien zeigen vielversprechende, aber auch widersprüchliche Ergebnisse (Lam et al., 2018). Es stellt sich dabei heraus, dass besonders multidimensionale Bewegungsprogramme kombiniert mit Musik einen positiven Einfluss auf die motorischen Fähigkeiten, insbesondere das Gehen, haben könnten. Deshalb war das Ziel dieser Studie die Effekte eines musikbasierten multidimensionalen Bewegungsprogrammes auf ausgewählte Gangparameter bei MmD zu untersuchen.

Methode

Das Studiendesign beinhaltete eine 24-wöchigen musikbasierten Bewegungsintervention (2x wöchentlich, je 60min) mit drei Messzeitpunkten (Prä-/Zwischen-/Posttest). 45 MmD aus stationären Einrichtungen nahmen an der Studie teil und wurden randomisiert der Interventionsgruppe (IG) (n=31; Alter: $83,97 \pm 5,96$ Jahre) und einer inaktiven Kontrollgruppe (KG) (n=14; Alter: $82,82 \pm 6,23$ Jahre) zugewiesen. Die IG wurde größer gewählt, da eine höhere Drop-out Rate in dieser Gruppe erwartet wurde. Zur Erhebung des Gangbildes wurde eine mobile Ganganalyse mithilfe von Shimmer-Sensoren durchgeführt. Die Sensoren wurden jeweils rechts/links oberhalb der Sprunggelenke, am Beckenkamm und am 7. Halswirbel angebracht. Um eine bestimmte Anzahl an Schritten für die Analyse zur Verfügung zu haben, mussten die Teilnehmer 10-mal eine Strecke von 10m gehen (mindestens 10 Doppelschritte pro Durchgang). Die Daten der Sensoren wurden mittels der Software InvestiGait aufgenommen und analysiert. Folgende Gangparameter wurden aufgenommen bzw. berechnet: Gangzykluslänge, Gangzyklusdauer, die zeitliche Gangvariabilität, die räumliche Gangvariabilität, die Kadenz, die Geschwindigkeit und die Oberkörperneigung.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die IG vom Prä- zum Posttest signifikant in der räumlichen ($p = ,003$) und in der zeitlichen Gangvariabilität ($p = <,001$) verbessert. Wohingegen sich die KG vom Prä- zum Posttest in der zeitlichen Gangvariabilität ($p = ,002$) und in der Kadenz ($p = ,048$) signifikant verschlechtert. Zwischen den Gruppen konnten ebenfalls signifikante Interaktionseffekte festgestellt werden. Die IG und KG unterscheiden sich im Posttest signifikant in der räumlichen Gangvariabilität ($p = <,001$) und in der zeitlichen Gangvariabilität

($p = ,008$). Dabei zeigt die IG bessere Ergebnisse, d.h. einen stabileren Gang, im Vergleich zur KG. Weitere signifikante Unterschiede konnten nicht nachgewiesen werden. Die signifikanten Ergebnisse weisen einen mittleren bis hohen Effekt auf.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass das multidimensionale musikbasierte Übungsprogramm den Gang positiv beeinflusst. Insbesondere hat sich die räumliche und zeitliche Gangvariabilität signifikant verringert, wodurch sich die Stabilität des Ganges erhöht. Hingegen stieg die zeitliche Gangvariabilität der KG signifikant an und signalisiert einen instabileren Gang. Diese Ergebnisse bestätigen einige Erkenntnisse aus der Literatur (Lam et al., 2018). Das stabilere Gehen könnte zu einem geringeren Sturzrisiko und damit zum Erhalt der Unabhängigkeit beitragen (Geschwind & Bridenbaugh, 2011).

Limitierend für die Studie ist einerseits die kleine Stichprobengröße, wodurch keine Unterteilung nach Demenzgraden möglich war. Andererseits benötigt die Software InvestiGait viele Durchläufe, was einen Ermüdungseffekt zu Folge haben könnte. Außerdem gab es Signalverluste bei der Bluetooth-Übertragung, sodass einige Daten nicht komplett ausgewertet werden konnten. Deshalb werden noch weitere instrumentierte Ganganalysen benötigt werden, um aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten.

Literatur

- Allali, G. & Verghese, J. (2017). Management of Gait Changes and Fall Risk in MCI and Dementia. *Current treatment options in neurology*, 19(9), 29. <https://doi.org/10.1007/s11940-017-0466-1>
- Geschwind, Y. & Bridenbaugh, S. (2011). Die Rolle der Ganganalyse. *der informierte Arzt*, 6, 39–41
- Lam, F. M., Huang, M. Z., Liao, L. R., Chung, R. C., Kwok, T. C. & Pang, M. Y. (2018). Physical exercise improves strength, balance, mobility, and endurance in people with cognitive impairment and dementia: a systematic review. *Journal of physiotherapy*, 64(1), 4–15. <https://doi.org/10.1016/j.jphys.2017.12.001>
- Steinort, J. A. (2022). Sturzprophylaxe: Risikofaktoren, Maßnahmen, Beratung: Stürze im Alter einfach verhindern.

Session 2A: Motorische Tests und Forschungsdatenmanagement

Forschungsdatenmanagement (FDM) in der Sportwissenschaft: Beispiel motorische Tests

Klaus Bös, Lars Schlenker & Katja Klemm

Der Deutsche Motorik-Test 6-18: Ein nachhaltiges Instrument zur einheitlichen Durchführung motorischer Tests

Tanja Eberhardt, Claudia Niessner, Lars Schlenker & Klaus Bös

10 Jahre BERLIN HAT TALENT: (anwendungsorientierte) Ausrichtung – (wissenschaftliche) Methodologie – (praktische) Ergebnisse

Jochen Zinner, Till Utesch, Daniel Lange & Dirk Büsch

MO|RE data: Entwicklung, Stand und langfristige Ziele des ersten Datenrepositoriums in der Sportwissenschaft

Hannah Kron, Claudia Niessner, Lars Schlenker, Katja Klemm & Klaus Bös

Forschungsdatenmanagement in der Sportwissenschaft: Perspektiven und Potenziale

Melanie Krüger, Claudia Biniossek, Dirk Betz & Markus Stocker

Forschungsdatenmanagement (FDM) in der Sportwissenschaft: Beispiel motorische Tests

Klaus Bös, Lars Schlenker & Katja Klemm

Institut für Sport und Sportwissenschaft, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

E-Mail: katja.klemm@kit.edu

Schlüsselwörter: Forschungsdatenmanagement, Open data, motorische Tests, Fitness

Die Begriffe Open data, Open Access und FAIR sind nur eine kleine Auswahl an Begriffen, die in den letzten Jahren im Themenfeld Forschungsdatenmanagement (FDM) an Bedeutung in der wissenschaftlichen Community gewonnen haben. Insgesamt wurde dem Management von Forschungsdaten, also der Transformation, Selektion und Speicherung von Daten immer mehr Aufmerksamkeit zuteil (forschungsdaten.info, 2022). Das Ziel ist dabei, Daten nachhaltig nutzbar, zugänglich und nachprüfbar zu machen bzw. zu halten.

In der Sportwissenschaft ist dieses Thema noch ein Randthema. Mit dem ersten Forschungsdatenrepositorium „MO|RE data“, das seit 2016 online ist, wurde das FDM aber für eine breite Forschergruppe, den Motorikforschern, greifbar. Inzwischen gibt es Errungenschaften und Bemühungen und in der (Sport)wissenschaft, nicht zuletzt mit der Gründung der Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI).

In diesem Arbeitskreis soll sich diesem Thema zugewendet werden und Aspekte aus dem FDM in der Sportmotorikforschung beleuchtet werden. Dabei werden die Themen Datensammlung, -auswertung, -beschreibung, -speicherung, und -veröffentlichung in Praxis und Theorie behandelt.

Die vier Beiträge sind:

1. Der Deutsche Motorik-Test 6-18: Ein einheitliches Instrument zur nachhaltigen Datennutzung motorischer Tests (Tanja Eberhardt, KIT)
2. Längsschnittliche Datensammlung und -auswertung: 10 Jahre Berlin hat Talent (Jochen Zinner, Deutsche Hochschule für Gesundheit Berlin)
3. MO|RE data: Entwicklung, Stand und langfristige Ziele des ersten Datenrepositoriums in der Sportwissenschaft (Hannah Kron, KIT)
4. Forschungsdatenmanagement in der Sportwissenschaft: Perspektiven und Potenziale (Melanie Krüger, Hannover)

Literatur

<https://www.forschungsdaten.info/praxis-kompakt/glossar/>

Der Deutsche Motorik-Test 6-18: Ein nachhaltiges Instrument zur einheitlichen Durchführung motorischer Tests

Tanja Eberhardt, Claudia Niessner, Lars Schlenker & Klaus Bös

Institut für Sport und Sportwissenschaft, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

E-Mail: tanja.eberhardt@kit.edu

Schlüsselwörter: Motorische Tests, Monitoring, Kinder, Jugendliche

Einleitung

Die motorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen ist eine der Hauptressourcen für einen aktiven Lebensstil und daher von großer Bedeutung für eine gesunde Entwicklung (Robinson et al., 2015; Utesch et al., 2019).

Mit dem Deutschen Motorik Test 6-18 (DMT 6-18) wurde eine Testbatterie entwickelt, die ein Monitoring der motorischen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen möglich macht, um Informationen über Trends, Verläufe und Veränderungen zu erlangen (Bös et al., 2016). Der DMT 6-18 bildet ein nachhaltiges Instrument für empirische Untersuchungen auf Basis von standardisiert erhobenen Daten der motorischen Leistungsfähigkeit im Sinne der wissenschaftlichen Gütekriterien. Dies soll in diesem Beitrag vertiefend anhand von drei Studien aufgezeigt werden.

Methode

Der Deutsche Motorik-Test 6-18 (DMT 6-18) basiert auf dem fähigkeitsorientierten Ansatz von Bös und Mechling (1983). Durch acht einfache fundamentale Testaufgaben wird das latente Konstrukt der motorischen Leistungsfähigkeit messbar (Bös et al., 2016).

Studie 1: Das Fitnessbarometer Baden-Württemberg basiert auf den Daten von über 25.402 Kindern, die mit dem Kinderturntest Plus (baugleich mit dem DMT 6-18) flächendeckend von 2012 bis 2021 durch Praktiker erhoben wurden (Eberhardt et al., 2021).

Studie 2: Seit dem Schuljahr 2007/2008 wird in Nordrhein-Westfalen zur Talentauswahl für die Sportschulen der Motorischen Test 1 durchgeführt, der baugleich mit dem DMT 6-18 ist. 1.590 Kindern wurden zunächst in Klasse 4 und erneut in Klasse 7 getestet. Zusätzlich wurden Disziplin, Trainingsumfang und -jahre in Klasse 7 mittels Fragebogen erfasst (Roth et al., 2020).

Studie 3: In einer interkulturellen Vergleichsstudie mit dem DMT 6-18 (international IPPTP-R) haben Panchyryz et al. (2020) 151 Kinder in drei Schulen in Kenia mit einer deutschen Referenzstichprobe verglichen.

Ergebnisse

Studie 1: Die getesteten Kinder in Baden-Württemberg erreichen bessere Gesamt-Perzentilwerte als die bundesdeutsche Referenzstichprobe (MW: $P=56,9$; $SD=19,0$). Über den untersuchten Zeitraum unterscheiden sich die Mittelwerte der einzelnen Untersuchungsjahre signifikant, sind aber dennoch relativ konstant mit nur einzelnen Ausreißern (Welch Test: $F(9, 6151,90)= 34,00$, $p<.001$).

Studie 2: Das Ausgangsniveau der motorischen Leistungsfähigkeit unter den Sportschülern ist im Vergleich zum bundesdeutschen Durchschnitt höher und abhängig von Disziplin ($F=17,8$;

$p < 0.001$; $\eta^2 = .071$) und Trainingsumfang ($F = 16.3$; $p < .001$; $\eta^2 = .018$). Die relative motorische Leistungsfähigkeit nimmt bei den Jungen zwischen Klasse 4 und Klasse 7 zwar ab, ohne aber praktische Relevanz zu erreichen ($F = 8.3$; $p = .004$; $\eta^2 = .009$). Bei den Mädchen bleibt motorischen Leistungsfähigkeit über die Zeit stabil ($F = 1.1$; $p = .290$; $\eta^2 = .003$).

Studie 3: Der Vergleich erreichen die deutschen Schüler bessere Testergebnisse in Ausdauer und Kraft, wohingegen die getesteten Kinder aus Kenia für Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination bessere Werte erzielen. Der Vergleich innerhalb der verschiedenen Schultypen und Regionen für Kenia zeigt deutliche Binnenunterschiede.

Diskussion

Der DMT 6-18 ist ein weitverbreitetes und effizientes Testinstrument, das für unterschiedliche Anwendungsfelder und empirische Fragestellungen zur motorischen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen geeignet ist. Auf der Basis großer Datenmengen dient der DMT 6-18 als standardisierte und einheitliche Testbatterie, die eine nachhaltige Datennutzung in verschiedenen Anwendungsfeldern und unterschiedlichen empirischen Fragenstellungen ermöglicht.

Literatur

- Robinson, L. E., Stodden, D. F., Barnett, L. M., Lopes, V. P., Logan, S. W., Rodrigues, L. P., & D'Hondt, E. (2015). Motor Competence and its Effect on Positive Developmental Trajectories of Health. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(9), 1273–1284. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0351-6>
- Utesch, T., Bardid, F., Büsch, D., & Strauss, B. (2019). The Relationship Between Motor Competence and Physical Fitness from Early Childhood to Early Adulthood: A Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(4), 541–551. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01068-y>
- Bös, K., & Mechling, K. (1983). Dimensionen sportmotorischer Leistungen. Hofmann.
- Bös, K., Schlenker, L., Büsch, D., Lämmle, L., Müller, H., Oberger, J., Seidel, I., Tittlbach, S., & Woll, A. (2016). *Deutscher Motorik Test 6-18*. Hamburg: Czwalina. Verlag. ISBN: 978-3-88020-643-4
- Bös, K., Schlenker, L., Eberhardt, T., Abdelkarim, O., & Mechling, H. (2021). *International Physical Performance Test Profile 6-18 (revised)*. Hamburg: Feldhaus Czwalina.
- Eberhardt T., Bös K. and Niessner C. (2021). The Fitness Barometer: A Best Practice Example for Monitoring Motor Performance With Pooled Data Collected From Practitioners. *Front. Public Health* 9: 720589. doi: 10.3389/fpubh.2021.720589
- Roth, A., Schmidt, S., Hartmann, S. Scharenberg, S., Seidel, I., Altmann, S., Jekauc, D., & Bös, K. (2020). Development of physical fitness under consideration of talent-specific aspects. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(3), 608-622. doi:<https://doi.org/10.14198/jhse.2020.153.11>
- Panchyrz, I. (2020). Die motorische Leistungsfähigkeit von deutschen und kenianischen Kindern im Alter von 10 Jahren - Eine ländervergleichende Studie unter Berücksichtigung der räumlichen und sozialen Herkunft. *Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe*. <https://doi.org/10.5445/IR/1000105658>

10 Jahre BERLIN HAT TALENT: (anwendungsorientierte) Ausrichtung – (wissenschaftliche) Methodologie – (praktische) Ergebnisse

Jochen Zinner¹, Till Utesch², Daniel Lange¹ & Dirk Büsch³

¹ Institut für Leistungssport und Trainerbildung, DHGS Deutsche Hochschule für Gesundheit & Sport,
Berlin, Deutschland

² Institut für Erziehungswissenschaft, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster,
Deutschland

³ Fakultät IV – Human- und Gesellschaftswissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg,
Oldenburg, Deutschland

E-Mail: Jochen.Zinner@dhgs-hochschule.de

Schlüsselwörter: Deutscher Motorik-Test, körperliche Fitness, Normkategorien, Normperzentile, multivariate (FUZZY-)Modelle

Einführung

Im Schuljahr 2020/21 wurden im zehnten Jahr in Folge im Rahmen von BERLIN HAT TALENT die physische Fitness von Berliner Drittklässlern mit Hilfe des Deutschen Motorik-Tests (DMT) 6–18 (Bös et al., 2016) untersucht sowie ausgewählte soziodemographische Daten erfasst. Der Fokus liegt dabei auf der motorischen Leistungsfähigkeit und ausgewählten Einflussfaktoren sowie deren Zusammenhänge mit der körperlichen Gesundheit im Kindesalter in der Metropole Berlin. Im Ergebnis der jährlichen Untersuchungen werden sowohl Talentfördergruppen als auch Bewegungsfördergruppen zusammengestellt und deren Teilnehmer über einen längeren Zeitraum von spezifisch qualifizierten Coaches mit unterschiedlichen Schwerpunkten, z. B. Talent entwickeln, Defizite abbauen, Qualität des Schulsports verbessern, Inspiration für ein lebenslanges Sporttreiben auslösen etc. gefördert. In den Schuljahren von 2011/12 bis 2020/21 wurden insgesamt 59.727 Berliner Drittklässlerinnen und Drittklässler getestet und zu soziodemographischen Daten befragt.

Methodik

Sportliche Leistungen können am individuellen Maßstab, im direkten Vergleich mit der Gruppe und im indirekten Vergleich mit einer Referenzstichprobe bewertet werden. BERLIN HAT TALENT hat in den zurückliegenden 10 Jahren schrittweise die Methodik für alle diese Vergleiche realisiert und jeweils praxisorientiert genutzt (Zinner et al., 2022):

Schritt 1: Am Anfang stand der Vergleich innerhalb der Schulklasse im Vordergrund. Wenn im Klassenverband an speziellen motorischen Schwächen von Schülerinnen und Schülern gearbeitet werden soll, ist die Interpretation auf der Basis der Rohwerte bzw. von Testprofilen ein geeignetes Mittel.

Schritt 2: Mit dem schnellen Anwachsen der Berliner Datenbasis wurde 2013 begonnen, spezifische DMT-Referenzwerte für die Stichprobe „Berlin“ zu entwickeln. Die Basis dafür bildete eine Prozentrangnormierung der Testergebnisse und eine Überführung in die Standardnoten 1 bis 5. Mit Hilfe inferenzstatistischer Überlegungen gelang es, einen Summenwert zu ermitteln, der ein valides Konstrukt der körperlichen Fitness auf der Basis der Testaufgaben des DMT bildet.

Schritt 3: Die in Berlin sukzessive entstandene hochwertige Datenbasis wurde 2020/21 zur Modellierung von BERLINER NORMPERZENTILEN genutzt und parallel dazu wurde über die Einordnung der Berliner Rohwerte in die MoMo-Perzentile eine Möglichkeit zum bundesweiten Vergleich geschaffen.

Schritt 4: Da die Einschätzung einer körperlichen Fitness mittels Summenwerte die Spezifität der einzelnen Parameter und/oder Kompensation untereinander nicht berücksichtigt, wurden multiattributive (FUZZY-)Ansätze weiterentwickelt, die auf der Basis diskursiver Validierungen die Möglichkeit beinhalten, qualifiziertes Trainerwissen mit quantifizierten sportmotorischen Daten zusammenzubringen. Dieser Mixed-Method-Ansatz gestattet eine „punktgenaue“, d. h. anforderungsspezifische Identifikation von talentierten, aber auch von gesundheitlich gefährdeten Drittklässlern.

Ergebnisse und Konsequenzen

BERLIN HAT TALENT dokumentiert eine in die Zukunft reichende Idee, eine Vision zu Sport und Bewegung für alle. Je mehr diese Idee in der Praxis beginnt zu wirken, desto mehr entwickelt sich damit zugleich eine Atmosphäre, in der eine Vielzahl weiterer - in diesem ganzheitlichen Kontext hilfreicher - Anschluss- und Begleitprojekte möglich werden, die unter Bezug auf säkulare Entwicklung auch notwendig erscheinen. Die Entwicklung spezieller Interventionsprogramme zur Förderung in Bewegungs- und Talentförderungsgruppen, spezifischer Qualifizierungsprogramme für die Entwicklung von „Bewegungs- bzw. Talentcoaches“, sind nur einige Aspekte dieses Projektes, dessen konzeptuelle Weiterentwicklung und Umsetzung als eine langfristige gesellschaftliche Aufgabe weiterhin mit Leben zu füllen ist.

Zielstellung

Der Vortrag soll einen Überblick über das methodische Vorgehen geben, ausgewählte Ergebnisse diskutieren und damit andere Arbeitsgruppen auf diesem Gebiet inspirieren.

Literatur

- Bös, K., Schlenker, L., Albrecht, C., Büsch, D., Lämmle, L., Müller, H., Oberger, J., Seidel, I. & Tittlbach, S. (2016). Deutscher Motorik Test 6-18 (DMT 6-18). Manual und internetbasierte Auswertungssoftware (2. überarb. Aufl.). Hamburg: Czwalina Verlag.
- Zinner, J., Niessner, C., Bortel, C., Utesch, T., Bös, K., Krug, J. & Büsch, D. (2022). 10 Jahre BERLIN HAT TALENT – Eine methodologische Übersicht mit anwendungsorientierter Ausrichtung. Leistungssport 52 (3), 5-12.

MO|RE data: Entwicklung, Stand und langfristige Ziele des ersten Datenrepositoriums in der Sportwissenschaft

Hannah Kron, Claudia Niessner, Lars Schlenker, Katja Klemm & Klaus Bös

Institut für Sport und Sportwissenschaft, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

E-Mail: hannah.kron@kit.edu

Schlüsselwörter: Motorik, Forschungsdatenmanagement, Datenbank, sportmotorische Tests

Einleitung

National sowie international wird seit Jahrzehnten mithilfe von sportmotorischen Tests, wie beispielsweise dem Deutschen Motorik-Test 6-18 oder dem European Fitness Badge, die motorische Leistungsfähigkeit von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen erhoben (Bös, 1987). Die angehäuften Daten werden bislang hauptsächlich auf den Rechnern der eigenen Arbeitsgruppe gespeichert und ausschließlich für eigene Forschungszwecke genutzt. Durch die Entwicklung einer eResearch-Infrastruktur für sportwissenschaftliche Motorikforschungsdaten soll es nun ermöglicht werden, bereits erhobene Daten nachnutzbar zu veröffentlichen. Zielstellung des Beitrags ist die Darstellung der Hauptfunktionen und Herausforderungen von MO|RE data.

Methode

Im Mittelpunkt des DFG-geförderten Projekts „MO|RE data“ stehen Daten von ausgewählten normierten Testaufgaben mit großem Verbreitungsgrad. Die eResearch-Infrastruktur bietet Management, Nutzung und Verbreitung von Forschungsdaten im Sinne des open data Gedankens (Murray-Rust, 2008).

Ergebnisse

„MO|RE data“ verfügt über drei Hauptfunktionen (a) Sammeln fundierter Informationen und Materialien zu motorischen Testaufgaben, (b) Bereitstellung einer verlässlichen Plattform für die Veröffentlichung und Archivierung von Forschungsdaten in der Sportwissenschaft und (c) Zitierfähige Aufbereitung von Forschungsdaten mithilfe DOI (Digital Object Identifier)-Vergabe.

Diskussion

Zu den Herausforderungen zählen (1) die nachhaltige Qualitätssicherung der Datenbank sowie (2) die (inter-)nationale Netzwerkbildung und Bekanntmachung von „MO|RE data“. Lösungsmöglichkeiten bestehen (1) in der Kombination einer Automatisierung der Qualitätsmerkmale und dem Aufbau einer personellen Struktur in Form eines Editorial Boards sowie eines wissenschaftlichen Beirats. Außerdem bietet sich (2) die Zusammenarbeit mit der *Nationalen Forschungsdateninfrastruktur e. V. (NFDI)* und daran beteiligten Strukturen an.

Literatur

Bös, K. (1987). Handbuch sportmotorischer Tests. Verlag für Psychologie, C. J. Hogrefe.

Murray-Rust, P. (2008). Open Data in Science. *Nature Precedings*, 1–1.
<https://doi.org/10.1038/npre.2008.1526.1>

Forschungsdatenmanagement in der Sportwissenschaft: Perspektiven und Potenziale

Melanie Krüger¹, Claudia Biniossek^{2,3}, Dirk Betz^{2,3} & Markus Stocker^{1,2}

¹Leibniz Universität Hannover, Hannover, Deutschland

²TIB – Leibniz Information Centre for Science and Technology, Hannover, Deutschland

³Universität Erfurt, Erfurt, Deutschland

E-Mail: melanie.krueger@sportwiss.uni-hannover.de

Schlüsselwörter: Sportmotorik, Kanonische Workflows für Forschung (CWFR), Nationale Forschungsdateninfrastruktur

Einleitung

Nachhaltiges Forschungsdatenmanagement (FDM) ist in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus wissenschaftlicher Praxis gerückt. Dies stellt relativ kleine wissenschaftliche Communities, wie z.B. die Sportmotorik, vor erhebliche Probleme: Häufig fehlen die Ressourcen, um effiziente, umfassende und maßgeschneiderte Strukturen für das Forschungsdatenmanagement zu schaffen. Die Forschenden in diesen Communities sind stark auf die Übernahme bestehender, disziplinübergreifender Standards sowie auf den Zugang zu etablierten FDM-Werkzeugen und -Infrastrukturen angewiesen. Diese werden aktuell zumeist durch disziplin-unspezifische Plattformen von lokalen wissenschaftlichen Institutionen (z.B. Universitäten) oder Drittanbietern (z.B. OSF/COS, <https://cos.io>) angeboten, erfüllen jedoch nur bedingt die spezifischen Anforderungen der sportmotorischen Forschung. Außerdem birgt die langfristige Verfügbarmachung von sportmotorischen Forschungsdaten weitere offene Fragen, wie z.B. ethische Überlegungen zur Verwendung und zum Schutz personenbezogener Daten durch andere. Daraus ergibt sich für Forschende ein unmittelbarer Handlungsbedarf und die Frage, welche Perspektiven für die sportwissenschaftliche Forschung im Allgemeinen und für die sportmotorische Forschung im Speziellen bestehen, um den Anforderungen an ein nachhaltiges FDM gerecht zu werden. Dieser Beitrag fokussiert darauf, bestehende FDM-Ansätze in und für die Sportwissenschaft zu präsentieren und neue Wege der (trans)disziplinären Datennachnutzung aufzuzeigen. Dies wird in den Kontext von kanonischen Workflows (CWFR-FDO, Betz et al., 2022) gestellt, um aufzuzeigen, wie Forschende im Prozess des FDM entlastet werden können.

Diskussion

Aktuell bestehen in der sportmotorischen Forschung verschiedene Ansätze, um den kontinuierlich steigenden Anforderungen von z.B. Förderinstitutionen und Verlagen an eine langfristige Datenspeicherung und -Verfügbarmachung Rechnung zu tragen: Zum einen die Schaffung von fachspezifischen Datenrepositorien, wie z.B. MO|RE Data, welche den disziplinspezifischen Anforderungen an das FDM optimal gerecht werden können, jedoch ressourcenintensiv in der Verwaltung sind. Zum anderen das Aufsetzen auf allgemeine Infrastrukturen und Forschungsumgebungen wie OSF (z.B. EMOTIKON). Dieser Ansatz verspricht eine langfristige Perspektive für die Verfügbarmachung von sportmotorischen Daten, entspricht durch die Generik der Plattformen jedoch nur teilweise den spezifischen Anforderungen sportmotorischer Forschungsdaten. Seit 2018 organisiert darüber hinaus die

DFG den Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI). Die bis zu 30 nach Disziplinen oder nach Methoden organisierten NFDI-Konsortien ermöglichen eine systematische Erschließung, nachhaltige Sicherung, Zugänglich-Machung und (inter)nationale sowie transdisziplinäre Vernetzung von Forschungsdatenbeständen. Die NFDI bietet durch die Vernetzung von Akteuren (z.B. Hochschulen, Fachgesellschaften, Dateninfrastrukturanbietern) und Diensten (z.B. Repositorien, Tools) eine Perspektive zur Etablierung einer nachhaltigen FDM-Infrastruktur unter Berücksichtigung des gesamten Forschungsdatenzklus:

- Förderung der technologie-basierten Extraktion von Daten aus der Literatur (ORKG, <https://orkg.org>) und Förderung der Datennutzungsmöglichkeiten (Databus, <https://databus.dbpedia.org/>);
- Entwicklung von Software-Schnittstellen für die bruchfreie Übermittlung von Metadaten zur "FAIRifikation" der Forschungsdaten (Wilkinson, et al., 2016);
- Entwicklung von Metadaten-Standards zur Förderung der transdisziplinären Transparenz und Datennutzung, aber auch dem Datenaustausch innerhalb sportwissenschaftlicher Verbundprojekte.

Für die Sportwissenschaft im Allgemeinen, und die sportmotorische Forschung im Speziellen ergibt sich aus der Etablierung der NFDI ein besonderes Entwicklungspotenzial, welches sich aktuell in der breiten Beteiligung verschiedener Interessenvertreter der Sportwissenschaft (u.a. MO|RE Data, BISP, asp, dvs) am **METHODS** Konsortialvorhaben (<https://methods-nfdi.org/>) widerspiegelt.

Literatur

- Betz, D., Biniossek, C., Bianchi, C., Henninger, F., Lauer, T., Wieder, P., Wittenburg, P. & Zünkeler, M. (2022). Canonical Workflow for Experimental Research. *Data Intelligence* 2022, 4(2), 155–172.
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., ... & Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific data*, 3(1), 1-9.

Session 2B: Locomotion

Whole-body motor control adaptations to running on unstable surfaces

Maurice Mohr, Lukas Peer & Peter Federolf

Lower limb exoskeletons as an assessment tool for motor performance: A systematic review

Tobias Moeller, Felix Moehler, Janina Krell-Roesch, Thorsten Stein & Alexander Woll

Erprobung eines akustischen Feedbacks zur Gangasymmetrie über die Sonifikation des Kniewinkelverlaufs

Dagmar Linnhoff, Roy Ploigt & Klaus Mattes

Whole-body motor control adaptations to running on unstable surfaces

Maurice Mohr, Lukas Peer & Peter Federolf

Department of Sport Science, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria

E-Mail: maurice.mohr@uibk.ac.at

Keywords: trail running, running injury, PCA

Introduction

Given the increasing popularity of trail running, there is a need to better understand biomechanical and motor control aspects of running on unstable and low-stiffness surfaces to inform strategies for performance enhancement and injury risk management. The primary goal of this study was to investigate 1) the average gait pattern and 2) the interstride variability of principal running movements while running on asphalt vs. running on a softer and less stable woodchip track. The secondary goal was to determine whether acute surface effects on the running pattern persist or diminish with adaptation over multiple testing sessions.

Methods

We recorded the whole-body movement pattern of 11 recreational runners (36% female, no experience with woodchip tracks) during running at self-selected speeds on asphalt and a woodchip track on five testing days separated by 1-2 days each. Participants ran about 500m (140 analyzed strides) per day per surface with a randomized surface order between runners. Whole-body joint angles and segment positions were tracked using an Xsens Link motion analysis system (Xsens, Enschede, Netherlands). A principal component analysis was applied to the segment positions to structure the whole-body postural changes into eight 'principal movements' of running and the corresponding time-dependent principal positions (Federolf 2016). The interstride relative variability (RV) of these time-dependent PPs was determined using a normalized measure of waveform variability (Maurer et al. 2013). Two-way repeated measures ANOVAs ($\alpha=0.05$) were used to investigate day and surface effects on trunk, right hip, knee, and ankle flexion (implemented through statistical parametric mapping) as well as on spatiotemporal parameters and the RV of the PPs (traditional discrete analyses).

Results

Runners were marginally slower on the woodchip compared to asphalt track ($\Delta\text{speed} = 0.07 \pm 0.02$ m/s, $p=0.016$) and slightly increased their stride frequency from day 1 to 3 ($\Delta\text{frequency} = 0.02 \pm 0.01$ s⁻¹, $p=0.027$). Running on the woodchip surface resulted in more flexion of the trunk, the hip and knee during the swing and early stance phase as well as lower peak knee flexion and earlier ankle dorsiflexion during midstance (Fig. 1). These effects were consistent across testing days. All investigated PMs showed a trend towards higher interstride variability on the woodchip track, which was statistically significant for five of eight PMs ($p<0.004$). One PM associated with medio-lateral balancing movements showed a

surface*day interaction ($p=0.012$) indicating a reduction in variability over the five testing days on the woodchip track.

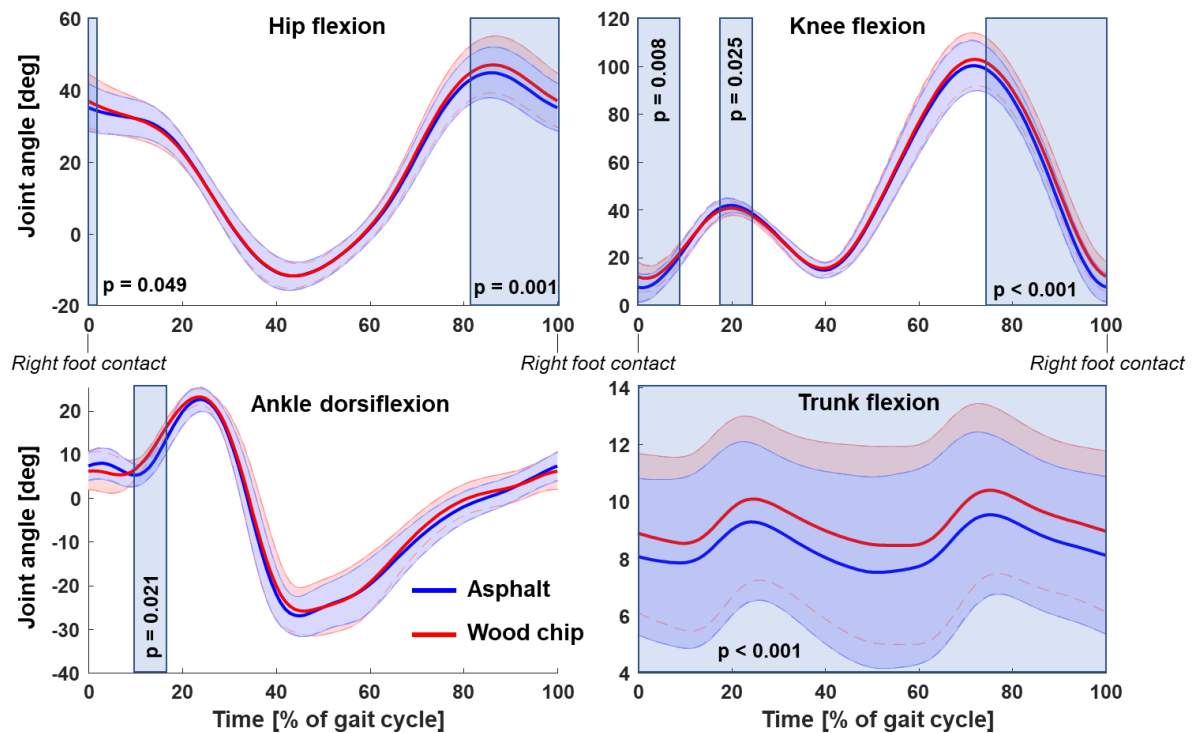


Fig. 1. Sagittal plane joint angles for each surface as a function of the time during the gait cycle (0% and 100% represent two consecutive right foot contacts, i.e. one stride). Transparent boxes mark significant surface effects as determined by statistical parametric mapping.

Discussion

Adaptations of the average gait pattern to the unstable and low-stiffness surface included more forward trunk lean, a more crouched gait (higher leg flexion in early stance), and higher leg stiffness (reduced knee flexion range of motion during stance). These adaptations were present on day one and persisted over time, likely because of their importance in lowering the risk of falling while maintaining an effective push-off on unstable terrain (Voloshina and Ferris 2015). Higher knee stiffness and forward trunk lean, however, have both been linked to running-related injuries (Ceysens et al. 2019) and thus, runners who switch from asphalt to running on unstable terrain (e.g. during trail running) should transition slowly to allow for the necessary musculoskeletal conditioning to take place.

In contrast to the acute and persistent adaptations of the overall gait pattern, the reduction of interstride variability in medio-lateral balancing movements on the unstable surface over time suggests that the optimization of the control strategy for running on unfamiliar surfaces may extend over days and may be aimed at improving running economy.

References

- Ceysens, Linde, Romy Vanelderren, Christian Barton, Peter Malliaras, and Bart Dingenen. 2019. "Biomechanical Risk Factors Associated with Running-Related Injuries: A Systematic Review." *Sports Medicine* 49 (7): 1095–1115.

- Federolf, Peter A. 2016. "A Novel Approach to Study Human Posture Control: 'Principal Movements' Obtained from a Principal Component Analysis of Kinematic Marker Data." *Journal of Biomechanics* 49 (3): 364–70.
- Maurer, Christian, Vinzenz von Tscharner, Michael Samsom, Jennifer Baltich, and Benno M. Nigg. 2013. "Extraction of Basic Movement from Whole-Body Movement, Based on Gait Variability." *Physiological Reports* 1 (3): e00049.
- Voloshina, Alexandra S., and Daniel P. Ferris. 2015. "Biomechanics and Energetics of Running on Uneven Terrain." *The Journal of Experimental Biology* 218 (Pt 5): 711–19.

Lower limb exoskeletons as an assessment tool for motor performance: A systematic review

Tobias Moeller, Felix Moehler, Janina Krell-Roesch, Thorsten Stein & Alexander Woll

Institute of Sports and Sports Science, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

E-Mail: tobias.moeller@kit.edu

Keywords: wearable robotics, wearable devices, test, strength, balance, proprioception, stiffness

Introduction

Motor performance decreases with increasing age or can be impacted by illness (Mitchell et al., 2012). Exoskeletons constitute a promising tool to support individuals with a decreased level or impairment of motor performance to maintain functional independency (Sawicki et al., 2020). Due to their high proximity to the body and their build-in sensors exoskeletons offer the possibility of continuously recording and assessing user data related to motor performance, e.g., strength, balance, or gait parameters. This information can be used to assess and monitor motor performance and other pertinent health outcomes or evaluate rehabilitation progress. To date, little is known about the use and efficacy of lower limb exoskeletons as an assessment tool for motor performance. The goals of this review were to 1) examine which parameters of motor performance can be or have been measured by lower limb exoskeletons, and 2) explore which approaches to assess motor performance through exoskeletons have been used.

Methods

We conducted a systematic literature review, following the PRISMA Statement and using the Pubmed, Scopus, and Web of Science databases. The search term consisted of two components (exoskeleton and motor performance), which were connected with "AND", as well as several synonyms and related terms for each component connected with "OR". The search was performed in August 2021. Screening of titles ($n = 4507$), abstracts ($n = 459$), and full texts ($n = 91$) for eligibility based on predefined inclusion and exclusion criteria (e.g., only lower limb exoskeletons or active orthosis) and extraction of relevant data from the studies was done independently by two authors. The quality of included studies was assessed using a modified version of the Quality Assessment Tool for Before-After (Pre-Post) Studies With No Control Group (National Heart, Lung, and Blood Institute, 2021).

Results

A total of 39 studies using lower limb exoskeletons for the assessment of motor performance were included in our review. Of these, 14 studies were validity studies and six were reliability studies, with three articles examining both. 23 different exoskeletons were used, of which five can be considered mounted exoskeletons (e.g., mounted to a treadmill) and 18 were mobile exoskeletons. The mounted exoskeletons mainly supported knee and hip ($n = 3$) or the full leg ($n = 2$). 14 mobile exoskeletons supported one joint only (hip: $n = 7$ and ankle: $n = 7$) and 4 exoskeletons supported the full leg. Across all studies, six different types of parameters regarding motor performance were assessed. Most studies measured range of motion / joint

angles ($n = 16$), muscle strength / joint torques ($n = 14$), and gait parameters ($n = 10$). Furthermore, nine studies investigate spasticity or joint stiffness ($n = 9$) and four studies measured proprioception. The mounted “Lokomat” exoskeleton was used in twelve studies and is capable of measuring most of the above-mentioned motor performance parameters.

Discussion

Exoskeletons can be used to measure a wide range of motor performance parameters through built-in sensors. With regard to certain parameters, e.g. proprioception or spasticity, they are considered more objective and specific than manual test procedures. However, since these parameters are usually only estimated from built-in sensor data, the quality and specificity of an exoskeleton to assess certain motor performance parameters must be ensured before an exoskeleton can be used. To this end, comprehensive evaluation studies that examined validity and reliability of exoskeletons assessing motor performance parameters are still scarce. Furthermore, as the exoskeleton itself may have a significant impact on motor performance, a sufficient familiarization period, as well as an adequate control algorithm for the test procedures, is needed.

References

- Mitchell, W. K., Williams, J., Atherton, P., Larvin, M., Lund, J., & Narici, M. (2012). Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Frontiers in physiology* 3, S. 260. DOI: 10.3389/fphys.2012.00260.
- National Heart, Lung and Blood Institute (2021). Study Quality Assessment Tools. Available online at <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>, checked on 3/20/2022.
- Sawicki, G. S., Beck, O. N., Kang, I, Young, A. J. (2020). The exoskeleton expansion: improving walking and running economy. *J NeuroEngineering Rehabil* 17 (1), S. 25. DOI: 10.1186/s12984-020-00663-9.

Erprobung eines akustischen Feedbacks zur Gangasymmetrie über die Sonifikation des Kniewinkelverlaufs

Dagmar Linnhoff, Roy Ploigt & Klaus Mattes

Universität Hamburg, Hamburg, Deutschland

E-Mail: dagmar.linnhoff@uni-hamburg.de

Schlüsselwörter: Gangbild, Wahrnehmung, Information, Klang

Einleitung

Das Vertonen von Gelenkwinkelverläufen als Echtzeitfeedback beim Gehen kann in der Gangrehabilitation genutzt werden, um Gangasymmetrien hörbar zu machen und so das Gangbild anzupassen. Dieses wurde mit dem Vertonen des Knie- und Hüftwinkelverlaufs bereits erprobt (Pietschmann et al., 2019; Reh et al., 2021). Dabei wird angenommen, dass ein Feedback durch Sonifikation einen hohen Informationsgehalt hat und gleichzeitig intuitiv verstehbar ist (Effenberg et al., 2005). Derzeit fehlen jedoch Studien zur Auswirkung veränderter Feedbackigenschaften dieser Form des Bewegungsfeedbacks auf die Wahrnehmung (Serafin et al., 2011). Die vorliegende Studie soll dieses durch gezielte Variation von Pitch (Tonhöhe) und Akzentuierung am Beispiel eines Kniewinkelbasierten Feedbacks untersuchen.

Methode

Es wurde bei 28 Personen (15 weiblich / 13 männlich; Alter = $22,8 \pm 2,9$ J.) eine fixe Gangasymmetrie durch eine Kniegelenksorthese mit Flexionsbegrenzung (rechtes Bein) erzeugt. Während des Gehens auf dem Laufband (je 1 min mit 3,5 km/h) wurde der Kniewinkelverlauf beider Beine über Kopfhörer in vier Variationen als akustisches Feedback (FB1 – FB4) dargeboten. Die zweigipflige Form des Kniewinkelverlaufs wurde dabei logarithmisch über einen Sinus Dauerton (0° bei 440 Hz) abgebildet. In den Variationen wurden je die Schwung- und die Standphase durch einen hoch oder gedämpft (halbe Oktave tiefer) gepitchten Ton akzentuiert. Nach jedem Durchgang bewerteten die Personen das Feedback mit einem selbstentwickelten Ratingbogen in den Dimensionen Informationsinhalt und Klangempfinden (Tab. 1). Die Kniewinkelverlaufsdaten wurden dabei zusätzlich über 10 Zyklen aufgezeichnet (Sofigait, BeSB, Berlin und UHH). Zur statistischen Analyse wurden der Friedmann-Test, sowie eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung (Akzentuierung x Pitch) durchgeführt.

Tab. 1. Mittelwert \pm SD der vier Feedbackvarianten auf einer Skala von 1 (gar nicht) bis 6 (sehr gut) für die Informations-Dimension und 1 (unangenehm) bis 6 (angenehm) für die affektive Dimension Klangempfinden.

Variante	Akzentuierung	Pitch	Information (Gangwahrnehmung)	Klangempfinden
FB 1	Schwungphase	hoch	$4,5 \pm 1,1$	$3,9 \pm 1,4$
FB 2	Schwungphase	gedämpft	$4,7 \pm 1,2$	$4,3 \pm 1,4$
FB 3	Standphase	hoch	$4,4 \pm 1,2$	$3,4 \pm 1,3$
FB 4	Standphase	gedämpft	$4,3 \pm 1,3$	$3,8 \pm 1,6$

Ergebnisse

Die erzeugte Gangasymmetrie äußerte sich in einer durchschnittlichen Reduktion des maximalen Kniebeugewinkels in der Schwungphase von $11,8 \pm 7,8^\circ$ (ca. 19,5 %). Beide Dimensionen (Information, Klangempfinden) wurden für die Feedbackvariante FB2 am höchsten geratet. Für die Variante FB4 wurde die Dimension Information und für die Variante FB3 die Dimension Klangempfinden am niedrigsten eingeordnet.

Beim Klangempfinden unterschieden sich die vier Varianten signifikant voneinander ($p = .012$), jedoch nicht im Informationsgehalt ($p = .901$). Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors Pitch auf die Dimension Klang ($F = 9,22$; $p = .005$). Für die Akzentuierung konnte kein Haupteffekt auf eine der beiden Dimensionen gefunden werden.

Diskussion

Zweck der Untersuchung war es, den Einfluss der Tonhöhe sowie der Akzentuierung auf die Wahrnehmung eines akustischen Gangfeedbacks (Sonifikation des Kniewinkelverlaufs) zu überprüfen. Hierbei wurde zwischen einer informativen Dimension (Gangwahrnehmung) und einer affektiven Dimension (Klangempfinden) unterschieden. Aus den Ergebnissen lässt sich folgern, dass die Tonhöhe einen Einfluss auf das Klangempfinden als angenehm oder unangenehm ausübte. Die Tonhöhe beeinflusste jedoch nicht den wahrgenommenen Informationsgehalt des Feedbacks. Aufgrund der Manipulation des maximalen Kniebeugewinkels in der Schwungphase wäre eine bessere Wahrnehmung der Gangasymmetrie durch die Feedbackvarianten mit Akzentuierung der Schwungphase (FB1 und FB2) zu erwarten gewesen. Diesen Aspekt bestätigen jedoch nur die deskriptiven Daten. Die Kombination aus dem gedämpften Ton und der einschränkungskonformen Akzentuierung (Schwungphase) erwies sich als die am angenehmsten und gleichzeitig informativsten empfundene Variante.

Literatur

- Effenberg, A. O. (2005). Movement sonification: Effects on perception and action. *IEEE multimedia*, 12(2), 53-59.
- Pietschmann, J., Geu Flores, F., & Jöllenbeck, T. (2019). Gait Training in Orthopedic Rehabilitation after Joint Replacement-Back to Normal Gait with Sonification? *International Journal of computer science in Sport* 18(2), 34-48.
- Reh, J., Schmitz, G., Hwang, T. H., & Effenberg, A. O. (2021). Acoustic Feedback in Gait Rehabilitation—Pre-Post Effects in Patients with Unilateral Hip Arthroplasty. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3.
- Serafin, S., Franinović, K., Hermann, T., Lemaitre, G., Rinott, M., & Rocchesso, D. (2011). Sonic interaction design. In *The sonification handbook*.

Session 2C: Motor Control I

Object weights can be predicted from movement kinematics in a replacement task
Lena Kopnarski & Laura Lippert, Julian Rudisch & Claudia Voelcker-Rehage

Predicting the outcome of basketball free throws – Human experts setting the benchmark

Fabian D. Wachsmann, Lea E. Junge-Bornholt, Heiko Maurer, Lisa K. Maurer & Hermann Müller

Predicting the outcome of basketball free throws – A technical system challenging the human benchmark?

Lea E. Junge-Bornholt, Fabian D. Wachsmann, Heiko Maurer, Lisa K. Maurer & Hermann Müller

The interplay between decision making and motor control

Eric Gießbach, Philipp Raßbach, Oliver Herbort & Rouwen Cañal-Bruland

Object weights can be predicted from movement kinematics in a replacement task

Lena Kopnarski¹, Laura Lippert², Julian Rudisch¹ & Claudia Voelcker-Rehage^{1,3}

¹Institute of Sport and Exercise Sciences, University of Münster, Münster, Germany

²Faculty of Mathematics, Chemnitz University of Technology, Chemnitz, Germany

³Chemnitz University of Technology, Chemnitz, Germany

E-Mail: lena.kopnarski@uni-muenster.de

Keywords: pattern recognition, kinematics, object properties

Introduction

When grasping and replacing an object, grasp pattern, grip and load force are adjusted using an internal forward model (Hermsdörfer et al., 2011).

Machine learning (ML) allows the systematic extraction of specific kinematic patterns of a movement (Balaji et al., 2020). Therefore, ML is a suitable tool to investigate how different object properties change movement patterns as a function of varying object properties.

The aim of this study was to investigate whether the object weight in an object replacement task can be classified by time-profiles of joint angles using a discrete cosine transform for data reduction and a support vector machine (SVM) for classification.

Methods

Twelve healthy subjects (3 female) aged 24.2 ± 1.7 years participated in the experiment. An optical motion capture system (Vicon Motion Systems Ltd, Oxford, UK) was used to record subject motions. The shoulder, elbow, and wrist joint angles were extracted for the right arm. Two different test objects, varying in size with two different weights each were used. The weight of the small object was 341 g in the light and 843 g in the heavy condition. The weight of the large object was 372 g and 874 g, respectively. To ensure some variance in the arm movements, the height and distance of the start position of the object was varied, ending up with four different starting positions.

Subjects reached and grasped an object after an acoustic signal and replaced it in a marked end location. Each subject conducted 10 trials per object weight and starting position summing up to 80 trials. For all trials the time series for every joint angle were compressed separately by using the discrete cosine transform. The cosine coefficients were used for training an SVM to classify the movement kinematics according to different object weights. Cut the time series differently by using the first T data points allowed to study the behavior of the beginning of the lifting process.

To test the accuracy of our model, different strategies for a train/test split and cross-validation (CV) were applied. First, we split all trials randomly 80/20 in train/test data. Second, we used the trials from 2 persons as test set and the trials from all other persons as training set.

Results

The 7 joint angles, especially the 8 coefficients of the cosine transform, included enough information about the weight of the test object and allowed a high prediction rate (cf. Table 1).

In contrast, the raw measured cut time series inserted in the SVM did not allow to predict the weight of the object.

Tab. 1. Classification rates of the prediction. T = length of time series, CV = cross-validation

T	complete	1 s	0.8 s	0.5 s	0.4 s	0.3 s
CV all trials	0.882	0.923	0.914	0.909	0.888	0.878
CV person-wise	0.785	0.820	0.804	0.805	0.802	0.791

Discussion

The object weight condition could be predicted with high reliability on the basis of joint angles. The successful classification of the movements indicate that observed movement kinematics may be used to develop precise forward models in human actions. More accurate predictions of object properties (e.g. weight) allow more precise forward control (e.g. anticipatory grip force scaling). When receiving an object in a handover precise forward models are important for a smooth transfer. Observation of the giver's kinematics when transporting the object may transmit information (e.g. weight) and therefore may be used for the formation of forward models on the receiver side.

A possible field of application for this approach is robotics. A robot may predict object properties without having to learn the object class beforehand. This could be a suitable complement to approaches such as image recognition.

We suggest that in further experiments not only the starting position of the object is varied, but also the context in which the object is grasped is changed in order to obtain more complex movement sequences and thus to test the robustness of the approach presented here.

References

- Balaji, E., Brindha D., & Balakrishnan R. (2020). Supervised machine learning based gait classification system for early detection and stage classification of Parkinson's disease. *Applied Soft Computing*, 94, 106494.
- Hermisdörfer, J., Li, Y., Randerath, J., Goldenberg, G., & Eidenmüller, S. (2011). Anticipatory scaling of grip forces when lifting objects of everyday life. *Experimental Brain Research*, 212(1), 19–31.

Funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG, German Research Foundation) – Project-ID 416228727 – SFB 1410.

Predicting the outcome of basketball free throws – Human experts setting the benchmark

Fabian D. Wachsmann¹, Lea E. Junge-Bornholt^{2,3}, Heiko Maurer², Lisa K. Maurer^{2,3} & Hermann Müller^{2,3}

¹Department of Psychology, Justus Liebig University Giessen, Giessen, Germany

²Neuromotor Behavior Laboratory, Department of Psychology and Sport Science, Justus Liebig University Giessen, Giessen, Germany

³Center for Mind, Brain and Behavior, Universities of Marburg and Giessen, Germany

E-Mail: fabian.wachsmann@psychol.uni-giessen.de

Keywords: action outcome prediction, basketball free throws, forward model

Introduction

Predictions of one's own body and the world around are crucial for motor control and motor learning (McNamee & Wolpert, 2019). In training a motor skill, one does not only improve in executing the movement but also at predicting the consequences in a given trial. Maglott et al. (2019) showed that experts surpass novices in the prediction of basketball free throw hits. However, this study did not correct for response biases or strategic adjustments relying on base rates. Maurer et al. (2021) proposed a solution to this problem in their study concerning the verbal prediction of a virtual throwing task. By calculating an individual chance level, they controlled for strategies e.g. knowledge of hit rate. The goal of this study was to quantify the strategy-controlled accuracy of basketball free throw predictions of human experts, thereby also setting a benchmark for predictions done by computers.

Methods

20 basketball experts, with a mean experience of eleven years, participated in the study and each performed 500 free throws. In all of them, the throwing hand and the ball were provided with reflective markers. The trajectories were recorded by a 28-camera optoelectrical motion capturing system (Vicon) with a sampling frequency of 240 Hz. Every second trial, immediately upon ball release, the player's vision was occluded (Plato goggles) and white noise was played via in-ear headphones for 2.5 seconds. During withdrawal of visual and auditory information, they had to verbally predict the outcome (hit/miss) of their current throw. Individual prediction accuracy was determined by subtracting the individual chance level from the correct prediction level and normalizing with respect to beyond random prediction. Individual chance levels were computed by summing the actual hit rate times the rate of verbally predicting a hit and the actual miss rate times the rate of verbally predicting a miss. The rate of correct predictions was the sum of correctly predicted hits and misses.

Results

Using verbal prediction, the basketball players were able to reach a mean prediction accuracy of 14.0% above their individual chance level with a standard deviation of 9.9%. This result was also significantly different from zero ($p < 0.001$).

Discussion

At least in theory, ball flight is deterministic, following the physics of the world. Therefore, a basketball free throw should be predictable immediately after release. For such a prediction, humans mainly rely on two sources of information, kinesthetic information from sensors and an efferent copy of the motor commands. All these information sources are corrupted with noise and entail time delays. In the occlusion condition of the experiment, information was available only pre-release. In addition, a sufficiently accurate physical model needs to be established to connect ball parameters at release with the outcome (hit/miss). Despite all these difficulties, experts managed to predict and verbalize the outcome above individual chance level.

In conclusion, humans are able to predict the outcome of basketball free throws. Not surprisingly, they are far from being perfect. They are limited by their noisy sensory input and signal transduction, they are rather slow in processing, and they need a lot of training to learn the physics of the world via experience. In comparison, these limitations are highly reduced in technical systems including computers. Therefore, one could hypothesize that a computer algorithm would not only predict faster but also with higher accuracy than humans.

References

- Maglott, J. C., Chiasson, D., & Shull, P. B. (2019). Influence of skill level on predicting the success of one's own basketball free throws. *PloS one*, 14(3), e0214074. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214074>
- Maurer, L. K., Maurer, H., Hegele, M., & Müller, H. (2022). Can Stephen Curry really know?-Conscious access to outcome prediction of motor actions. *PloS one*, 17(1), e0250047. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250047>
- McNamee, D., & Wolpert, D. M. (2019). Internal Models in Biological Control. *Annual review of control, robotics, and autonomous systems*, 2, 339–364. <https://doi.org/10.1146/annurev-control-060117-105206>

Predicting the outcome of basketball free throws – A technical system challenging the human benchmark?

Lea E. Junge-Bornholt^{1,2}, Fabian D. Wachsmann³, Heiko Maurer¹, Lisa K. Maurer^{1,2} & Hermann Müller^{1,2}

¹Neuromotor Behavior Laboratory, Department of Psychology and Sport Science, Justus Liebig University Giessen, Giessen, Germany

²Center for Mind, Brain and Behavior, Universities of Marburg and Giessen, Germany

³Department of Psychology, Justus Liebig University Giessen, Giessen, Germany

E-Mail: lea.junge-bornholt-1@sport.uni-giessen.de

Keywords: Outcome Prediction, Projectile motion, Basketball free throws

Introduction

Experienced basketball players seem to be able to predict the outcome of their free throws (Maglott et al. 2019). During motor learning, they internalize their movements and repeatedly experience the resulting outcomes (McNamee & Wolpert, 2019). This effortful process is required to make proper predictions from information sampled until ball release. In contrast, a technical system would be able to use post-release information and a known accurate physical model of the world. Therefore, one could assume that the prediction accuracy from a technical system is way better than that of humans. In the future, this kind of prediction could be useful as predictive feedback to support and accelerate the effectiveness of motor learning. The goal of the present study was to test the quality of outcome predictions of basketball free throws based on three-dimensional kinematic release parameters, captured by a state-of-the-art optoelectrical measurement system.

Methods

20 basketball players participated in the study and each performed 500 free throws, in which the throwing hand and the ball were provided with reflective markers. The trajectories were recorded by a 28-camera optoelectrical motion capturing system (Vicon, 240 Hz). The center of the ball was calculated as the mean of two opposed ball markers. Its three-dimensional position and release velocity was estimated based on data registered within the first 80 ms after the ball left the players' hand. The release velocity and position were then used to predict the outcome (hit/ miss) based on kinematic equations of projectile motion without considering air resistance. Ball trajectory after a rebound from the rim or the board was not modeled. The intersection of the parabolic trajectory with the ring level was used to determine whether the throw was successful or not. For this purpose, the entrance area of the ball center leading to a hit was calculated based on the entrance angle of the trajectory into the ring plane, the ball radius, and the ring radius. These predictions were then compared to the actual results. To estimate the impact of air resistance on the trajectories, the sum of kinetic and potential energies of the ball was investigated. A small erroneous inclination of the gravitational field within the calibrated coordinate system was accounted for by a compensational rotation around each of its axes. To enable a comparison of the prediction accuracy with human expertise an individually computed chance level, taking into account individual success rates, was calculated (Maurer et al. 2021).

Results

The free throw hit rate for all participants was 56 %. The percentage of matching predicted and actual results based on the kinematic equations was 52 %, with a median position difference at ring height of 8.53 cm in relation to the actual results. The mean prediction accuracy was 7.3 % above the individual chance level and showed a significant difference to zero.

Discussion

Despite the fact, that a ball flight in principle is fully determined after ball release, and measurement accuracy of technical systems by far outperforms noisy human sensors, the computer analysis has a comparatively small prediction accuracy. Recording the ball position after release and making predictions based on this kinematic data, still lead to remaining discrepancies. Furthermore, the computer system was constrained by using physical equations calculating only with data from the current throw. Equipped with artificial intelligence, information on whole-body dynamics, and comparable duration of prediction training, computers could become faster and better at predicting targeted throws.

References

- Maglott, J. C., Chiasson, D., & Shull, P. B. (2019). Influence of skill level on predicting the success of one's own basketball free throws. *PloS one*, 14(3), e0214074. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214074>
- Maurer, L. K., Maurer, H., Hegele, M., & Müller, H. (2022). Can Stephen Curry really know?-Conscious access to outcome prediction of motor actions. *PloS one*, 17(1), e0250047. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250047>
- McNamee, D., & Wolpert, D. M. (2019). Internal Models in Biological Control. *Annual review of control, robotics, and autonomous systems*, 2, 339–364. <https://doi.org/10.1146/annurev-control-060117-105206>

The interplay between decision making and motor control

Eric Griessbach¹, Philipp Raßbach², Oliver Herbort² & Rouwen Cañal-Bruland¹

¹Friedrich Schiller University Jena, Jena, Germany

²Julius-Maximilians-University Würzburg, Würzburg, Germany

E-Mail: eric.griessbach@uni-jena.de

Keywords: Gait, Rewards, Motor Cost

Introduction

Decision-making and motor control are often studied separately. However, in everyday life these processes regularly run concurrently (e.g., a soccer player dribbling the ball and deciding what to do next) and could be heavily intertwined (Gordon et al., 2021).

One variable which is argued to play an important role for both processes are motor costs (Shadmehr, Huang, & Ahmed, 2016). During decision-making with concurrent movement, motor costs change passively based on the body state and in addition could also be actively controlled by adaptation of the subsequent movement. More specifically, while walking the cost to turn towards the left or right side dynamically changes based on the alternating swing leg. A lateral step towards the side of the swing leg is more stable than a cross-over step opposite to the side of the swing leg. This difference in stability between cross-over steps increases for higher turning magnitudes (Taylor, Dabnichki, & Strike, 2005).

Based on a prior study (Griessbach, Incagli, Herbort, & Cañal-Bruland, 2021), we aimed to investigate the influence of the motor cost dynamics of lateral stepping during walking on reward-based decision making. If motor costs influence choices, there should be a preference towards the side enabling the lower-cost lateral step, and this preference should further increase with turning magnitude due to the increasing motor cost gradient between lower-cost lateral and higher-cost cross-over steps. Exploratively, we also investigated how the motor cost dynamics influence participants subsequent stepping behavior which could mitigate these cost differences.

Methods

Participants ($n = 40$) walked towards a central obstacle and then bypassed it to collect rewards displayed for a left or right target (Y-fork). Reward options for two lateral targets were displayed during walking one step before reaching the obstacle. The swing leg before bypassing the obstacle was manipulated by predetermining the starting position (left or right foot in front). The angle between targets varied symmetrically ($15^\circ/15^\circ$, $52.5^\circ/52.5^\circ$, or $90^\circ/90^\circ$ for left/right targets). Participants' decisions, turning strategy (lateral or cross-over steps) and stepping position (foot angle and foot orientation) were analyzed with a 3D motion capture system. We used a Bayesian Generalized Linear Mixed Model for statistical analysis.

Results

Results showed that the swing leg during turning influenced participants choices. Participants more frequently walked toward the side enabling a lateral step even at the expense of receiving less reward (OR = 0.33, 95% CrI = 0.17 to 0.66, $P(\text{OR} < 1) > 0.99$). However, the target angle only partially moderated the swing leg effect. The swing leg effect did not increase

between the 15° and 52.5° targets (OR = 0.96, 95% CrI = 0.59 to 1.56, P(OR < 1) = 0.56) but increased from 52.5° targets to 90° targets (OR = 0.57, 95% CrI = 0.33 to 0.98, P(OR < 1) = 0.98). Further analysis of the stepping behavior revealed that participants increasingly replaced cross-over steps with transition steps (both feet next to each other) the higher the turning magnitude. Additionally, participants adapted their foot position and orientation based on turning direction and magnitude.

Discussion

The preference to choose the side of the swing leg suggests that concurrent movement influences decision-making, replicating prior results (Griessbach et al., 2021). However, target angle only partially moderated the swing leg effect but increased the occurrence of transition steps and adaptation of foot placement before turning. The transition steps and adaptations of the foot placement conceivably compensated for decreases in stability of cross-over steps with higher turning magnitude. Therefore, motor cost differences between choice options can be overcome by making adjustments to motor control prior to commitment, which highlights the interplay between decision-making and motor control for decisions with concurrent movement.

References

- Gordon, J., Maselli, A., Lancia, G. L., Thiery, T., Cisek, P., & Pezzulo, G. (2021). The road towards understanding embodied decisions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 131, 722-736.
- Griessbach, E., Incagli, F., Herbort, O., & Cañal-Bruland, R. (2021). Body dynamics of gait affect value-based decisions. *Sci Rep*, 11(1), 11894.
- Shadmehr, R., Huang, H. J., & Ahmed, A. A. (2016). A Representation of Effort in Decision-Making and Motor Control. *Curr Biol*, 26(14), 1929-1934.
- Taylor, M. J., Dabnichki, P., & Strike, S. C. (2005). A three-dimensional biomechanical comparison between turning strategies during the stance phase of walking. *Hum Mov Sci*, 24(4), 558-573.

Postersession

Surprising effects of frontal neural correlates of augmented feedback-processing in extensive motor learning

Linda Margraf, Daniel Krause & Matthias Weigelt

The influence of reward on dual-adaptation

Marion Forano & David W. Franklin

Motor-kognitive Anbahnung beeinflusst die neuronale Kontrolle der Balancefähigkeit

Robin Gemmerich, Simon Kieffer, Mona Diehm, Timo Ziegler, Camila E. Gergaut, Julia Schepmann, Hedda Lausberg & Ingo Helmich

The effect of submaximal and maximal muscle fatiguing contractions on muscle synergy and balance adjustment

Zeinab H. Bahmanbegloo, Alireza Farsi, Francesco Budini & Markus Tilp

Skill acquisition in dynamic movement tasks: Can the freezing strategy be studied through a principal component analysis? – A pilot study

Daniel Debertin, Ivan Serafin & Peter Federolf

How can we better inform return-to-sport decisions after an ACL injury? – A study outline

Maité Calisti, Maurice Mohr & Peter Federolf

Einfluss der individuellen Trainingsbiographie auf das motorische Lernen bei 6- bis 7-jährigen Kindern

Denis Glage

The role of physical and psychological load for top-class handball referees' decision-making – A research programme

Nicolas Bloß, Florian Loffing, Jörg Schorer & Dirk Büsch

Akzeptanzanalyse eines passiven Trageassistenzsystems für die oberen Extremitäten (AkzEpT) – ein Pilotprojekt in Werkstätten am KIT

Claudia Hildebrand, Max Hörandel, Pascal Senn, Loreen Ender & Klaus Bös

Surprising effects of frontal neural correlates of augmented feedback-processing in extensive motor learning

Linda Margraf, Daniel Krause & Matthias Weigelt

Psychology and Movement Science, Paderborn University, Paderborn, Germany

E-Mail: linda.margraf@upb.de

Keywords: Extensive motor practice, feedback processing, EEG

Introduction

The reduction of attention-dependent processing in motor learning (i.e., motor automatization; Hikosaka et al., 1999) is important to enable stable motor performance. This process is moderated by the valence of augmented feedback during extensive practice. Especially, negative feedback seems to provoke attentional control for movement correction and therefore, hampers motor automatization (Krause et al., 2018). There are several neural correlates associated to feedback-processing. The frontal-located feedback-related negativity (FRN) is related to higher attention-dependent processing after prediction errors in reinforcement learning (e.g., San Martin, 2012). The late fronto-central positivity (LFCP) is linked to supervised-learning and more complex feedback processing based on a comparison of the current and the desired output (Cockburn & Holroyd, 2018). Frontal theta-band activity is discussed as a general indicator signaling the need of top-down control to adjust behavior (Cavanagh & Frank, 2014). The aim of the current study is to identify valence-dependent cognitive mechanisms and their practice-related changes during extensive motor practice.

Methods

Thirty-eight students (20 ♀) practiced an elbow-extension-flexion sequence with three movement reversals, performed with the right arm, in 192 trials during each of five practice sessions. Feedback was provided as visual quantitative error information combined with a target bandwidth after every trial. The performance adaptive bandwidth led to equal amounts of positive and negative feedback. EEG was recorded time-locked to feedback onset in the first and last practice session. Frontal ERPs (FRN and LFCP at FCz electrode) were quantified as mean amplitude 20 ms before and after a detected peak in the expected time-window. Frontal theta (4 to 8 Hz at FCz) was measured as non-phase-locked activity. Dual-task cost were measured in a pre-test and a retention test by using a visual-spatial n-back task.

Results

The deflection in the FRN time-window was more negative for negative feedback ($p < .001$; $\eta^2_p = .45$). This valence effect increased over practice ($p = .045$; $d = .41$). The LFCP was higher for negative feedback ($p < .001$; $\eta^2_p = .31$), and did not change over practice. Non-phase-locked frontal theta activity was higher after negative feedback ($p = .010$; $\eta^2_p = .17$), further there was a valence-independent decrease after five practice sessions ($p = .033$; $\eta^2_p = .12$). In general, dual-task costs decreased, while only the LFCP after positive feedback in early practice predicted dual-task cost reductions ($r = .37$; $p = .022$).

Discussion

Consistent with theoretical assumptions, quantitative augmented feedback provoked activity across frontal components (FRN, LFCP, frontal theta), indicating higher attention-dependent processing after negative feedback. Surprisingly, negative amplitudes of the FRN increased after extensive practice related to negative feedback, which might indicate increased difficulties to predict smaller errors in the late practice phase. There were no practice-related changes of the LFCP. Thus, supervised learning seems to be of equal importance in early and late practice. In line with the expectations, a reduced amount of cognitive resources in the later practice phase was supported by decreased frontal theta-band activity. There might be distinct, but overlapping processes in frontal feedback processing. It remains to be solved why some correlates decreased after five sessions of extensive practice, while others did not (that is, not even after an increase of motor automaticity). Surprisingly, from the LFCP alone in early practice it was possible to predict motor automaticity. With regards, processing positive feedback of error information early in practice seems to be beneficial for automatization. This result should be replicated.

References

- Cavanagh, J. F., & Frank, M. J. (2014). Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends in Cognitive Sciences*, 18, 414–421.
- Cockburn, J., & Holroyd, C. B. (2018). Feedback information and the reward positivity. *International Journal of Psychophysiology*, 132, 243–251.
- Hikosaka, O., Nakahara, H., Rand, M. K., Sakai, K., Lu, X., Nakamura, K., Miyachi, S., & Doya, K. (1999). Parallel neural networks for learning sequential procedures. *Trends in Neurosciences*, 22, 464–471.
- Krause, D., Agethen, M., & Zobe, C. (2018). Error feedback frequency affects automaticity but not accuracy and consistency after extensive motor skill practice. *Journal of Motor Behavior*, 50, 144–154.
- San Martin, R. (2012). Event-related potential studies of outcome processing and feedback-guided learning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 1–17.

The influence of reward on dual-adaptation

Marion Forano & David W. Franklin

Technical University of Munich, Munich, Germany

E-Mail: marion.forano@tum.de

Keywords: Dual-adaptation, Reinforcement Learning, Multiple-rate model

Introduction

Motor learning occurs through a variety of learning mechanisms, including reinforcement learning in which rewards affect participant's behaviour. A reward is defined as a stimulus administered to an organism following a correct or desired response that increases the probability of occurrence of the response (Montague et al., 2004). Studies that have investigated the effect of reward on motor adaptation show that reward leads to an overall better adaptation, although the specific processes by which reward influences adaptation are unclear. For example, it has been shown that reward occurs through both an increased learning rate and retention rate (Quattrocchi et al., 2017), only through an increased learning rate (Nikooyan et al., 2014), or only through an increased retention rate (Galea et al., 2015). Here, we studied the effect of reward on motor adaptation using our previous design (Forano and Franklin, 2020) by introducing a performance-based reward. Participants adapted to two opposing force fields in an adaptation-deadaptation-error clamp paradigm, while being exposed to performance scaled rewards, where the reward was enhanced as participants reduced their lateral error. Specifically, we test whether reward influences the learning rate or retention rate of slow or fast processes, as well as distinguishing between implicit and explicit learning.

Methods

Twenty participants performed reaching movements to a target while simultaneously adapting to two opposing force fields (adaptation phase), each associated with a contextual cue (workspace visual location). A de-adaptation phase directly followed where the association between the contextual cues and the force fields were reversed to wash out the previous adaptation. Finally, a consecutive error clamp phase (channel trials) was used to assess the retention. In addition, visual rewards of both points and the presentation of digital faces (emoji) were scaled to participants' trial by trial performance in an experimental 'reward' condition (n=10 participants) and compared to a control group (n=10) where no reward was presented. As participants reduced their horizontal error (induced by the external force fields), the reward showed a happier face and the participants received higher numbers of points. Additional instructed channel trials, where participants were informed of a temporary force field removal, drove participants to not produce any explicit force compensation. In these trials, any measured force compensation allowed us to quantify implicit adaptation component, and therefore dissociate implicit and explicit components from the overall adaptation (Forano et al., 2021).

Results

In both experimental and control conditions, participants simultaneously adapted to both opposing force fields, reducing the motor error by learning the appropriate compensation to the perturbation. The reward group showed both faster initial adaptation and better retention in the error-clamp phase. However, the major difference in results between the reward and control groups appears to come exclusively from an explicit learning component. Model fitting suggests a higher learning rate and slightly increased retention rate for the reward condition, particularly for the fast process which may be related to explicit learning.

Discussion

Our experimental and model fitting results bring together previous studies on the increase of learning and retention rate of adaptation, in a dual-adaptation task. However, we additionally show that reward may act primarily through its effect on the explicit component of learning, suggesting that reward might activate higher areas of the brain.

References

- Forano, M., & Franklin, D. W. (2020). Timescales of motor memory formation in dual-adaptation. *PLoS Computational Biology*, 16(10), e1008373.
- Forano, M., Schween, R., Taylor, J. A., Hegele, M., & Franklin, D. W. (2021). Direct and indirect cues can enable dual adaptation, but through different learning processes. *Journal of Neurophysiology*, 126(5), 1490-1506.
- Galea, J. M., Mallia, E., Rothwell, J., & Diedrichsen, J. (2015). The dissociable effects of punishment and reward on motor learning. *Nature Neuroscience*, 18(4), 597-602.
- Montague, P. R., Hyman, S. E., & Cohen, J. D. (2004). Computational roles for dopamine in behavioural control. *Nature*, 431(7010), 760-767.
- Nikooyan, A. A., & Ahmed, A. A. (2015). Reward feedback accelerates motor learning. *Journal of Neurophysiology*, 113(2), 633-646.
- Quattrocchi, G., Greenwood, R., Rothwell, J. C., Galea, J. M., & Bestmann, S. (2017). Reward and punishment enhance motor adaptation in stroke. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 88(9), 730-736.

Motor-kognitive Anbahnung beeinflusst die neuronale Kontrolle der Balancefähigkeit

Robin Gemmerich¹, Simon Kieffer^{1,2}, Mona Diehm¹, Timo Ziegler¹, Camila E. Gergaut¹, Julia Schepmann¹, Hedda Lausberg² & Ingo Helmich^{1,2}

¹Abteilung Sportmotorik, Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

²Abteilung für Neurologie, Psychosomatik und Psychiatrie, Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

E-Mail: r.gemmerich@dshs-koeln.de

Schlüsselwörter: Balance, motor-kognitive Anbahnung, funktionale NahInfraRotSpektroskopie (fNIRS)

Einleitung

Durch das passive Lesen von handlungsbezogenen Wörtern, die sich auf Gesichts-, Arm- oder Beinaktionen beziehen (z. B. lecken, picken, treten), zeigten Hauk et al. (2004), dass motor-kognitive Prozesse im motorischen Kortex angebahnt werden können. Aktuelle Studien gehen sowohl davon aus, dass kognitive Aufgaben die posturale Schwankung beeinflussen (Schmidt & Lee, 1999) als auch eine verbesserte Haltungsstabilität initiieren (Riley et al. 2015). Die funktionale NahInfraRot Spektroskopie (fNIRS) erlaubt die Gehirnoxxygenierung während kognitiven Aufgaben als auch während der posturalen Kontrolle zu analysieren (Helmich et al. 2015, 2016, 2020). Ziel der vorliegenden Studie ist es daher den Einfluss von motor-kognitiver Anbahnung auf die posturale Kontrolle und der Gehirnaktivierung zu untersuchen.

Methode

Die Stichprobe umfasst 25 aktive und gesunde (keine neurologischen oder orthopädischen Erkrankungen) Sportler*innen (22 Männer, 3 Frauen, Durchschnittsalter: $22,8 \pm 3,86$ Jahre). Die posturale Kontrolle wurde mithilfe eines Druckverteilungs-Messsystems (Typ FDM XS von zebris Medical GmbH) während (I) geöffneten/geschlossenen Augen; (II) auf einer stabilen/instabilen Oberfläche stehend; und (III) mit/ohne Aufgabe zur kognitiven Anbahnung (Task) erhoben. Die Tasks wurden in eine motor-kognitive ($\text{Task}_{\text{motor}}$: Nachsprechen von motorischen Aktionen) und nicht-motorisch-kognitiv ($\text{Task}_{\text{nicht-motor}}$: Nachsprechen von Zahlen) Aufgabe unterschieden. Die neuronale Aktivierung der posturalen Kontrolle wurde mittels der mobilen fNIRS (NIRSSport2, NIRx GmbH, 8 Quellen, 8 Empfänger, 18 Kanäle) über sensomotorischen Arealen der linken und rechten Hemisphäre abgeleitet.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der posturalen Kontrolle des $\text{Task}_{\text{motor}}$ mit geschlossenen Augen und instabiler Standfläche zeigen eine signifikante Reduzierung der Körperschwankung (kleinere Fläche der Konfidenzellipse in mm^2) im Vergleich zur posturalen Kontrolle ohne Task-Aufgabe ($F(1,391, 33,379) = 5,272, p = 0,019, \eta^2 = 0,180$ (post-hoc Test $p < 0,01$)). Die Ergebnisse mit fNIRS zeigen in sieben Kanälen einen signifikanten Anstieg der Gehirnoxxygenierung [ΔHbO] während bzgl. Task (z.B. linke Hemisphäre ($F(2, 48) = 4,377, p < 0,05, \eta^2 = 0,154$)). Die post-hoc Vergleiche ergeben in drei Kanälen der linken Hemisphäre, lokalisiert im prämotorischen

Cortex, eine erhöhte Gehirnoxygenierung der Task_{motor} im Vergleich zur Messung ohne Task ($p < 0.05$).

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen reduzierte posturale Schwankungen mittels der motor-kognitiven Anbahnung während der posturalen Kontrolle mit geschlossenen Augen und instabiler Standfläche. Der damit einhergehende Anstieg der Gehirnoxygenierung zeigt, dass motorische Prozesse durch motor-kognitiver Aufgaben eingeleitet werden können, wodurch die posturale Kontrolle verbessert wird. Die gewonnenen Erkenntnisse können zukünftig zur Optimierung von Rehabilitationsmaßnahmen bei Erkrankungen mit Gleichgewichtseinschränkungen eingesetzt werden.

Literatur

- Hauk, O., Johnsrude, W., Pulvermüller F. (2004): Somatotopic Representation of Action Words in Human Motor and Premotor Cortex, *Neuron*, Volume 41, Issue 2, 2004, Pages 301-307
- Helmich, I., Saluja, R. S., Lausberg, H., Kempe, M., Furley, P., Berger, A., ... & Ptito, A. (2015). Persistent postconcussive symptoms are accompanied by decreased functional brain oxygenation. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 27(4), 287-298.
- Helmich, I., Berger, A., & Lausberg, H. (2016). Neural control of posture in individuals with persisting postconcussion symptoms. *Med. Sci. Sports Exerc*, 48(12), 2362-2369.
- Helmich, I., Coenen, J., Henckert, S., Pardalis, E., Schupp, S., & Lausberg, H. (2020): Reduced frontopolar brain activation characterizes concussed athletes with balance deficits. *NeuroImage. Clinical*, 25, 102164.
- M.A. Riley, A.A. Baker, J.M. Schmit, E. (2005): Weaver, Effects of visual and auditory short-term memory tasks on the spatiotemporal dynamics and variability of postural sway, *J. Mot. Behav.* 37 (2005) 311–324.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (1999). *Attention and performance Motor control and learning: A behavioral emphasis* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

The effect of submaximal and maximal muscle fatiguing contractions on muscle synergy and balance adjustment

Zeinab H. Bahmanbegloo¹, Alireza Farsi¹, Francesco Budini² & Markus Tilp²

¹ Department sport sciences and physical education, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² Department of human movement science, sport and health, University of Graz, Graz, Austria

E-Mail: zbahmanbegloo90@yahoo.com

Keywords: Muscle fatigue, Postural control, Voluntary contraction

Introduction

Besides a decrease in peak muscle force, muscular fatigue leads to altered motor recruitment and adjustments in activation of muscle groups with parallel scaling of activation levels (M-modes) (Enoka et al, 2011) and impaired postural control (Bisson et al, 2012). Numerous factors that have been proposed to mediate muscle fatigue are classified into two components with respect to their origin, i.e. central and peripheral fatigue. Both components contribute to the fatigue-induced impairment of neuromuscular control and performance (Gandevia et al., 1996). However, the relationship between the type of fatigue and impairment of neuromuscular performance is not well understood. The purpose of this study was to investigate the effects of central and peripheral muscle fatigue on elemental variables (M-modes) during voluntary body sway.

Method

Twelve young adults (8 men, 4 women, 23.75 ± 4.22 years, 66 ± 8.9 kg, 168 ± 8.9 cm) performed isometric contractions of the triceps surae muscle at 40% and 100% of their maximal voluntary contraction until failure (three-time decrease of torque by 10%) to induce central and peripheral fatigue, respectively. Stimulation was applied over the tibial nerve to evoke maximal M-waves, superimposed twitch and rest-imposed twitches to assess the amount of central and peripheral fatigue (Gandevia, 2001). Before and after the fatiguing intervention subjects performed voluntary sways on a force platform in the anterior posterior (AP) direction. EMG signals of 10 postural muscles were recorded and analyzed. Principal component analysis was used to identify four M-modes and the compositions of M-modes (mixed-modes and co-contraction) within the space of integrated indices of muscle activity (Klous et al, 2010).

Results

Central fatigue was significantly higher after submaximal (-16%) than maximal (-4%) fatiguing contractions. Centre of pressure areas during sway significantly increased more after submaximal (55%) than after maximal (5%) fatiguing contractions. After maximal fatiguing contractions, the amount of variance explained by principal component and M-modes did not change. However, after submaximal fatiguing contractions, the co-contractions (from 7 to 18) and mixed m-modes (from 4 to 10) increased significantly following submaximal fatiguing contractions.

Conclusion

The results suggest that one of the adaptive mechanisms within a redundant system after submaximal fatiguing tasks, that induces central fatigue and impairment of neuromuscular performance, is to increase co-contraction and mixed m-modes to increase stability. These strategies are similar to those observed in elderly (Van Ooteghem et al, 2009) and persons with neurological disorders (Aruin, A. S., & Almeida, G. L., 1997).

References

- Enoka, R. M., Baudry, S., Rudroff, T., Farina, D., Klass, M., & Duchateau, J. (2011). Unraveling the neurophysiology of muscle fatigue. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(2), 208-219.
- Bisson, E. J., Remaud, A., Boyas, S., Lajoie, Y., & Bilodeau, M. (2012). Effects of fatiguing isometric and isokinetic ankle exercises on postural control while standing on firm and compliant surfaces. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 9(1), 1-9.
- Gandevia, S., Allen, G. M., Butler, J. E., & Taylor, J. L. (1996). Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex. *The Journal of physiology*, 490(2), 529-536.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews*.
- Klous, M., Danna-dos-Santos, A., & Latash, M. L. (2010). Multi-muscle synergies in a dual postural task: evidence for the principle of superposition. *Experimental brain research*, 202(2), 457-471.
- Van Ooteghem, K., Frank, J. S., & Horak, F. B. (2009). Practice-related improvements in posture control differ between young and older adults exposed to continuous, variable amplitude oscillations of the support surface. *Experimental brain research*, 199(2), 185-193.
- Aruin, A. S., & Almeida, G. L. (1997). A coactivation strategy in anticipatory postural adjustments in persons with Down syndrome. *Motor control*, 1(2), 178-191.

Skill acquisition in dynamic movement tasks: Can the freezing strategy be studied through a principal component analysis? – A pilot study

Daniel Debertin¹, Ivan Serafin^{1,2} & Peter Federolf¹

¹Department of Sport Science, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria

²Faculty of Sports Studies, Masaryk University, Brno, Czech Republic

E-Mail: Daniel.Debertin@uibk.ac.at

Keywords: Sensorimotor control, learning strategy, coordination training

Introduction

Coordination is the basis for moving effectively, smoothly and injury-free. Dynamic movement coordination is the result of a self-organized learning process (Turvey, 1990), whose underlying mechanisms are not fully understood. One of the few sensorimotor control approaches is the “freezing strategy” (Bernstein, 1967). It suggests that the neuromuscular system, when tasked with learning a new complex movement, initially “simplifies” the control task by reducing the mechanical degrees of freedom DoFs (e.g. through stiffening of joints) to then gradually free the DoFs as it learns how to coordinate and utilize them for the task. Previous research investigated freezing through analysing joint range of motion and cross-correlation (Guimarães, 2020). The aim of the current pilot study is to analyse freezing within decomposed partial movement patterns of the given body configuration, so called principal movements PMs (Federolf, 2016), as a potential strategy for improving a coordinative task. We hypothesize that PMs can be identified, where freezing can be observed.

Methods

A group of six young adults ($M = 26.0$ years, $SD = 2.0$) participated in a two-week training program designed to improve the following task: While walking on a treadmill, carry a cup of water placed on a tray and keep its movement as little/smooth as possible (Fig. 1a). The task was new to all participants (no waiters). Performance was quantified between pre- and post-test as percentage decrease in mean absolute acceleration of seven markers attached to the tray and cup. The task was performed four times (walking speeds of 3/4 km/h; tray on left/right hand) for one minute each. Whole-body movement was captured (Vicon, 250 Hz) and analysed by a principal component analysis PCA. The extracted PMs were evaluated qualitatively. To validate freezing-related PMs, the percentage increase in the amount of variability expressed by the PM is linked with changes in task performance. The higher the amount, the more this PM is used (overcoming early stage freezing) and it is checked whether this correlates with improved performance (less acceleration of tray/cup).

Results

Three subjects (1, 2, 3) significantly improved the performance variable in all four trials (by 28%, 14%, and 12%), whereas the other three showed at least one trial without an improvement (average changes -2%, 5%, -5%) (Fig. 1b). The qualitative inspection of the first 10 PMs revealed one PM highly suitable for a freezing strategy: It involved a contralateral arm swing, assumingly a balance task-specific corrective compensatory movement. Two of the

three subjects (1, 2), who had improved their coordinative performance through the training intervention, also showed systematic increase in utilization of this PM, while other changes were inconsistent.

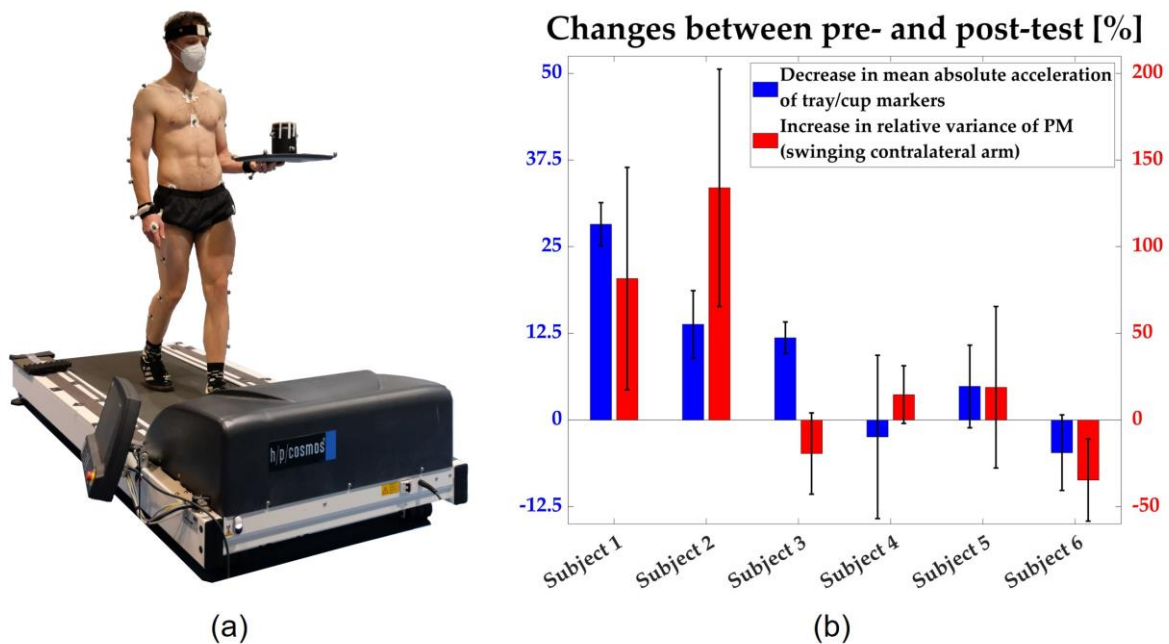


Fig. 1. The experiment setup for balancing a tray/cup on a treadmill (a); Changes in performance (blue) versus changes in relative variance expressed by the freezing-related PM (red) (b). Changes are referred to between pre- and post-coordination training and as averages of four trials (3/4 km/h, left/right hand balancing).

Discussion

Reliable performance improvement by 50% of the study cohort indicates that their sensorimotor control was able to adapt such that the coordinative task was performed to a smoother degree. Two subjects, who consistently improved the performance, also showed a consistent increase in the utilization of a PM involving contralateral arm swing, which suggests that they passed through the process from early to late stage in the freezing concept within the study. In summary, while preliminary considering the small sample size and task dependencies, our results suggest that the freezing phenomenon can be studied through PMs. In that, the current study represents a new approach towards analysing freezing strategies within skill acquisition in dynamic movements.

References

- Turvey, M. T. (1990). Coordination. *American Psychologist*, 45(8), 938-953.
- Bernstein, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford, UK: Pergamon.
- Guimarães, A. N., Ugrinowitsch, H., Dascal, J. B., Porto, A. B., & Okazaki, V. H. A. (2020). Freezing degrees of freedom during motor learning: A systematic review. *Motor control*, 24(3), 457-471.
- Federolf, P. A. (2016). A novel approach to study human posture control: "Principal movements" obtained from a principal component analysis of kinematic marker data. *Journal of Biomechanics*, 49(3), 364-370.

How can we better inform return-to-sport decisions after an ACL injury? – A study outline

Maité Calisti, Maurice Mohr & Peter Federolf

Department of Sport Science, University of Innsbruck, Austria

E-Mail: maite.calisti@uibk.ac.at

Keywords: ACL injury, RTS, neuromuscular control

Background

One main goal after an ACL injury and subsequent ACL reconstruction is to reduce the re-injury risk by minimizing peak ACL forces in injury-prone movements and by so allowing a safe return-to-sport (RTS). A successful RTS requires adequate neuromuscular control of the athlete enabled through sufficient muscle strength and the necessary intermuscular coordination to protect the ACL during injury-prone situations such as jump-landings (Griffin, 2000; Heinrich, 2021). Therefore, we argue that one central decision criterion for RTS should be based on sensitive markers to detect deficits in muscle strength and coordination during jump-landings.

A well-coordinated movement to prevent the ACL injury cascade during jump-landings may be characterized by 1) high lower limb joint stiffness in the transverse and frontal planes to avoid high multi-axial knee loads and associated knee valgus collapse, and 2) high smoothness of the vertical landing trajectory to avoid high loading rates and associated axial tibial compressive loading (Boden, 2010). If an athlete demonstrates these features following rehabilitation, he/she may have (re)gained sufficient strength and intermuscular coordination of the hip rotators and core muscles (high frontal/transverse plane landing stiffness) as well as ankle, knee, and hip extensors (high vertical landing smoothness) as a basis for safe RTS. To test the validity of this approach, we will analyse conditions where compromised neuromuscular control can be assumed, such as in previously ACL-injured individuals and by performing jump-landings in a fatigued state.

The main goal of the proposed study is to evaluate neuromuscular control based on variables of smoothness and stiffness in a healthy and previously ACL injured group with and without muscle fatigue to draw conclusions about movement coordination in six different jump-landing tasks. Contrasting multiple jumps will allow us to detect one or two jumps that are most sensitive to neuromuscular deficits and thus most useful for RTS assessments.

Figure 1. demonstrates hypothesized results for frontal plane stiffness according to the angular change of the knee abduction angle and smoothness of the vertical center of mass (COM) motion. We hypothesize to see increased angular change in knee abduction and less smoothness of the COM for both groups when fatigued. Further, we hypothesize that the ACL group will show increased angular change in the knee abduction and less COM smoothness compared to the control group.

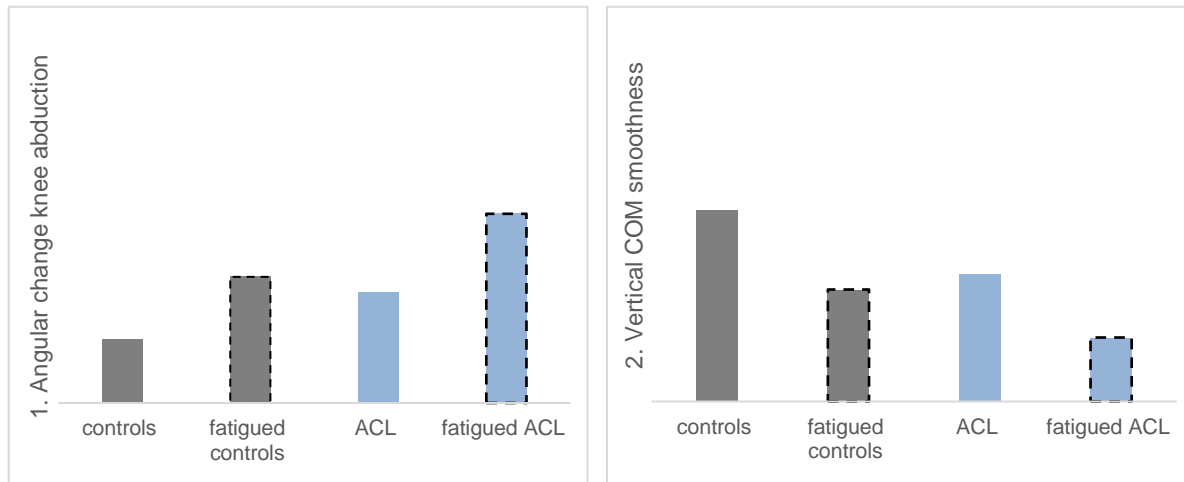


Fig. 1. Hypothetical results: 1. angular change (stiffness) of knee abduction angle; 2. vertical COM movement smoothness for the control group (grey bars) and the ACL group (blue bars).

Methods

A total of 40 male and female volunteers with a previous ACL injury (ACL) and healthy participants (controls) will be measured in June 2022. The following sports-related jumps will be assessed in a fatigued and non-fatigued condition: bilateral drop jump, bilateral and unilateral counter movement jump, single leg hop, cross over hop and medial rotational hop. Data will be collected with a marker-based motion capture system and two synchronized force plates. Inverse kinematics will be processed using OpenSim. Stiffness will be calculated as the angular change from initial contact to peak knee flexion. Movement smoothness of the vertical displacement of the COM will be quantified using a normalized measure of jerk (Hogan, 2009).

Discussion

With this study we hope to establish neuromuscular control parameters to provide information about the muscular coordination in different jumps after an ACL injury based on a kinematic analysis. In a subsequent study, we aim to leverage this knowledge to introduce a feasible jump-landing assessment to assist RTS decision-making in a clinical setting.

References

- Boden, B. P., Sheehan, F. T., & Torg, J. S. (2010). Non-contact ACL Injuries: Mechanisms and Risk Factors. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 18(9), 520–527.
- Griffin, L. Y., Agel, J., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Dick, R. W., Garrett, W. E., Garrick, J. G., & Wojtys, E. M. (2000). Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Risk Factors and Prevention Strategies. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 8(3), 141–150.
- Heinrich, D., van den Bogert, A. J., Csapo, R., & Nachbauer, W. (2021). A model-based approach to predict neuromuscular control patterns that minimize ACL forces during jump landing. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 24(6), 612–622.
- Hogan, N., & Sternad, D. (2009). Sensitivity of Smoothness Measures to Movement Duration, Amplitude, and Arrests. *Journal of Motor Behavior*, 41(6), 529–534.

Einfluss der individuellen Trainingsbiographie auf das motorische Lernen bei 6- bis 7-jährigen Kindern

Denis Glage

Institut für Sportwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, Deutschland

E-Mail: dglage@sport.uni-goettingen.de

Schlüsselwörter: Bewegungserfahrung, Efferenzkopie, motorische Aneignung, Kinder

Einleitung

Es liegen Hinweise vor, wonach die Bewegungserfahrungen, die eine Person in ihrem Leben macht, das motorische Lernen positiv beeinflusst (Wollny, 2002, 243ff.; Thienes & Glage, 2020). Dabei stellt der trainingsbedingte Sport, welcher als ein Teil der Bewegungserfahrung angesehen wird, einen zentralen Einflussfaktor für das motorische Lernen dar (Bös et al., 2009, S. 300). Ziel der Studie ist es, den Einfluss der individuellen Trainingsbiographie auf das motorische Lernen von Kindern im Alter von 6 bis 7 Jahren zu untersuchen.

Methode

An der Studie nahmen 49 Kinder ($n_{\text{♂}}=31$; $n_{\text{♀}}=18$) im Alter von 6 bis 7 Jahren ($\bar{X} 6,63 \pm 0,49$) teil. Die Kinder beantworteten den Trainingsbiographie-Fragebogen in Anlehnung an Bös et al. (2009, S. 354), welcher sowohl die aktuelle, als auch die vergangene sportliche Aktivität im Verein der Kinder erfasste. Diese wurde zu einer Gesamttrainingsstundenanzahl zusammengefasst und mit dem motorischen Lernen in Beziehung gesetzt. Die Datenauswertung hinsichtlich der betriebenen Sportarten steht hierbei noch aus. Die motorische Lernaufgabe war das Lernen des Bohnensackwerfens nach Chiviacowsky et al. (2008). Durch das Werfen mit der nicht dominanten Hand, kann davon ausgegangen werden, dass die Kinder keine Vorerfahrungen bzgl. der Lernaufgabe besitzen.

Ergebnisse

Die Gesamttrainingsstunden zeigen einen geringen nicht signifikanten Erklärungswert für die motorische Lernleistung ($r^2 = .010$; $p = .498$). Ebenso zeigen sich nicht signifikante, jedoch größere Effekte der Gesamttrainingsstunden bezogen auf die MZP1- ($r^2 = .065$; $p = .078$) und MZP2-Leistung ($r^2 = .019$; $p = .349$) beim Lernen des Bohnensackwerfens.

Diskussion

Die Bewegungserfahrung, ermittelt über die Trainingsbiographie, scheint bei den Kindern weniger geeignet zu sein, um die motorische Lernleistung beim Bohnensackwerfen adäquat zu erklären. Jedoch liegen Hinweise vor, wonach die Gesamttrainingsstunden die MZP1- und MZP2-Leistung positiv beeinflussen. Demnach wird angenommen, dass die Gesamttrainingsstunden zumindest in Teilen zu einer Erweiterung der Efferenzkopie beitragen, indem die Kinder von ihrem höheren Bewegungsrepertoire profitieren.

Literatur

- Bös, K., Worth, A., Opper, E., Oberger, J., Romahn, N., Wagner, M., Jekauc, D., Mess, F. & Woll, A. (2009). Motorik-Modul: Eine Studie zur motorischen Leistungsfähigkeit und körperlich-sportlichen Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Baden-Baden: Nomos.
- Chiviakowsky, S., Wulf, G., Laroque de Medeiros, F., Kaefer, A. & Tani, G. (2008). Learning benefits of self-controlled knowledge of results in 10-years-old children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(3), 405-410.
- Thienes, G. & Glage, D. (2020). Einfluss der Koordination auf das Lernen einer großmotorischen Aufgabe. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 1(50), 60-70.
- Wollny, R. (2002). *Motorische Entwicklung in der Lebensspanne – Warum lernen und optimieren manche Menschen Bewegungen besser als andere?* Schorndorf: Hofmann.

The role of physical and psychological load for top-class handball referees' decision-making – A research programme

Nicolas Bloß¹, Florian Loffing^{1,2}, Jörg Schorer¹ & Dirk Büsch¹

¹Carl von Ossietzky University of Oldenburg, Oldenburg, Germany

²German Sport University Cologne, Cologne, Germany

E-Mail: nicolas.bloss1@uni-oldenburg.de

Keywords: sports games, officiating, sport officials

Introduction

Referees have the responsibility for correct decision-making under physical and psychological load to not disadvantage one team. In a research programme, we examined the effects of physical and psychological load on top-class handball referees' decision-making (RDM). In a first step, we reworked the link between physical load and RDM in a scoping review. Although evidence is not conclusive and partly contradictory, most studies (none conducted in handball) indicated no or a negative effect of physical load on RDM. To address psychological load we referred to the construct of rumination (Michel-Kröhler et al., 2021) as decision-making errors can lead referees to ruminate, i.e. they fall into a spiral of negative thoughts which may enhance the probability for making errors. For example, RDM correctness of high ruminating referees was reported to be affected more compared to low ruminating referees (Poolton et al., 2011).

Methods

Based on the review's evidence (Bloß et al., 2020), we first examined the effect of physical load on RDM in isolation (studies 1 and 2, Bloß et al., 2022b). Therefore, the *Yo-Yo Test for Referees* (YYTR) was developed. The YYTR is a combination of the *Yo-Yo Intermittent Recovery Test* (level 1, YYT; Bangsbo et al., 2008) to induce increasing physical load and a *video-based decision-making test* (conducted during the 10-seconds-regeneration phase of the original YYT) to assess referees' decision-making on decision (foul or no foul) and reasoning (type of foul, punishment) situations presented as videos on tablets. In study 3, the YYTR was combined with psychological load created through instantaneous feedback on referees' incorrect decision-making (study 3, Bloß et al., 2022a). The latter was done to test if low and high ruminating referees react differently to load and error-related feedback. Note, that (a) referees performed the YYTR until their maximum physical capacity (exhaustion), (b) the videos included in the YYTR differ across the three studies and (c) the video test procedure was continuously developed in all studies (for details see Bloß et al., 2022a; Bloß et al., 2022b).

Results

Study 1 ($N = 66$) revealed a negative effect of physical load on referees' decisions (calling a foul or no foul) and reasonings (type of foul, punishment), whereas study 2 ($N = 75$) showed no effect of physical load on decisions, but an improvement in reasonings with increasing physical load (cf. Fig. 1A). In study 3 ($N = 72$), decision-making accuracy did not differ meaningfully between low and high ruminating referees (cf. Fig. 1B).

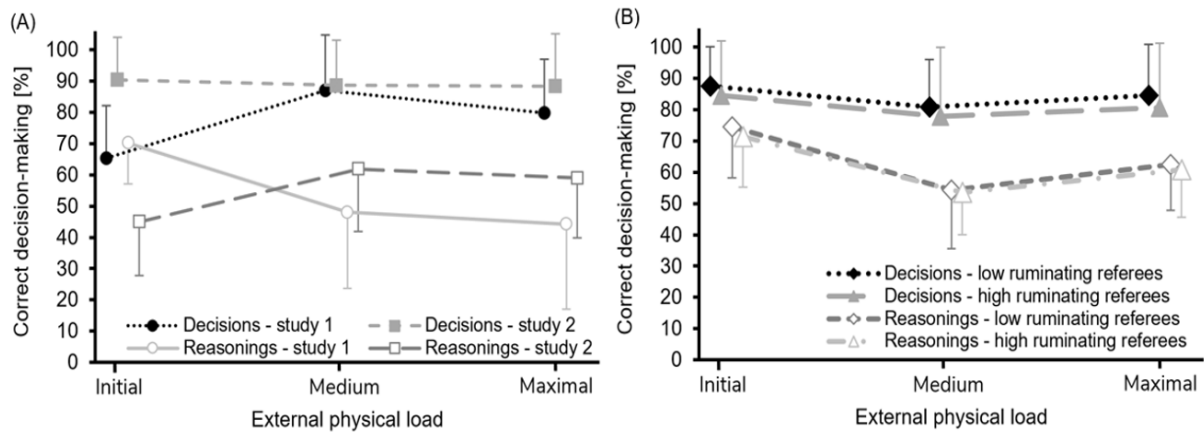


Fig. 1. Illustration of correct decision-making [% correctness] in study 1 and 2 (A) as well as in study 3 (B). All error bars indicate standard deviation.

Discussion

Referees who participated in both studies 1 and 2 ($n = 59$) improved their endurance capacity due to an interim training intervention by the German Handball Federation. That improvement was accompanied by improved decisions at a consistently higher level and more correct reasonings in study 2 than in study 1. While not conclusive (e.g. higher familiarity with the YTTR in study 2), we propose that an improved endurance may result in lower subjective fatigue, thus enabling larger cognitive capacity (Enoka & Duchateau, 2016). This may facilitate RDM especially at the end of a physically challenging game. The preliminary findings obtained from study 3 indicate that rumination, as a psychological trait, seems not to be associated with top-class handball RDM. Collectively, while our research indicates that physical load may affect RDM, future research needs to consider various methodological limitations to substantiate the hypothesized link between physical load and RDM.

References

- Bangsbo, J., Iaia, F.M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37-51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>.
- Bloß, N., Schorer, J., Loffing, F., & Büsch, D. (2020). Physical load and referees' decision-making in sports games: A scoping review. *Journal of Sport Science & Medicine*, 19(1), 149-157
- Bloß, N., Loffing, F., Schorer, J., & Büsch, D. (2022a). Impact of psychological and physical load on the decision-making of top-class handball referees. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 22(3), 352-369. <https://doi.org/10.1080/24748668.2022.2061323>.
- Bloß, N., Schorer, J., Loffing, F., & Büsch, D. (2022b). Decisions and reasonings of top-class handball referees under physical load. *German Journal of Exercise and Sport Research* <https://doi.org/10.1007/s12662-021-00794-8>.
- Enoka, R.M., & Duchateau, J. (2016). Translating fatigue to human performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2228-2238. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000929>.
- Michel-Kröhler, A., Krys, S., & Berti, S. (2021). Development and preliminary validation of the sports competition rumination scale (SCRS). *Journal of Applied Sport Psychology*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/10413200.2021.1961921>.

Poolton, J., Siu, C., & Masters, R. (2011). The home team advantage gives football referees something to ruminate about. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 6(4), 545-552. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.6.4.545>.

Akzeptanzanalyse eines passiven Trageassistenzsystems für die oberen Extremitäten (AkzEpT) – ein Pilotprojekt in Werkstätten am KIT

Claudia Hildebrand¹, Max Hörandel¹, Pascal Senn², Loreen Ender³ & Klaus Bös²

¹Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

²Institut für präventive Diagnostik, Aktivitäts- und Gesundheitsförderung GmbH

³Unfallkasse Baden-Württemberg

E-Mail: claudia.hildebrand@kit.edu

Schlüsselwörter: Akzeptanzforschung¹, Exoskelett², Arbeitsbelastung³

Einleitung

Das Ziel beim Einsatz von industriellen Exoskeletten ist es, physische Belastungen der Mitarbeitenden, bspw. durch Hebe- und Tragetätigkeiten, zu reduzieren, um gesundheitliche Beschwerden und Fehlzeiten zu vermeiden sowie die Arbeitsleistung der Arbeitskräfte zu erhöhen (Terstegen & Sandrock, 2019; Pacifico et al., 2020). Bislang existieren mangels Längsschittuntersuchungen kaum fundierte Kenntnisse über die präventive Wirkung (Steinhilber et al. 2020) und über die optimale Implementierung von Exoskeletten. Die dauerhafte Nutzung von Exoskeletten über Pilotphasen hinaus, stellt für die Unternehmen eine Herausforderung dar, wie jüngst auf dem BGHW-Erfahrungsaustausch diskutiert wurde (DGUV, 2022). Da die Einführung solcher Systeme im industriellen Bereich im Rahmen des betrieblichen Gesundheitsmanagements stetig an Bedeutung gewinnt, wird in der vorliegenden Pilotstudie die Akzeptanz, bezogen auf den Einsatz des Exoskelett MATE-XT in Universitäts-Werkstätten, analysiert. Es werden die Standardimplementierung (Kurzeinweisung) und eine theoriebasierte Implementierungsstrategie hinsichtlich ihres Einflusses auf eine Akzeptanzänderung untersucht.

Methode

Zur Untersuchung wurde eine vierwöchige kontrollierte, randomisierte Interventionsstudie in ausgewählten Werkstätten des KIT durchgeführt. Es nahmen 11 Männer und 2 Frauen an der Studie teil. Die Interventionsgruppe 1 (N=6; w=1) erhielt eine Schulung mit Arbeitsplatzbegleitung während die Interventionsgruppe 2 (N=7, w=1, als Quasi-Kontrollgruppe) lediglich eine Kurzeinweisung erhielt (siehe Abb. 1). Anhand eines Fragebogens wurden prä-post Dimensionen der Akzeptanz (modifiziert nach Kothgassner 2012 et. al.) erhoben.

Ergebnisse

Erste deskriptive Ergebnisse zeigen, dass sich die anfänglich in beiden Gruppen vorhandene positive Akzeptanz gegenüber dem Exoskelett unterschiedlich verändert. Die vierwöchige Manipulation der IG 1 bewirkt eine positive Veränderung der Akzeptanz ($MW_{prä} = 4.0$, $SD = 2.0$; $MW_{post} = 4.4$, $SD = 2.0$). Demgegenüber zeigte sich in der Kontrollgruppe tendenziell eine Abnahme der Akzeptanz ($MW_{prä} = 4.3$, $SD = 2.0$; $MW_{post} = 3.9$, $SD = 2.1$).

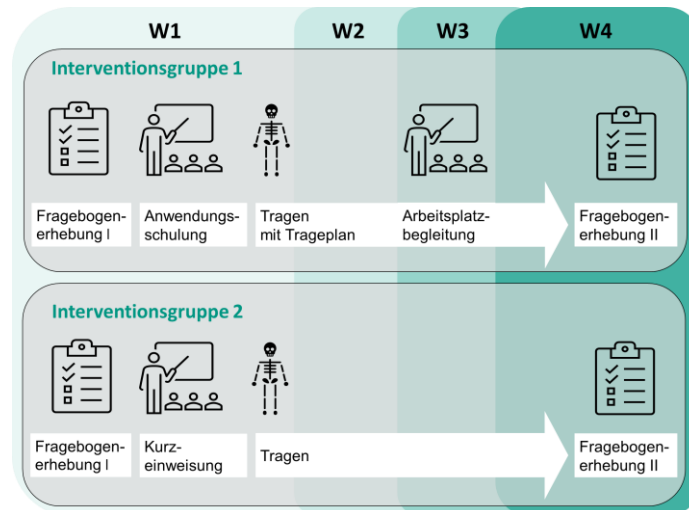


Abb. 1. Untersuchungsablauf

Diskussion

Der untersuchte entwickelte Implementierungsansatz scheint die Akzeptanz und einen dauerhaften Einsatz des Exoskelettes MATE-XT zu begünstigen. Für eine erfolgreiche Implementierung wurden erste Handlungsempfehlungen abgeleitet. Um die Ergebnisse der Pilotstudie zu untermauern, haben weitere Untersuchungen mit weiteren Probanden (IG=2, KG=1) stattgefunden und es werden aktuell vertiefte Analysen durchgeführt.

Literatur

- DGUV (2022). Protokoll zum 4. Erfahrungsaustausch „Exoskelette in der Arbeitswelt“ - Sachgebiet Physische Belastungen des Fachbereichs Handel und Logistik gemeinsam mit der BG HW am 4.5.2022
- Kothgassner, O.D., Felnhöfer, A., Hauk, N., Kastenhofer, E., Gomm, J. & Kryspin-Exner, I. (2012). TUI – Technology Usage Inventory Manual. Zugriff am 28.01.2021 unter: https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/thematische%20programme/programmdokumente/tui_manual.pdf
- Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C. J., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2019). Motor control and learning: A behavioral emphasis (6th ed.). Human Kinetics.
- Pacifico, I., Scano, A., Guanzioli, E., Moise, M., Morelli, L., Chiavenna, A. et al. (2020). An Experimental Evaluation of the Proto-MATE: A Novel Ergonomic Upper-Limb Exoskeleton to Reduce Workers' Physical Strain. *Ieee Robotics & Automation Magazine*, 27 (1), 54-65. doi:10.1109/MRA.2019.2954105
- Steinhilber, B., Luger, T., Schwenkreis, P., Middeldorf, S., Bork, H., Mann, B., ... Jäger, M. (2020). Einsatz von Exoskeletten im beruflichen Kontext zur Primär-, Sekundär-, und Tertiärprävention von arbeitsassoziierten muskuloskelettalen Beschwerden. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 74, 227-246. doi.org/10.1007/s41449-020-00226-7
- Terstegen, S. & Sandrock, S. (2019). Exoskelette – physische Assistenzsysteme an Produktionsarbeitsplätzen. Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Ifaa) – Zahlen – Daten – Fakten – Exoskelett. Zugriff unter: https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/Downloads/Angebote_und_Produkte/Zahlen_Daten_Fakten/ifaa_Zahlen_Daten_Fakten_Exoskelette.pdf

Session 3A: Motor Behavior in Older Adults

Motor behavior in older adults – Gait performance and functional mobility

Janina Krell-Roesch & Jelena Bezold

Influence of cognitive and physical performance on gait parameters in demented persons with and without walking aids

Jelena Bezold, Sandra Trautwein, Janina Krell-Rösch, Bettina Barisch-Fritz, Andrea Scharpf & Alexander Woll

Associations of in-laboratory and daily-life gait parameters with life-space mobility in older adults with cognitive impairment

Christian Werner, Phoebe Ullrich, Martin Bongartz, Rainer Buerskens, Bastian Abel, Jürgen M. Bauer & Klaus Hauer

Factors influencing functional mobility of nursing home residents

Oliver Vogel, Ann-Kathrin Otto & Bettina Wollesen

Association between self-reported physical activity and gait in older non-demented adults

Janina Krell-Roesch, Jeremy A. Syrjanen, Jelena Bezold, Sandra Trautwein, Bettina Barisch-Fritz, Walter K. Kremers, Farwa Ali, David S. Knopman, Ronald C. Petersen, Alexander Woll, Maria Vassilaki & Yonas E. Geda

Motor behavior in older adults – Gait performance and functional mobility

Janina Krell-Roesch^{1,2} & Jelena Bezold¹

¹Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

²Mayo Clinic, Rochester, USA

E-Mail: janina.krell-roesch@kit.edu & jelena.bezold@kit.edu

We hereby propose a 60-minutes session entitled “Motor behavior in older adults – Gait performance and functional mobility” for the annual conference of the dvs-Section Motor Behavior. In this session, we will have the following four presentations:

The first presentation by Jelena Bezold et al. will focus on the influence of cognitive and physical performance on gait parameters in 162 demented persons with and without walking aids in a nursing home setting. They observed that persons with walking aids had lower gait performance, e.g., slower walking speed in single and dual-task conditions. The greatest explained variances from physical and cognitive performance were found for velocity and stride length. Gait performance in persons with walking aids was mainly explained by the Clock Drawing Test and the modified Short Physical Performance Battery.

In the second presentation, Christian Werner et al. will highlight associations between in-laboratory and daily-life gait quality with life-space mobility. In a cross-sectional study of 92 older adults with mild to moderate cognitive impairment who were recently discharged home from geriatric inpatient rehabilitation, they observed that gait quality, i.e., higher gait smoothness and turning quality in daily life, but not faster gait speed in the laboratory were independently associated with life-space mobility.

The third presentation by Oliver Vogel et al. will examine factors influencing functional mobility of nursing home residents. They conducted a cross-sectional study among 659 nursing home residents and 1557 geriatric nurses and found that the Frailty index, the Barthel index and grip strength of residents as well as stress, time constraints, performance and deadline pressure of geriatric nurses were the main factors explaining variance in functional mobility in older adults residing in nursing homes.

In the fourth presentation, Janina Krell-Roesch et al. will present findings derived from a population-based sample of 4039 non-demented older adults. They observed that self-reported physical activity in late-life was associated with more favorable spatial and temporal gait outcomes, e.g., greater stride length or higher velocity, as well as lower intraindividual variability of gait parameters, e.g., less increase in intraindividual stride length variability in longitudinal analyses.

Influence of cognitive and physical performance on gait parameters in demented persons with and without walking aids

Jelena Bezold, Sandra Trautwein, Janina Krell-Rösch, Bettina Barisch-Fritz, Andrea Scharpf
& Alexander Woll

Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany
E-Mail: jelena.bezold@kit.edu

Keywords: gait performance, dementia, walking aids

Introduction

Up to 80% of nursing home residents suffer from dementia. With progression of the disease, gait performance deteriorates (e.g. reduced walking speed) (Allali & Verghese, 2017), and the disease-specific decline in both cognitive and physical performance may also contribute to the progression of gait impairments (Mc Ardle et al., 2017). Revealing the influence of cognitive and physical performance on various gait parameters may be of interest for the design of effective exercise programs aiming at the improvement of gait performance. In this study, we thus examined whether cognitive and physical performance have an impact on gait performance in older adults with dementia. As walking aids such as canes or rollators are often used to compensate for gait impairments in older adults with dementia (Bateni & Maki, 2005), we also compared the impact of cognitive and physical performance between persons with or without walking aids.

Methods

We included 162 persons with mild to moderate dementia (85% females, mean Mini Mental State Examination 17.9, SD 6.2; mean age 85.8 years, SD 6.2) of whom 130 used a walking aid in everyday life and during the tests. Gait was assessed using the GAITRite® system (active length of 4.88m). We evaluated the following gait parameters in both single (ST) and dual task conditions (DT; counting backwards from 100): velocity (m/sec), cycle time (sec), step length (cm), stance phase (% of stride time), and double support phase (% of stride time). Furthermore, a comprehensive test battery was used to assess cognitive (Mini Mental State Examination, Clock Drawing Test, Digit Span Test, Trail Making Test, counting backwards) and physical performance (Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques, Sit-to-Stand Test, modified Short Physical Performance Battery). We ran unpaired t-Tests with Bonferroni correction to compare baseline gait performance between persons with versus without walking aids, and multiple regression analysis to examine the impact of cognitive and physical performance on gait parameters in both groups. The multiple regression models were not controlled for further variables.

Results

Gait performance between persons with and without walking aids differed significantly in all parameters. Persons with walking aids had slower walking speed, longer cycle time, smaller step length, and greater stance phase as well as double support per cycle (in %) compared to persons without walking aids in both ST and DT conditions (all corrected $p < 0.05$). In the ST condition, the greatest explained variance from physical and cognitive performance was found

in velocity for both groups (adj. $R^2=0.408$ with walking aid, adj. $R^2=0.480$ without walking aid, both $p<0.05$). In the DT condition, the greatest explained variance was found for stride length in both groups (adj. $R^2=0.299$ with walking aid, adj. $R^2=0.400$ without walking aid, both $p<0.05$). The explained variance in the other gait parameters ranged from 2.2% (DT, cycle time, with walking aids) to 34.3% (DT, double support, without walking aids). Gait performance in persons with walking aids was mainly explained by the Clock Drawing Test and the modified Short Physical Performance Battery, while gait performance in persons without walking aids showed less consistent patterns.

Discussion

Our results confirm that cognitive and physical performance significantly influence gait performance in both persons with or without walking aids. Nevertheless, it should be considered, that walking aids may cover the influence of cognitive and physical performance (Schwenk et al., 2011), and thus the results may be biased.

References

- Allali, G., & Verghese, J. (2017). Management of Gait Changes and Fall Risk in MCI and Dementia. *Current Treatment Options in Neurology*, 19(9), 29.
- Batani, H., & Maki, B. E. (2005). Assistive devices for balance and mobility: Benefits, demands, and adverse consequences. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(1), 134–145.
- Mc Ardle, R., Morris, R., Wilson, J., Galna, B., Thomas, A. J., & Rochester, L. (2017). What Can Quantitative Gait Analysis Tell Us about Dementia and Its Subtypes? A Structured Review. *Journal of Alzheimer's Disease*, 60(4), 1295–1312.
- Schwenk, Michael; Schmidt, Marita; Pfisterer, Matthias; Oster, Peter; Hauer, Klaus (2011). Rollator use adversely impacts on assessment of gait and mobility during geriatric rehabilitation. *Journal of rehabilitation medicine* 43 (5), 424–429.

Associations of in-laboratory and daily-life gait parameters with life-space mobility in older adults with cognitive impairment

Christian Werner¹, Phoebe Ullrich¹, Martin Bongartz¹, Rainer Buerskens^{1,2}, Bastian Abel^{1,3},
Jürgen M. Bauer¹ & Klaus Hauer¹

¹Center for Geriatric Medicine, Agaplesion Bethanien Hospital Heidelberg, Heidelberg University,
Heidelberg, Germany

²FHM Bielefeld, University of Applied Sciences, Bielefeld, Germany

³Robert-Bosch-Hospital, Stuttgart, Germany

E-Mail: christian.werner@agaplesion.de

Keywords: Life-space mobility, gait, older adults, cognitive impairment

Introduction

Life-space mobility (LSM), defined as the ability to move within one's environment, is crucial for daily functioning, participation, and quality of life (Portegijs et al., 2014; Taylor et al., 2019). Older adults, especially those with cognitive impairment (CI), show highly restricted LSM (Ullrich et al., 2019). Low gait quality assessed in laboratory ("gait capacity") has been shown to be associated with restrictions in LSM among older adults (Suri et al., 2021). To date, however, the association with gait quality assessed in daily-life ("gait performance") is still unknown. Therefore, the study aim was to investigate the contributions of the different gait constructs to LSM in older adults with CI.

Methods

This study was a secondary analysis of baseline data from a randomized controlled trial on home-based physical training for post-ward geriatric rehabilitation patients with CI (Bongartz et al. 2017). Ninety-two cognitively impaired (Mini-Mental State Examination = 23.2 ± 2.4 pt) older adults (age = 82.4 ± 3.1 yrs) recently discharged home from inpatient geriatric rehabilitation were included. LSM was assessed using the Life-Space Assessment in Persons with Cognitive Impairment (LSA-CI). In-laboratory gait speed was measured by the 4-Meter Walk Test and daily-life gait quality (gait variability, regularity, smoothness and intensity, turning quality) by an inertial measurement unit (uSense activity monitor) attached to the participants' lower back over 48 hours. Sociodemographics, cognitive status, psychological factors, social activities and living situation, physical capacity, and physical activity were also collected to control for other potential explanatory factors of LSM. Univariate correlation and multiple stepwise linear regression analyses were performed to identify independent predictors of LSM.

Results

Univariate analyses showed significant correlations of both daily-life gait quality (variability, regularity, smoothness and intensity, turning quality: $\rho = |0.216-0.458|$, $p \leq 0.001-0.038$) and in-laboratory gait speed ($\rho = 0.454$, $p < 0.001$) with LSM. The multiple regression model (adjusted for significant univariate correlates: female gender [$\beta = -0.281$, $p = 0.001$], fear of falling [$\beta = -0.486$, $p = 0.030$], social activities [$\beta = 0.195$, $p = 0.011$], and physical activity [$\beta = 0.260$, $p = 0.003$]) revealed that higher daily-life gait smoothness [$\beta = 0.172$, $p = 0.030$] and

turning quality ($\beta = 0.206$, $p = 0.013$) but not faster in-laboratory gait speed were independently associated with higher LSM.

Discussion

Daily-life gait quality, but not in-laboratory gait speed, were independently associated with LSM in older adults with CI. These findings suggests that LSM relates more to how an individual can walk in his or her own usual environment (“gait performance”) rather than on how an individual can optimally walk in a standardized environment (“gait capacity”). Future interventions to increase LSM should include specific strategies for training gait challenges in daily living.

References

- Bongartz, M., Kiss, R., Ullrich, P., Eckert, T., Bauer, J., & Hauer, K. (2017). Development of a home-based training program for post-ward geriatric rehabilitation patients with cognitive impairment: study protocol of a randomized-controlled trial. *BMC Geriatrics*, 17(1), 214.
- Portegijs, E., Rantakokko, M., Mikkola, T. M., Viljanen, A., & Rantanen, T. (2014). Association between physical performance and sense of autonomy in outdoor activities and life-space mobility in community-dwelling older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 62(4), 615-621.
- Suri, A., Rosso, A. L., VanSwearingen, J., Coffman, L. M., Redfern, M. S., Brach, J. S., & Sejdíć, E. (2021). Mobility of older adults: Gait quality measures are associated with life-space assessment scores. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 76(10), e299-e306.
- Taylor, J. K., Buchan, I. E., & van der Veer, S. N. (2019). Assessing life-space mobility for a more holistic view on wellbeing in geriatric research and clinical practice. *Aging Clinical and Experimental Research*, 31(4), 439-445.
- Ullrich, P., Eckert, T., Bongartz, M., Werner, C., Kiss, R., Bauer, J. M., & Hauer, K. (2019). Life-space mobility in older persons with cognitive impairment after discharge from geriatric rehabilitation. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 81, 192-200.

Factors influencing functional mobility of nursing home residents

Oliver Vogel, Ann-Kathrin Otto & Bettina Wollesen

Department of human movement and exercise science, Hamburg University, Hamburg, Germany

E-Mail: oliver.vogel@uni-hamburg.de

Keywords: Mobility, Context factor, Nursing home

Introduction

Along with an increasing number of care dependent older adults, the importance of old age health care and promotion grows. A key aspect of healthy aging is the functional mobility of older adults (Albert et al., 2015) expressed by its relevance for an independent lifestyle. In the course of updating and complementing the comprehension of mobility in nursing home residents, additional relevant context factors (eg. cognition, emotion, internal factors of nursing homes, restrictive clothing) have been gathered recently. To determine central factors' impact on mobility, the present study utilized nursing home residents' and employee's data of a just completed project.

Methods

The cross-sectional study analyzed data from $N = 659$ (Female = 497) nursing home residents and $N = 1557$ (Female = 1268) geriatric nurses. Residents' functional and cognitive capacity (Short physical performance battery (SPPB), grip strength, frailty, activities of daily living (ADLs), Montreal Cognitive Assessment (MoCA)) as well as psychosocial well-being (satisfaction with life, depression, self-reported health status, fear of falls) were captured by questionnaires and functional testing. Nurses' self-reported health status, physical and psychological workload as well as work environment were recorded by a standardized questionnaire. Nurses' and residents' data were aggregated per institution. A linear regression with the SPPB as dependent variable identified contributors to functional mobility. The independent variables (see results) were specified in advance and included following the enter method. The model was not adjusted to covariates.

Results

The final model included residents' Frailty index, Barthel index and grip strength as well as nurses' stress, time constraints, performance and deadline pressure ($R^2 = .725$, $F(df=7; 29) = 10.917$, $p < .001$). Single variable statistics were: Frailty index: $b = -1.004$, $b^* = -.220$, $SE = 0.560$, $p = .083$; Barthel index: $b = 0.041$, $b^* = .313$, $SE = 0.016$, $p = .017$; Grip strength: $b = 0.163$, $b^* = .341$, $SE = 0.055$, $p = .006$; Nurses' stress: $b = -0.112$, $b^* = -.302$, $SE = -0.054$, $p = .047$; Nurses' time constraints: $b = 0.018$, $b^* = .154$, $SE = 0.015$, $p = .242$; Nurses' performance pressure: $b = 0.015$, $b^* = .171$, $SE = 0.019$, $p = .448$; Nurses' deadline pressure: $b = -0.010$, $b^* = -.132$, $SE = 0.015$, $p = .518$. Any other model yielded in an inferior explanation of variance.

Discussion

The results of the present study add relevant aspects to the already known relation of mobility to the overall fitness level represented by the grip strength. The relevance of the Frailty and Barthel index in our model indicate their relation to mobility as measures of physical functioning and independence in activities of daily living. Besides these factors, organizational factors such as nurses' schedules and workload seem to affect mobility as well. Despite addressing a form of physical function, mobility promotion programs should therefore consider many more aspects beside motor functions.

References

Albert, S. M., Bear-Lehman, J., & Anderson, S. J. (2015). Declines in Mobility and Changes in Performance in the Instrumental Activities of Daily Living Among Mildly Disabled Community-Dwelling Older Adults. *The Journals of Gerontology Series a: Biological Sciences and Medical Sciences*, 70(1), 71–77. <https://doi.org/10.1093/gerona/glu088>

Association between self-reported physical activity and gait in older non-demented adults

Janina Krell-Roesch^{1,2}, Jeremy A. Syrjanen², Jelena Bezold¹, Sandra Trautwein¹, Bettina Barisch-Fritz¹, Walter K. Kremers², Farwa Ali², David S. Knopman², Ronald C. Petersen², Alexander Woll¹, Maria Vassilaki² & Yonas E. Geda³

¹Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

²Mayo Clinic, Rochester, USA

³Barrow Neurological Institute, Phoenix, USA

E-Mail: janina.krell-roesch@kit.edu

Keywords: Physical activity, gait, longitudinal

Introduction

Gait performance declines with increasing age, and various gait parameters are predictive of cognitive decline (Savica et al., 2017) and fall risk in older adults (Pieruccini-Faria et al., 2020). Physical activity (PA) is associated with slower rate of motor decline (Buchman et al., 2007) and better motor performance outcomes including gait speed in older persons (Papp et al., 2022). In addition, multimodal PA interventions may have an impact on gait performance even in dementia patients (Trautwein et al., 2020). To date, little is known about the associations between PA and various spatial and temporal gait measures in population-based samples of older adults. Therefore, we examined whether PA was associated with change of multiple gait parameters in community-dwelling persons free of dementia.

Methods

The study included 4039 participants of the prospective, population-based Mayo Clinic Study of Aging aged ≥ 50 years (mean [SD] age 70.9 [10.0] years; 2010 males; 3629 cognitively unimpaired, 410 with mild cognitive impairment). The mean (SD) follow-up was 3.98 (3.30) years. PA in late-life (i.e., over the past year before baseline measurement) was assessed using a self-reported questionnaire that was derived from two validated instruments (1985 National Health Interview Survey, Minnesota Heart Survey intensity codes), has moderate to good internal consistency, and test-retest correlation coefficients of 0.33 for vigorous and 0.50 for moderate PA. We calculated composite scores for overall PA (exercise and non-exercise activity) and moderate-to-vigorous PA (MVPA; only exercise activity). Gait parameters (i.e., velocity, cadence, stride length; log transformed double support time, and intraindividual variability in stride length and stance time) were assessed using GAITRite® or ProtoKinetics ZenoWalkway systems. We ran linear mixed effects models to examine the association between z-scored PA (predictors) with change of gait parameters (outcomes), adjusting for age, sex, education, body mass index, and medical comorbidities.

Results

At baseline, overall PA was associated with higher velocity (estimate 3.356, $p < 0.01$), higher cadence (est. 1.388, $p < 0.01$), greater stride length (est. 1.115, $p < 0.01$), shorter double support time (est. -0.029, $p < 0.01$), and lower stance time variability (est. -0.013, $p = 0.01$). Similarly, MVPA at baseline was associated with higher velocity (est. 2.629, $p < 0.01$), higher

cadence (est. 1.107, $p < 0.01$), greater stride length (est. 0.823, $p < 0.01$), and shorter double support time (est. -0.024, $p < 0.01$). In addition, PA was longitudinally associated with less increase in intraindividual stride length variability (PA: est. -0.003, $p = 0.03$; MVPA: est. -0.004, $p = 0.01$) and stance time variability (PA: -0.004, $p < 0.01$; MVPA: -0.0038, $p < 0.01$).

Discussion

Late-life PA is associated with more favorable spatial and temporal gait outcomes and lower intraindividual variability of gait parameters in community-dwelling older adults free of dementia. This observation highlights the importance of engaging in PA to stave off decline in physical performance in old age.

References

- Buchman, A.S., Boyle, P.A., Wilson, R.S., Bienias, J.L. & Bennett, D.A. (2007). Physical activity and motor decline in older persons. *Muscle Nerve*, 35(3), 354-362.
- Papp, M.E., Grahn-Kronhed, A.C., Rauch Lundin, H. & Salminen, H. (2022). Changes in physical activity levels and relationship to balance performance, gait speed, and self-rated health in older Swedish women: a longitudinal study. *Aging Clin Exp Res*, 34(4), 775-783.
- Pieruccini-Faria, F., Sarquis-Adamson, Y., Anton-Rodrigo, I., Noguerón-García, A., Bray, N.W., Camicioli, R., Muir-Hunter, S.W., Speechley, M., McIlroy, B. & Montero-Odasso, M. (2020). Mapping Associations Between Gait Decline and Fall Risk in Mild Cognitive Impairment. *J Am Geriatr Soc*, 68(3), 576-584.
- Savica, R., Wennberg, A.M., Hagen, C., Edwards, K., Roberts, R.O., Hollman, J.H., Knopman, D.S., Boeve, B.F., Machulda, M.M., Petersen, R.C. & Mielke, M.M. (2017). Comparison of Gait Parameters for Predicting Cognitive Decline: The Mayo Clinic Study of Aging. *J Alzheimers Dis*, 55(2), 559-567.
- Trautwein, S., Barisch-Fritz, B., Scharpf, A., Ringhof, S., Stein, T., Krell-Roesch, J. & Woll, A. (2020). Effects of a 16-week multimodal exercise program on gait performance in individuals with dementia: a multicenter randomized controlled trial. *BMC Geriatr*, 20(1), 245.

Session 3B: Motor Control II – Motor Control of Everyday Activities

Motor control of complex everyday activities: Approaches for ecologically valid measurements

Joachim Hermsdörfer & Melanie Krüger

Kinematics of everyday manual tasks: Effects of aging, stroke, dementia and frailty

Stephanie Schmidle, Joachim Hermsdörfer & Philipp Gulde

Beyond physical activity: Estimating sensorimotor capacity in persons with multiple sclerosis with wearables

Philipp Gulde, Heike Vojta, Stephanie Schmidle, Peter Rieckmann & Joachim Hermsdörfer

The effects of executive functions and physical fitness on street crossing behavior during multitasking in older adults

Melanie Mack, Robert Stojan, Otmar Bock & Claudia Voelcker-Rehage

The impact of multi-tasking demands on collision avoidance in human locomotion – A case for the study of strategic behavioral adaptations?

Jonathan Orschiedt, Johanna Schmickler, Valentin Nußer, Timo Fischer, Joachim Hermsdörfer & Melanie Krüger

Motor control of complex everyday activities: Approaches for ecologically valid measurements

Joachim Hermsdörfer¹ & Melanie Krüger²

¹Lehrstuhl für Bewegungswissenschaft, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften,
Technische Universität München, München, Deutschland

²Arbeitsbereich Sport und Kognition, Institut für Sportwissenschaft, Leibniz Universität Hannover,
Hannover, Deutschland

E-Mail: joachim.hermsdoerfer@tum.de & melanie.krueger@sportwiss.uni-hannover.de

Keywords: activities of daily living, assessment, kinematics, ecological validity, dual tasking, virtual reality

Everyday activities, such as e.g. household activities (cooking, gardening) or moving in public spaces require the execution of fundamental motor skill while simultaneously imposing a variety of cognitive and motor demands on the individuals. The resulting complexity in performing such activities is of vital importance for e.g. older adults regard their social participation. While laboratory studies are very successful in investigating the fundamental motor control process underlying everyday activities in well controllable, yet simplified experimental scenarios, the call for more ecologically valid experimental set-ups has raised (e.g. Schaefer, 2014, Bock et al. 2019).

This working group will target methodological aspects arising from this call and represents a platform for the presentation of recent insights originating from studies on everyday activities. It encompasses four contributions:

1. Kinematics of everyday manual tasks: Effects of aging, stroke, dementia and frailty (Stephanie Schmidle, Joachim Hermsdörfer & Philipp Gulde, Technische Universität München)
2. Beyond physical activity: Estimating sensorimotor capacity in persons with multiple sclerosis with wearables (Phillip Gulde, Heike Vojta, Stephanie Schmidle, Peter Rieckmann & Joachim Hermsdörfer, Technische Universität München & Klinik Medical Park)
3. The effects of executive functions and physical fitness on street crossing behavior during multitasking in older adults (Melanie Mack, Robert Stojan, Otmar Bock, Claudia Voelcker-Rehage, Universität Münster & Deutsche Sporthochschule Köln)
4. The impact of multi-tasking demands on collision avoidance in human locomotion – a case for the study of strategic behavioral adaptations? (Melanie Krüger, Leibniz University Hannover)

Literatur

- Schaefer, S. (2014). The ecological approach to cognitive–motor dual-tasking: findings on the effects of expertise and age. *Frontiers in psychology*, 5, 1167.
- Bock, O., Drescher, U., Janouch, C., Haeger, M., van Winsum, W., & Voelcker-Rehage, C. (2019). An experimental paradigm for the assessment of realistic human multitasking. *Virtual Reality*, 23:61.

Kinematics of everyday manual tasks: Effects of aging, stroke, dementia and frailty

Stephanie Schmidle, Joachim Hermsdörfer & Philipp Gulde

Technical University of Munich, Munich, Germany

E-Mail: joachim.hermsdoerfer@tum.de

Keywords: activities of daily living, kinematics, aging, stroke, dementia, frailty

Introduction

The ability to conduct activities of daily living (ADL) is essential for independent and autonomous living. Aging and diseases of the nervous system can however threaten ADL performance. Despite its importance, clinical assessment of ADL usually is confined to subjective reports and – in the best case – to questionnaires (Mlinac & Feng, 2016). We have evaluated the use of motion capture and kinematic analyses of defined ADL tasks to more precisely and objectively evaluate performance. In addition to classical camera-based motion capture, we evaluate the use of wearable, non-obstructive and anonymity-preserving applications. The purpose of the studies therefore was to investigate the sensitivity and characteristics of diagnostics of ADL performance using motion capture technology and to reveal the suitability of wearables to replace classical motion capture.

Methods

In a pilot study 9 stroke patients, 11 patients with Alzheimer's disease, 14 elderly and 13 younger participants conducted a "tea making" task while the hand movements were recorded with a camera system. In a study in seniors being categorized as robust (N=8), pre-frail (N=13) or frail (N=6) a "tea making" task and a "gardening task" were recorded using a smartwatch. Kinematic measure included: trial duration, no-movement-ratio (ratio of time periods with close-to-zero velocities versus total trial duration), measures of speed (maximum velocity, average velocity of all velocity peaks), path length (3-dimensional trajectory length) and movement smoothness (number of velocity peaks per meter) were derived from the position data of the camera system. We derived similar measures from the smartwatch, however basing on the acceleration signal instead of velocity, e.g. acceleration maximum and average peaks, smoothness (number of peaks per second) and agility (standard deviation of acceleration peaks).

Results

In the pilot study, elderly subjects needed more time (94.9 vs. 66.4 s, $p < 0.01$), moved over a longer path (23.7 vs. 18.8 m, $p < 0.01$) and less smooth (8.3 vs. 7.4 p/m, $p = 0.06$) compared to their younger peers. Stroke patients needed even more time (118.9 vs. 80.2 s, $p < 0.01$), took longer breaks (37 vs. 25 %, $p < 0.01$) and had reduced velocity (0.45 vs. 0.62 m/s, $p < 0.01$) (Gulde et al, 2017). Similarly, duration was massively prolonged in patients with Alzheimer's disease executing the daily activities (tea making: 141.0 vs. 72.9 s, filing: 62.6 vs. 30.8 s). In the study of frail elderly, parameters based on acceleration signals derived from the smartwatch were able to distinguish the performance of the different subgroups (Schmidle et. al, 2022). Search for a parameter that could predict frailty independently from the specific ADL

task revealed that the variability of the magnitude of the acceleration peaks predicted 25% (R^2) of the variability of the frailty score.

Discussion

Our proof-of-concept studies suggest that ADL disturbances resulting from sensorimotor deficits in stroke patients as well as from cognitive planning deficits due to dementia as well as milder combined deficits due to aging can be assessed by motion tracking and kinematic analyses. Technology basing on acceleration sensors in a smartwatch can differentiate between frailty states. However, validity and reliability of wearable-based data must still be confirmed. In general we show that the extension of current approaches to analyze kinematics of ADL, which in clinical practice are mainly limited to less complex tasks and motion tracking (e.g., Thrane et al., 2018), are very promising.

References

- Mlinac, M.E., Feng, M.C (2016) Assessment of Activities of Daily Living, Self-Care, and Independence. *Arch Clin Neuropsychol.* 2016;31:506–16.
- Gulde, P., Hughes, C. M. L., & Hermsdörfer, J. (2017). Effects of stroke on ipsilesional end-effector kinematics in a multi-step activity of daily living. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11(42).
- Schmidle, S., Gulde, P., Herdegen, S., Böhme, G.-E., & Hermsdörfer, J. (2022). Kinematic analysis of activities of daily living performance in frail elderly. *BMC Geriatrics*, 22(1), 244.
- Thrane, G., Alt Murphy, M., & Sunnerhagen, K. S. (2018). Recovery of kinematic arm function in well-performing people with subacute stroke: a longitudinal cohort study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 15(1), 67. doi:10.1186/s12984-018-0409-4

The effects of executive functions and physical fitness on street crossing behavior during multitasking in older adults

Melanie Mack¹, Robert Stojan¹, Otmar Bock² & Claudia Voelcker-Rehage¹

¹Department of Neuromotor Behavior and Exercise, Institute, Institute of Sport and Exercise Sciences, University of Münster, Münster, Germany

²Institute of Exercise Training and Sport Informatics, German Sport University Cologne, Cologne, Germany

E-Mail: melanie.mack@uni-muenster.de

Keywords: street crossing, older adults, cognitive-motor multitasking

Introduction

Human motor and cognitive behavior changes during multitask walking compared to single-task walking, because the simultaneous executed tasks compete for processing resources (Al-Yahya et al., 2011). This interference, as well as interindividual differences, are particularly prominent in older age and are thought to be moderated by the level of cognitive functioning and physical fitness (Beurskens & Bock, 2012). We investigated whether age-related cognitive-motor interference is influenced by participants' individual levels of executive functions and physical fitness in a more ecological valid street crossing scenario.

Methods

Older adults ($n = 61$, 65-75 years) participated in the study. A non-motorized treadmill translated their forward movement into forward shifts towards and across a virtual street, where cars were passing. The participants' task was to cross the street without getting hit by a car, both under single-task and under multitask conditions. Under multitask conditions, additional tasks were presented visually or auditorily. Here, we analyzed performance on only one of those tasks, which required participants to type three-digit numbers. Outcomes were cognitive parameters (stay time at the curb [s], crossing speed [km/h]) and motor parameters (crossing failures [#], typing [Balance Integration Score]), both during multi- and single-tasking. Composites scores were calculated to assess executive functions ($n = 7$ test on inhibition, shifting, updating, and dual-tasking), motor coordinative fitness ($n = 5$ tests on balance, movement speed, and bimanual coordination), and cardiovascular fitness (graded maximal exercise testing on a cycle ergometer). Linear mixed-effects model and commonality analysis were used for statistical analysis.

Results

Linear mixed-effects model analysis showed beneficial main effects of executive functions for the cognitive parameters typing ($\beta = 1.08$, $p = .004$) and crossing failures ($\beta = -10.46$, $p = .023$) and a beneficial main effect of motor coordinative fitness for the motor parameter stay time ($\beta = -2.97$, $p = .043$). We further found interaction effects between condition and executive functions for typing ($\beta = -0.70$, $p = .044$). The beneficial effects were higher during multi- than single-tasking. Commonality analysis further revealed that the contribution of executive functions on cognitive parameters in relation to motor coordinative and cardiovascular fitness, and the contribution of motor coordinative fitness on motor parameters in relation to executive

functions and cardiovascular fitness, increased from single- to multitasking (Tab. 1). Additionally, the proportion of variance commonly explained by multiple components of executive functions and physical fitness was small for both cognitive and motor parameters (-2.81 to 3.81%).

Tab. 1. Results of the commonality analysis: Proportion of unique explained variance in % for stay time, crossing speed, crossing failures, and typing by executive functions (EF), motor coordinative fitness (MF) and cardiovascular fitness (CF) during single-tasking (ST) and multitasking (MT).

	stay time		crossing speed		crossing failures		typing	
	ST	MT	ST	MT	ST	MT	ST	MT
EF	1.55	0.27	0.05	7.57	47.06	69.47	17.78	63.74
MF	47.51	94.00	20.49	28.40	0.26	2.44	0.63	19.50
CF	25.87	1.37	8.67	7.78	20.40	0.83	26.77	1.17

Discussion

The results suggest that a combination of different components of cognitive functioning and physical fitness contribute to complex multitasking performance in everyday life. Executive functions benefited mainly cognitive performance, and motor coordinative fitness benefited mainly motor performance. Additionally, the different components seem to influence multitasking performance independently. Findings of this study substantiate the benefits of maintaining both cognitive functioning and physical fitness up to old age and indicate potential advantages of individualized training to improve individual cognitive and motor deficits.

References

- Al-Yahya, E., Dawes, H., Smith, L., Dennis, A., Howells, K., & Cockburn, J. (2011). Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(3), 715-728.
- Beurskens, R., & Bock, O. (2012). Age-related deficits of dual-task walking: a review. *Neural Plasticity*, 2012, 131608.

The impact of multi-tasking demands on collision avoidance in human locomotion – A case for the study of strategic behavioral adaptations?

Jonathan Orschiedt¹, Johanna Schmickler¹, Valentin Nußer¹, Timo Fischer¹, Joachim Hermsdörfer¹ & Melanie Krüger²

¹Technical University of Munich, Munich, Germany

²Leibniz University Hannover, Hannover, Germany

E-Mail: melanie.krueger@sportwiss.uni-hannover.de

Keywords: interpersonal coordination, walking, dual-task effects

Introduction

Dual-task studies on human locomotion suggest that multiple simultaneous task-demands may impact cognitive and motor performance, dependent on situational characteristics (Al-Yahya, et al., 2011). These findings could be explained by unintentional but also by strategic behavioral changes, with its differentiation remaining difficult in practice. Research on collision avoidance during human locomotion has provided evidence for strategic behavioral changes dependent on situational characteristics (e.g. Basili, et al., 2013; Huber et al., 2014). Thus, the investigation of human collision avoidance behavior might represent a powerful approach to differentiate between resource-dependent and strategic behavioral changes of human locomotion under multiple task demands. To verify this and to better understand cognitive-motor multi-task effects on human locomotion, we conducted a study in which young adults were walking while performing a writing task on a mobile phone and/or while having to avoid collisions with other pedestrians. Based on previous studies (Licence, et al., 2015; Tian, et al., 2018), we hypothesized to find changes in cognitive and locomotor behaviour as well as strategic adjustments in collision avoidance behavior under multiple-task demands.

Methods

Ten participants (4 female, $\bar{X}_{age} = 23.9$ years) were walking in a laboratory under four conditions: without mobile phone use and without an interferer crossing the path (Baseline - BL), without mobile phone use but with an interferer crossing the path (Interferer only - IO), walking while writing a message on the mobile phone without an interferer crossing the path (Dual-task - DT), and walking while writing a message on the mobile phone with an interferer crossing the path (Multi-task - MT). Parameters quantifying locomotor and collision avoidance behavior (path length, walking speed as well as minimum passing distance, path and speed adjustment, respectively) were assessed using optical motion tracking. In addition, performance in the mobile phone task was examined. Repeated measures ANOVA with condition as repeated factor and paired-sample t-test were calculated for statistical analyses.

Results

Participants' locomotor behavior was significantly affected by experimental conditions, with additive effects of multi-task demands on both path length (range: 5.50 m – 5.62 m, BL = DT < IO < MT) and walking speed (1.10 – 1.41 m/s, BL > IO > DT > MT). Further, participants showed an increased error rate and writing speed in the mobile phone task when walking as

compared to when standing still (5.39 - 16.47 %, and 2.06 – 2.89 keystrokes/s), independent of the presence of an interferer. Importantly, collision avoidance behavior was selectively influenced by cognitive-motor multi-task demands, with minimum distance to the interferer being significantly higher in the MT-condition, i.e., when using the mobile phone while walking, as compared to the IO-condition (0.84 m vs. 0.79 m).

Discussion

Our results suggest significant and distinct multi-task interference effects of mobile phone use on locomotor behavior and on mobile phone use, itself. In situations, which contain an additional risk of colliding with another pedestrian, participants seem to strategically change their collision avoidance behavior proactively towards a more cautious strategy to account for altered attention allocation and less visual feedback when writing while walking. This finding is in line with previous research (Licence, et al., 2015).

References

- Al-Yahya, E., Dawes, H., Smith, L., Dennis, A., Howells, K., & Cockburn, J. (2011). Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(3), 715-728.
- Basili, P., Sağlam, M., Kruse, T., Huber, M., Kirsch, A., & Glasauer, S. (2013). Strategies of locomotor collision avoidance. *Gait & posture*, 37(3), 385-390.
- Huber M., Su Y.-H., Krüger M., Faschian K., Glasauer S. & Hermsdörfer J. (2014). Adjustments of speed and path when avoiding collisions with another pedestrian. *PLoS ONE* 9(2), e89589.
- Licence, S., Smith, R., McGuigan, M. P., & Earnest, C. P. (2015). Gait pattern alterations during walking, texting and walking and texting during cognitively distractive tasks while negotiating common pedestrian obstacles. *PLoS one*, 10(7), e0133281.
- Tian, Y., Huang, Y., He, J., & Wei, K. (2018). What affects gait performance during walking while texting? A comparison of motor, visual and cognitive factors. *Ergonomics*, 61(11), 1507-1518.

Session 3C: Motor Learning II

Electromyographic cocontraction during a transfer from a circular to a non-circular chainring on a cycling ergometer

Thomas Haab, Peter Leinen & Stefan Panzer

Difficulty manipulation combined with feedback-frequency may foster fine-motor-coordination skill acquisition and retention

Yousri Elghoul & Fatma Bahri

Sensitivity to sensory feedback increases with greater uncertain disturbances during reaching

Philipp Maurus, Kuira Jackson, Frédéric Crevecoeur, Joshua Cashaback & Tyler Cluff

Elektrophysiologische Evidenz für die Modulation des frontoparietalen Netzwerks beim visuomotorischen Lernen

Holger Hill

Electromyographic cocontraction during a transfer from a circular to a non-circular chainring on a cycling ergometer

Thomas Haab, Peter Leinen & Stefan Panzer

Saarland University, Saarbrücken, Germany

E-Mail: thomas.haab@uni-saarland.de

Keywords: motor transfer, cycling, electromyography

Introduction

Sports equipment is evolving due to technological innovative developments. There is a paucity of research if altered mechanical changes of sports equipment may affect athlete's performance and questions if a new movement pattern can replace an existing one are still unanswered.

Since a non-circular (NC) chainring has an oval shape compared to a circular (C) chainring, a change in lower limb kinematics was observed during cycling (Carpes et al., 2009). This indicates different movement pattern which could lead to a change in efficient neuromuscular activation (electromyographic cocontraction; EMG_{cocon}). Previous studies conducted by Panzer et al. (2003) reported a positive transfer when mechanical properties on sports equipment were changed. Furthermore, a proactive interference effect (PI) occurs when the newly learned movement pattern is to be retrieved after a consolidation phase (Mühlbauer & Krug, 2007). The main purpose of the present study examined the transfer from a C to a NC chainring on a cycling-ergometer. It was hypothesized that electromyographic cocontraction revealed a positive transfer as well as a PI during a retention phase.

Methods

Participants (N = 36) were randomly assigned to either one experimental group (EG: n = 12) or one of two control groups for each chainring (CG-C: n = 12 and CG-NC: n = 12). The participant's task was to learn a cadence at exactly 70 rpm (individual load of 50 % watt maximum). Participants were blindfolded to avoid visual control of the chainrings. In a proactive interference design, participants of the EG group showed up on three consecutive days and CGs on two different days. During the acquisition phase (Day 1) and transfer phase (Day 2), each condition was practiced for three blocks of multiple trials and lasted a total of 30 minutes. Knowledge of result (KR) of the cadence was provided in a fading schedule. The retention phase (Day 3) required two tests where all participants cycled with both chainrings (order counterbalanced; no KR). Measurements of dependent variables were made on the extent to which participants achieved the cadence to be learned (total variability error; E) and change of EMG_{cocon} of four antagonistic acting leg muscles that are dominant during the propulsive phase.

Results

The results revealed an initial positive transfer (23.91 %) of E on Day 2 when EG transferred from C to NC chainring. A 3 (Group) x 2 (Chainring) ANOVA with repeated measure on the last factor indicated no significant differences of E on Day 3 between the groups ($F(2,33) = 1.09$, $p = .35$), and across chainrings ($F(1,33) = 2.50$, $p = .12$). On Day 2, a 2 (Group) x 3

(Block) ANOVA with repeated measure on the last factor revealed no significant differences of EMG_{cocon} between groups ($F(2, 44) = 1.55, p = .22$). On Day 3, a 3 (Group) x 2 (Chainring) ANOVA with repeated measure on the last factor indicated no significant differences of EMG_{cocon} between groups ($F(2, 33) = .55, p = .59$), but overall muscle cocontraction was significantly higher using the NC chainring ($F(1, 33) = 5.01, p < .05$). This difference was small in absolute terms (EMG_{cocon} using C chainring: $M = 33.74$ mV, $SEM = 0.84$; EMG_{cocon} using NC chainring: $M = 34.52$ mV, $SEM = 0.88$).

Discussion

The initial positive transfer of E is consistent with a previous study from Panzer et al. (2003). Contrary to the theoretical assumption, no differences between groups were found for EMG_{cocon} during transfer phase and no PI was found for both, EMG_{cocon} and E during the retention phase. These findings are only partially consistent with our initial hypothesis and suggests a prompt refined neuromuscular level of control and increased coordination between the muscle groups when participants changed from C to NC. Compared to previous studies where participants had to perform a squat jump (Mühlbauer & Krug, 2007; Panzer et al., 2003), cycling required participants to pedal around a C and NC chainring and the movement was much more guided by the mechanics. Therefore, when considering motor transfer and PI, the type of task mechanics should be taken into account.

References

- Carpes, F. P., Dagnese, F., Mota, C. B., & Stefanyshyn, D. J. (2009). Cycling with noncircular chainring system changes the three-dimensional kinematics of the lower limbs. *Sports Biomechanics*, 8(4), 275–283. <https://doi.org/10.1080/14763140903414409>
- Mühlbauer, T., & Krug, J. (2007). Zur zeitlichen Gestaltung des Umlernens einer großmotorischen Bewegungsfertigkeit. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 14(2), 67–73. <https://doi.org/10.1026/1612-5010.14.2.67>
- Panzer, S., Naundorf, F., & Krug, J. (2003). Relearning a complex motor skill. *Journal of Human Movement Studies*, 44(5), 401–415.

Difficulty manipulation combined with feedback-frequency may foster fine-motor-coordination skill acquisition and retention

Yousri Elghoul¹ & Fatma Bahri²

¹High Institute of Sport and Physical Education of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia

²Education, Motor Skills, Sports and Health (EM2S), LR19JS01, High Institute of Sport and Physical Education of Sfax, University of Sfax, Sfax, Tunisia

E-Mail: yosri.elghoul@isseps.usf.tn

Keywords: Motor learning, Difficulty level, Reduced feedback frequency

Introduction

Improving acquisition and retention of new motor skills is of great importance. Task difficulty (TD) manipulation is a learning strategy used to improve motor task performance (Elghoul et al, 2021). It has been concluded that children use feedback in a different manner from that of adults (Sullivan et al, 2008). The knowledge of results (KR), defined as data pertaining to the outcome of performing a skill. According to the guidance hypothesis, frequent KR leads to negative effects on motor learning, may enable children to use relevant sources of information. Contrary wise, it appears that while the guidance effect of extrinsic feedback benefits immediate skill learning. It has been also demonstrated that TD and task-related experience may interact with number of trials and that reduced KR frequencies can benefit learning (Guadagnoli et al, 2001). The present study investigated the effects of progressive TD manipulation, combined with varying KR frequencies on accuracy when learning novel fine motor coordination tasks.

Methods

Thirty-six right-handed volunteered physical education pupils (age = 10.72 ± 0.89 years and body height = 149.61 ± 8.94 cm) were assigned to either a 33% feedback group (33%KR; n = 13; 36 trials out of 108 practice trials), a 50% feedback group (50%KR; n = 11; 54 trials out of 108 practice trials) or a 100% feedback group (100%KR; n = 12). The TD was manipulated by increasing the distance from the dartboard. There was a pretest followed by an acquisition phase and immediate post-test, then, delayed retention tests one and two weeks after. In the free condition test session (FC), subjects threw a trial of nine darts and were instructed always to aim for the bullseye. In the time pressure condition (TPC), participants were instructed to complete the trial as quickly and accurately as possible. Accuracy measure was evaluated based on mean radial error (MRE: the absolute distance between the dart position and the center of the target). Data variables were analyzed using a mixed two-way analysis of variance (ANOVA) with repeated measurements: 3 Groups (33%KR vs. 50%KR vs. 100%KR) 4 Times (pretest, posttest, delayed retention1 and retention 2). The level of statistical significance was set, a priori, at $p < 0.05$.

Results

The ANOVA revealed no significant effect of Group (33%KR vs. 50%KR vs. 100%KR) ($F_{(2; 33)} = 1.321$; $p = 0.28$; $\eta_p^2 = 0.074$), and a significant main effect of Time (motor learning) on Mean radial error (MRE) ($F_{(3; 6)} = 3.506$; $p = 0.018$; $\eta_p^2 = 0.096$). The post-hoc analysis revealed that

the score of the MRE was better in Retention 2 than during pretest. Furthermore, participants with progressive difficulty and 100%KR group demonstrated significantly greater accuracy improvement (i.e., decreasing MRE) over all phases (Retention 2 compared to Retention 1, post-test and pretest). A significant main Time effect was revealed ($F_{(3, 6)} = 14.96$; $p = 0.001$; $\eta_p^2 = 0.312$) on accuracy in TPC over all phases (Retention 2 compared to Retention 1, post-test and pretest). The post-hoc analysis showed that accuracy under TPC in 33%KR and 50%KR conditions was better than in 100%KR condition.

Discussion

In this study, the strategy based on progressive TD combined with reduced KR frequency improved accuracy under FC for both, the 100%KR and the 50%KR group. Additionally, the 100%KR group showed a linear trend toward improvement in accuracy overall the testing phases (posttest, Retention 1 and Retention 2 compared to the pretest). Furthermore, we have shown that reduced KR frequency benefits accuracy under TPC for both the 33%KR and the 50%KR group, compared to the 100%KR group. In children, the effect of AF may be mediated by the difficulty of the motor skill being learned. The reduced KR frequencies (both 33%KR and 50%KR groups) were more efficient and may benefit retention performance in learning a novel psychomotor task under TPC.

References

- Guadagnoli, M. A., & Kohl, R. M. (2001). Knowledge of results for motor learning: relationship between error estimation and knowledge of results frequency. *Journal of motor behavior*, 33(2), 217-224.
- Elghoul, Y., Bahri, F., Souissi, M. A., Chaâri, N., Souissi, N., & Frikha, M. (2021). Difficulty-manipulation-based learning effects on throwing performances and achievement goals in young boys. *Acta Gymnica*.
- Sullivan, K. J., Katak, S. S., & Burtner, P. A. (2008). Motor learning in children: feedback effects on skill acquisition. *Physical therapy*, 88(6), 720-732.

Sensitivity to sensory feedback increases with greater uncertain disturbances during reaching

Philipp Maurus¹, Kuira Jackson¹, Frédéric Crevecoeur², Joshua Cashaback³ & Tyler Cluff¹

¹University of Calgary, Calgary, Canada

²Universite catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium

³University of Delaware, Newark, United States

E-Mail: tyler.cluff@ucalgary.ca

Keywords: uncertainty, stretch responses, cursor jumps

Introduction

Humans have a remarkable ability to move in a dynamic and ever-changing world. Consider a wrestler fending off the actions of their opponent. Countering these unexpected disturbances is essential for winning the match. Recent work has shown that humans tend to reach faster, coactivate pairs of antagonist muscles, and respond more vigorously to muscle stretch when moving in environments where the dynamics can vary between trials (Crevecoeur et al., 2019). These changes are thought to reflect a change in control policy that increases the nervous system's sensitivity to sensory feedback (i.e., feedback gains). Here, we examined changes in the nervous system's control policy by using uncertain physical disturbances that can vary in amplitude and direction within each trial. We hypothesized that the nervous system would upregulate its feedback gains when interacting with increasingly uncertain physical disturbances. Accordingly, we predicted participants would reach faster, coactivate pairs of antagonist muscles, and respond more vigorously to sensory feedback when moving in the presence of increasingly uncertain disturbances.

Methods

Participants performed planar reaching movements in a Kinarm exoskeleton robot. Experiment 1 included a baseline, exposure, and washout phase. Participants (N=16) performed undisturbed movements in baseline and washout. In the exposure phase, we introduced uncertain disturbances that displaced the hand throughout movement. The amplitude of these disturbances was drawn from a normal distribution ($\mu=0$, $\sigma=1$ Nm) every 25 ms. We extracted the peak forward velocity of reaching movements. Since the control policy dictates how to initiate movements and respond to sensory feedback, this outcome serves as a proxy for the feedback gains. We also probed feedback gains by applying constant step-torques (i.e., mechanical probes) at the onset of randomly selected movements and examining the resulting peak lateral hand displacements.

In Experiment 2, we tested if responses scale with increasingly uncertain disturbances. Baseline and washout were identical to Experiment 1. Participants (N=28) encountered disturbances with low ($\sigma=1$) and high ($\sigma=2$) uncertainty in the exposure phase. We also recorded the activity of elbow muscles to quantify coactivation in undisturbed movements.

Increased muscle stiffness is often linked to changes in coactivation. Muscle stiffness may have influenced the responses to mechanical probes by exploiting intrinsic muscle properties to resist displacements. In Experiment 3, participants (N=26) encountered visual cursor jumps (± 4 cm) to probe feedback gains. If feedback gains are indeed increased, we expected that

participants would respond more vigorously to the same cursor jumps. The onset of lateral hand displacements served as a proxy for feedback gains. The methods were otherwise similar to Experiment 2.

Results

Experiment 1 tested if responses increase when encountering uncertainty. Indeed, participants increased their peak forward velocity ($F_{2,30}=20.1$, $p<0.001$, $\eta^2=0.07$) and decreased the peak lateral hand displacement ($F_{2,30}=31.1$, $p<0.001$, $\eta^2=0.24$) when responding to the same mechanical probes in the exposure phase relative to baseline and washout (Fig. 1, left).

We replicated and extended the results in Experiment 2 (Fig. 1, center). Participants increased their peak forward velocities ($F_{2,61}=94.2$, $p<0.001$, $\eta^2=0.24$) and the activity of pairs of antagonist elbow muscles in unperturbed movements (flexors: $F_{1,35}=26.5$, $p<0.001$, $\eta^2=0.19$; extensors: $F_{1,32}=21.0$, $p<0.001$, $\eta^2=0.14$). Moreover, reductions in the peak lateral hand displacements to the same mechanical probes scaled with increasingly uncertain disturbances ($F_{2,56}=35.5$, $p<0.001$, $\eta^2=0.21$).

So far our results suggest that feedback gains increase with the uncertainty of disturbances. We performed Experiment 3 to rule out contributions of muscle stiffness. We replicated our previous findings (Fig. 1, right) and found that the response to the same cursor jumps occurred earlier with the onsets scaling with increased uncertainty ($F_{3,47}=16.6$, $p<0.001$, $\eta^2=0.33$).

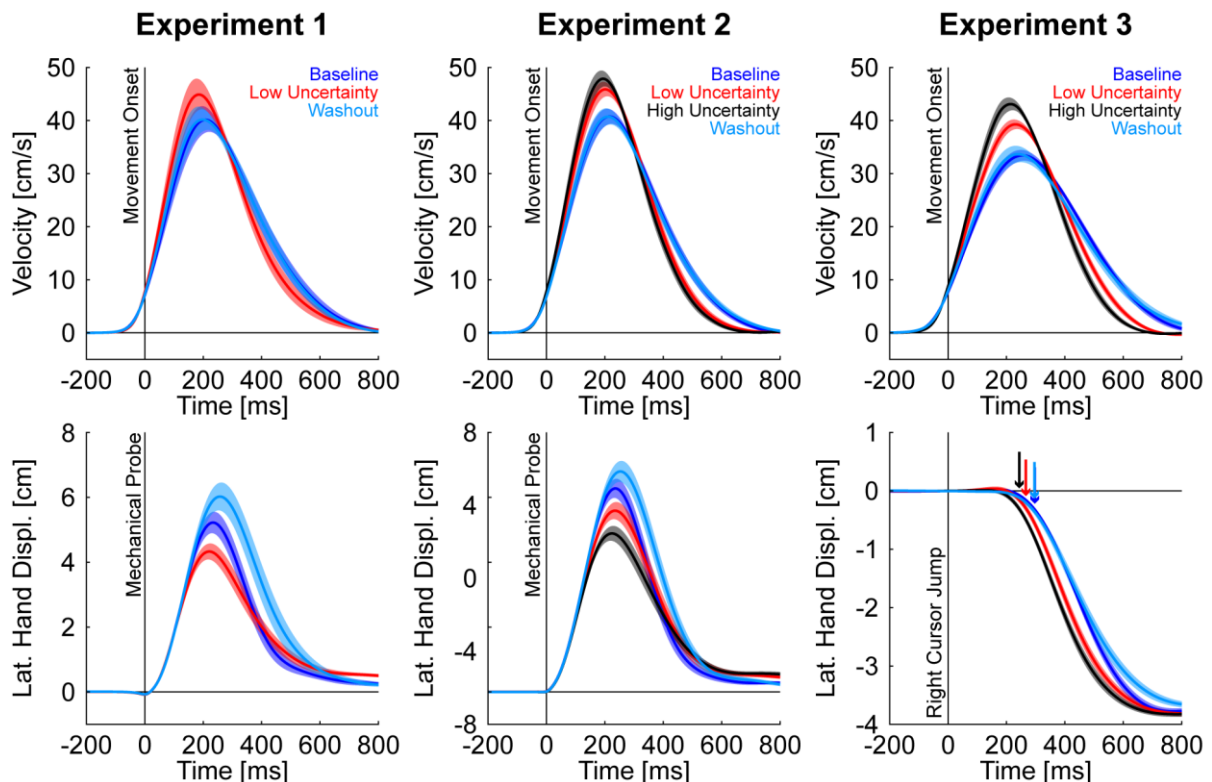


Fig. 1. Results of each experiment are shown in separate columns. First row: forward velocity. Second row: lateral hand displacements.

Discussion

We confirmed our predictions and found that participants reached faster, increasingly coactivated pairs of antagonist muscles, and responded more vigorously to mechanical probes and visual cursor jumps with increasingly uncertain disturbances. Collectively, our findings support our hypothesis that the nervous system increases its sensitivity to sensory feedback with greater uncertain disturbances encountered during movement.

References

Crevecoeur, F., Scott, S. H., & Cluff, T. (2019). Robust control in human reaching movements: a model-free strategy to compensate for unpredictable disturbances. *Journal of Neuroscience*, 39(41), 8135-8148.

Elektrophysiologische Evidenz für die Modulation des frontoparietalen Netzwerks beim visuomotorischen Lernen

Holger Hill

Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

E-Mail: holger.hill@kit.edu

Schlüsselwörter: Motorisches Lernen, Tracking, event-related potentials (ERP)

Einleitung

Sensorisches Feedback ist essentiell für das motorische Lernen. Bei visuomotorischen Lernaufgaben wie der Auge-(Werkzeug)-Hand Koordination postulierten wir aus früheren Studien (Hill & Raab 2005, Hill 2009), dass im posterioren parietalen Cortex (PPC) die visuelle Rückmeldung über erfolgreiche Fehlerkorrekturen mit sensorischen (propriozeptiven) Informationen über die Bewegungsausführung sowie der zwischengespeicherten efferenten Information (Efferenzkopie) verknüpft wird. Diese Feedbackinformationen sollen als Basis dienen, um in prämotorischen (PM) und supplementärmotorischen (SMA) Arealen die motorischen Programme zur Bewegungsausführung zu verbessern. Für die aktuelle Studie wurde postuliert, dass sich beim visuomotorischen Lernen elektrophysiologische Veränderungen über parietalen und frontalen Hirnarealen zeigen.

Methode

In vier Experimenten führten 72 Probanden (between-subject design, N = 20, 20, 20, 12) eine kontinuierliche visuomotorische Trackingaufgabe durch. Ein computergesteuertes Target (weisses Quadrat) bewegte sich mit konstanter Horizontalgeschwindigkeit über den Monitor, vertikale Abweichungen wurden mit zufallsgenerierten überlagerten Sinusfunktionen (Variation in Amplitude und Frequenz) erzeugt. Aufgabe der Probanden war es, mit einem mausgesteuerten (Experiment eins) oder joystickgesteuerten (Experimente 2-4) Cursor (rotes Quadrat) den Abstand zum Target möglichst gering zu halten. Zur Erhöhung des Schwierigkeitsgrads und um eine implizite Lernbedingung zu implementieren, wurde der Übersetzungsfaktor (Zuordnung der Bewegungsamplituden von Maus/Joystick zur Cursorbewegung) in der Mitte der 10-sekündigen Einzeltrials erhöht (Experimente 1-3, Experiment 4 als Kontrollbedingung ohne diese Manipulation). In Experiment 1 und 2 wurden die Probanden nicht über diese Manipulation informiert (implizite Bedingung) im Gegensatz zu Experiment 3 (explizite Bedingung). Die elektrophysiologische Aktivität wurde mit einem 61-Kanal Elektroenzephalogramm (EEG) erfasst. Aus dem EEG wurden ‚event-related potentials‘ (ERP) berechnet, bezogen auf Richtungsänderungen des Targets und die Verringerung des Abstands Target-Cursor (erfolgreiche Bewegungskorrektur).

Ergebnisse

Die Verhaltensdaten zeigten einen Lerneffekt (Verringerung des Target-Cursor Abstands) in allen vier Experimenten, wobei die Fehleramplitude in der Maustask am geringsten war, in den beiden Joysticktasks mit variablem Übersetzungsfaktor am höchsten. Eine Differenzierung zwischen implizitem und explizitem Lernen war nicht möglich, da beide

Joystickgruppen beim Beginn des Experiments sich zu stark in den Verhaltensdaten unterschieden.

Bezogen auf die Richtungsänderung des Targets (computergeneriert) zeigte sich eine frontozentrale ERP-Komponente (relatiert zur Planung und Ausführung der Korrekturbewegung), welche im Lernverlauf eine Amplitudenzunahme zeigte und früher einsetzte. Über parietalen Arealen zeigte sich im Zeitintervall 150-300 ms nach einer erfolgreichen Korrekturbewegung eine signifikante Verringerung der ERP-Aktivität im Lernverlauf. Im weiteren Zeitverlauf (bis 600 ms nach einer Korrekturbewegung) verlagerte sich dieser lernbedingte ERP-Effekt von parietalen hin zu frontozentralen Arealen.

Diskussion

Die gemessenen lernbedingten ERP-Effekte in den vier Trackingaufgaben lassen sich im Sinne einer Modulation des fronto-parietalen Netzwerks durch visuomotorisches Lernen interpretieren. Die parietale Aktivität deutet auf eine Reduktion erforderlicher Feedbackprozesse hin, da sich die Bewegungsplanung und –ausführung verbessert hat (indiziert durch die Verhaltensdaten und die frontozentrale ERP-Aktivität), d.h. ein Übergang von der feedbackkontrollierten zur feedforwardkontrollierten Bewegungskontrolle. Die Verlagerung der späten ERP-Effekte (nach einer erfolgreichen Fehlerkorrektur) von parietalen zu frontozentralen Arealen lässt sich im Sinne eines Informationsaustausches zwischen PPC und prämotorischem Cortex und/oder SMA interpretieren.

Literatur

- Hill, H., & Raab, M. (2005). Analysing a complex visuomotor tracking task with brainelectrical event related potentials. *Human Movement Science*. 24, 1–30.
- Hill, H. (2009). An event-related potential evoked by movement planning is modulated by performance and learning in visuomotor control. *Experimental Brain Research*. 195, 519–529.

Session 3D: Motor Performance and Learning

Reliability, validity and feasibility of the Oldenburg observation tool for Table Tennis Technique (O3T) – an exploratory study

Till Koopmann, Irene Faber, Dirk Büsch & Jörg Schorer

Belastungsbedingte Veränderungen im dynamischen Gleichgewicht

Jessica Heil & Dirk Büsch

Proactive and retroactive transfer effects on voluntary gait adaptability in old age

Kyungwan Kim, Lena Deller, Marie Vinent, Hyunji Song, Igor Komnik & Wiebren Zijlstra

Reliability, validity and feasibility of the Oldenburg observation tool for Table Tennis Technique (O3T) – an exploratory study

Till Koopmann, Irene Faber, Dirk Büsch & Jörg Schorer
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg, Deutschland
E-Mail: till.koopmann@uol.de

Keywords: technical skills; talent identification; racquet sports

Introduction

National sport associations invest great amounts of resources in talent identification and development (TID) systems to identify and develop young, talented athletes (Vaeyens et al., 2009). Previous research has shown that the assessment of technical skills appears promising as part of a multidimensional approach for TID in table tennis. The Oldenburg observation sheet for Table Tennis Technique (O3T) was developed to assess young table tennis players' technical skills in a highly representative match situation (Faber et al., 2021). The aim of the present study was to examine the newly developed O3T's measurement properties as the basis for its application in practice and its ongoing improvement.

Methods

In this study, two expert coaches (A-license, 25+ years of professional experience) used the O3T 1.0 to assess the technical skills of 24 young Dutch table tennis players (9 girls, 15 boys; $M = 10.67$, $SD = 0.92$ years). These players were regarded as most talented in their age-group by national coaches and thus selected to represent their country at international tournaments. The expert coaches evaluated the players' technical skills based on video observations. Two videos against two different opponents were available for each player included, showing (at least) three games per match (two with a diagonal back-view and one with a diagonal front-view). Each coach watched the videos by himself on a laptop on two different occasions (7-10 days apart). Variables 'technical quality', 'serve quantity' and 'stroke quantity' (i.e., number of different serve and stroke techniques used, respectively) were calculated based on the coaches ratings using the O3T.

The data were used to examine the O3T's measurement properties in three ways: 1) intra- and inter-rater reliability (test-retest design), 2) construct validity (associations between the technical skill ratings based on the initial video-observations and players' table tennis performance [i.e., competition rating score] at three points in time; i.e., at the moment of video recording and one and two years later) and 3) its feasibility (questionnaire including eleven questions). Statistical analysis included intraclass correlation coefficients (*ICCs*), the standard error of measurement (*SEm*), the smallest detectable difference (*SDD*) and the coefficient of variation (*CV*).

Results

Results showed a sufficient reliability with acceptable measurement errors (*ICCs* > .70, *SDD* 1.5-1.9, *CV* 9.6-11.8 %). Only the *ICC* of .62 for inter-rater reliability for variable 'technical quality' based on the observation of two different video was below the cut-off value (.70). Secondly, variable 'technical quality' showed a moderate relationship ($r = .44$) with overall

table tennis performance at T0 in combination with an increasing trend over time ($r = .51$ and $.58$ for T1 and T2, respectively). Thirdly, the O3T appeared to be highly feasible with some possibility to improve regarding its structure and its use in real-world talent selection contexts.

Discussion

This study presents good prospects for the O3T's measurement properties and its added value in talent contexts. Its reliability, validity and feasibility appear comparably high compared to similar instruments (e.g., Faber et al., 2015; Katsikadelis et al., 2014) while it includes more detailed items and allows for the assessment of young players' technical skills in a highly representative setting during competition matches. However, it can still be improved both in terms of its design (e.g., excluding quantity variables) and its integration into coach education and talent selection processes (e.g., improved instructions for coaches).

References

- Faber, I. R., Koopmann, T., Büsch, D., & Schorer, J. (2021). Developing a tool to assess technical skills in talented youth table tennis players—a multi-method approach combining professional and scientific literature and coaches' perspectives. *Sports Medicine - Open*, 7(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00327-5>
- Faber, I. R., Nijhuis-Van Der Sanden, M. W., Elferink-Gemser, M. T., & Oosterveld, F. G. (2015). The Dutch motor skills assessment as tool for talent development in table tennis: a reproducibility and validity study. *Journal of Sports Sciences*, 33(11), 1149-1158.
- Katsikadelis, M., Piliandis, T., & Mantzouranis, N. (2014). Test-retest reliability of the "table tennis specific battery test" in competitive level young players. *European Psychomotoric Journal*, 6, 3-11.
- Vaeyens, R., Güllich, A., Warr, C. R., & Philippaerts, R. (2009). Talent identification and promotion programmes of Olympic athletes. *Journal of Sports Sciences*, 27(13), 1367-1380.

Belastungsbedingte Veränderungen im dynamischen Gleichgewicht

Jessica Heil & Dirk Büsch

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg, Deutschland

E-Mail: jessica.heil@uol.de

Schlüsselwörter: Verletzungsprävention, Beanspruchung, Seitenunterschiede

Einleitung

Die meisten Verletzungen im Sport treten unter körperlichen Belastungsbedingungen auf. Entsprechend kann eine Analyse belastungsbedingter Veränderungen von leistungsrelevanten Parametern Informationen über das potenzielle Verletzungsrisiko einer Sportlerin oder eines Sportlers generieren (Verschueren et al., 2020).

In diesem Zusammenhang empfiehlt sich insbesondere eine Analyse des dynamischen Gleichgewichts, da Defizite sowie Asymmetrien im dynamischen Gleichgewicht mit einem erhöhten potenziellen Verletzungsrisiko assoziiert sind (Helme et al., 2021; Plisky et al., 2006). Am Beispiel des antizipatorischen dynamischen Gleichgewichts soll geprüft werden, inwieweit körperliche Belastung einen Einfluss auf diesen Parameter und damit letztendlich auf das potenzielle Verletzungsrisiko hat.

Methode

Insgesamt wurden 128 sportlich aktive Personen (A-Priori-Stichprobenbestimmung: $n = 126$; F -Test: $\eta^2_p = 0.20$, $\alpha = 0.01$, $1-\beta = 0.99$) mittels eines dynamischen Gleichgewichtstests, dem Y-Balance-Test, in einem Messwiederholungsdesign vor und nach einer 60-sekündigen Ausbelastung auf einem Radergometer (modifizierter Wingate Anaerobic Test) oder einem Laufband (Ausbelastung bei maximaler Belastungsgeschwindigkeit) untersucht. Zunächst wurde der Einfluss beider Belastungsarten auf die Leistung im Y-Balance-Test geprüft, die über den Gesamtwert abgebildet wird (Plisky et al., 2009). Zusätzlich wurde die Asymmetrie über die Berechnung der prozentualen Differenz zwischen dem Stand- und Spielbein in Bezug auf die anteriore Reichweite im Y-Balance-Test bestimmt (Bishop et al., 2018).

Ergebnisse

Die Ergebnisse (Abbildung 1) der dreifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung auf zwei Faktoren („mixed design“, Belastungsart \times Bein \times Messzeitpunkt) zeigen eine bedeutsame Reduktion des dynamischen Gleichgewichts ($F_{3, 378} = 26.68$, $p < .001$, $\eta^2_p = .18$, 90% CI [.12, .23]) und eine bedeutsame Interaktion zwischen Zeit und Belastungsart ($F_{3, 378} = 10.99$, $p < .001$, $\eta^2_p = .08$, 90% CI [.04, .12]), die nicht auf die bereits unter Ruhebedingungen bestehenden Unterschiede in den beiden Belastungsgruppen zurückzuführen ist (ANCOVA, $F_{2, 250} = 12.45$, $p < .001$, $\eta^2_p = .09$, 90% CI [.04, .15]). Jedoch gibt es keine bedeutsamen Unterschiede zwischen Stand- und Spielbein ($F_{1, 126} = 0.59$, $p = .44$, $\eta^2_p < .01$, $1-\beta = .12$) und keine bedeutsame Vergrößerung der Asymmetrie durch die Belastung ($F_{1, 126} = 4.44$, $p = .04$, $\eta^2_p = .03$, 90% CI [.0, .10]).

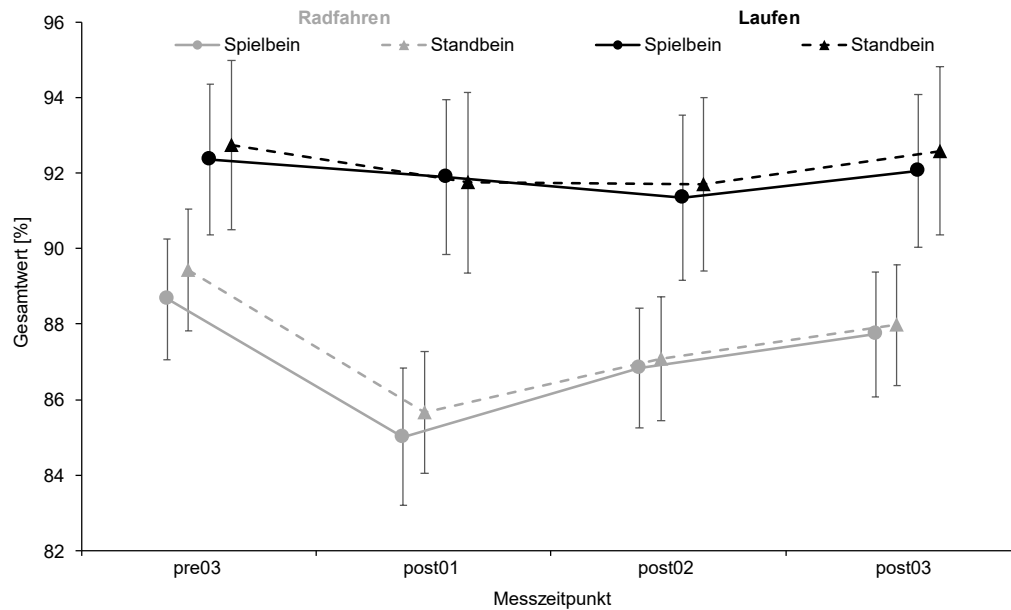


Abb. 1. Mittelwerte und 95 % Konfidenzintervalle des Gesamtwerts für beide Belastungsarten (Laufen und Radfahren) und beide Beine (Spielbein und Standbein) zu den 4 Messzeitpunkten (pre03 = vor der Belastung, post01 = 0 min danach, post02 = 10 min danach, post03 = 20 min danach).

Diskussion

Es konnte ein Einfluss körperlicher Belastung auf das dynamische Gleichgewicht gezeigt werden, der jedoch von der Belastungsart abhängig erscheint, sodass die Unterschiede auf eine potenziell unterschiedliche und belastungsspezifische Beanspruchung zurückzuführen wären. Es zeigt sich eine bedeutsame Verschlechterung des dynamischen Gleichgewichts nach dem Radfahren, aber nicht nach dem Laufen. In Bezug auf Asymmetrien konnte kein relevanter Belastungseinfluss nachgewiesen werden.

Insgesamt erscheint eine sportartspezifische Präventivdiagnostik unter sportarttypischen Belastungsbedingungen empfehlenswert, wobei zum einen weitere Testverfahren zur Identifikation eines potenziellen Verletzungsrisikos zu berücksichtigen sind, um perspektivisch aus dem induktiven Schluss eine deduktive Regel ableiten zu können. Zum anderen scheint aufgrund der großen Streuungen in den Versuchsgruppen eine individualisierte Betrachtung der Belastungseinflüsse und Beanspruchungseffekte dringend geboten.

Literatur

- Bishop, C., Read, P., Lake, J., Chavda, S., & Turner, A. (2018). Interlimb asymmetries: Understanding how to calculate differences from bilateral and unilateral tests. *Strength and Conditioning Journal*, 40(4), 1-6. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000371>
- Helme, M., Tee, J., Emmonds, S., & Low, C. (2021). Does lower-limb asymmetry increase injury risk in sport? A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 49, 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.03.001>
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the Star Excursion Balance Test. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 4(2), 92-99.

- Plisky, P. J., Rauh, M. J., Kaminski, T. W., & Underwood, F. B. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 36(12), 911-919. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2244>
- Verschueren, J., Tassignon, B., De Pauw, K., Proost, M., Teugels, A., Van Cutsem, J., Roelands, B., Verhagen, E., & Meeusen, R. (2020). Does acute fatigue negatively affect intrinsic risk factors of the lower extremity injury risk profile? A systematic and critical review. *Sports Medicine*, 50(4), 767-784. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01235-1>

Proactive and retroactive transfer effects on voluntary gait adaptability in old age

Kyungwan Kim¹, Lena Deller¹, Marie Vinent¹, Hyunji Song¹, Igor Komnik^{1,2} & Wiebren Zijlstra¹

¹Institute of Movement and Sport Gerontology, Cologne, Germany

²Institute of Biomechanics and Orthopaedics, Cologne, Germany

E-Mail: k.kim@dshs-koeln.de

Keywords: Aging, proactive and retroactive transfer, voluntary gait adaptability

Introduction

The proactive transfer effect refers to the phenomenon that a previously learned motor skill influences the performance of subsequent similar motor skills. The retroactive transfer effect is a reverse phenomenon that subsequently learned motor skill influences the performance of the previous motor skill (Hanseeuw et al., 2012). Age-related differences have been well studied in terms of executive functions (particularly inhibitory control and working memory) (Murphy et al., 2007) and fine motor skills such as typing, grasping, or assembly tasks (Verneau et al., 2015) but not in gross motor skills such as gait. In the current study, we aim to examine transfer effects related to aging and the number of repetitions in a specific gross motor skill i.e., *voluntary gait adaptability*.

Methods

Six young (27.0 ± 1.4 years) and two older (79.3 ± 4.3 years) adults have been tested so far. Participants' gait adaptability is assessed based on step error and step accuracy on a gait-specific instrumented treadmill (C-Mill, Motek®). After measuring the individually comfortable belt speed and the individual stride length on the C-Mill, participants alternately performed two similar but slightly different tasks (easier and more complex) within a block (A–B–A–B; 2 min per task; three blocks) without intermittent pauses between tasks but with 1 min pauses between blocks. In the easier task (Task A), participants are required to step on cued obstacles with only their right foot while avoiding white stones. To avoid the white stones, participants may walk the C-Mill freely (a greater number of steps available than the number of the white stones and obstacles). In the more complex task (Task B), participants alternately step on the white stones with their left and right feet while avoiding obstacles. To avoid obstacles, participants may not walk the C-Mill freely as in Task A, must step outwards to the left or right side of obstacles, but not inwards (same number of steps as the white stones and obstacles). Step accuracy is assessed by differences in COP (center of pressure; 500Hz) data between the visual cues and the participants' actual stepping positions (supplementary material: <https://youtu.be/GeIVN4T59SE>).

Results

Based on the task (A & B) and the block (1, 2 & 3), we analyzed preliminary trends in our first data. Regarding step errors, there does not seem to be an age-related difference in Task A (YA: 1.03 ± 1.75 , OA: 2.00 ± 2.83), but there seems to be a difference in Task B (YA: 11.56 ± 20.36 , OA: 52.58 ± 19.92). The difference in Task B is maintained on three blocks with some

improvement trend both in young (*Block 1*: 17.42 ± 29.57 ; *2*: 8.00 ± 13.35 ; *3*: 9.25 ± 18.16) and older (*Block 1*: 66.50 ± 20.51 ; *2*: 56.25 ± 19.45 ; *3*: 35.00 ± 19.80). Regarding step accuracy, we currently only see an age-related difference in the AP (anterior posterior) direction in Task A (YA: 0.093 ± 0.074 , OA: 0.155 ± 0.097).

Discussion

Our preliminary results showed age-related differences in stepping errors on the more complex task, but not on the easier task. Despite persistent differences in subsequent blocks, older adults showed some improvement, suggesting that their gross motor skills can also be improved when proactive and retroactive transfers are embedded in the tasks. Lack of age-related differences in step accuracy may be explained by different individual belt speeds (YA: 3.58 km/h, OA: 2.40 km/h) and stride lengths (YA: 1.25 m, OA: 0.87 m), indicating that older adults activated more cautious stepping strategy than young adults. Since we only compared two older adults versus six young adults, these first results need cautious interpretation. Our study is ongoing, during the conference complete results of two age groups will be presented.

References

- Hanseeuw, B. J., Seron, X., & Ivanoiu, A. (2012). Increased sensitivity to proactive and retroactive interference in amnesic mild cognitive impairment: new insights. *Brain and Cognition*, 80(1), 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2012.04.002>
- Murphy, K. J., West, R., Armilio, M. L., Craik, F. I. M., & Stuss, D. T. (2007). Word-list-learning performance in younger and older adults: Intra-individual performance variability and false memory. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14(1), 70–94. <https://doi.org/10.1080/138255890969726>
- Verneau, M., van der Kamp, J., Savelsbergh, G. J. P., & de Looze, M. P. (2015). Proactive and retroactive transfer of middle age adults in a sequential motor learning task. *Acta Psychologica*, 156(February), 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.01.009>

Session 4A: Motor Control III

Is there dual-task interference in cycling when using bike computers?

Christina Pfeifer, Peter Leinen, Johannes Puhl & Stefan Panzer

Zum Einfluss von natürlicher Unsicherheit in Partner-Interaktionen auf kinematische und dynamische Variablen von Objektübergaben

Theresa K. Brand, Lisa K. Maurer, Hermann Müller, Falko R. Döhring & Michael Joch

Eine meta-analytische Untersuchung der Feedback-Related Negativity in motorischen Aufgaben

Laura Faßbender, Daniel Krause & Matthias Weigelt

Understanding the role of functional variability in juggling

Abir Chowdhury, Heiko Maurer, Lisa K. Maurer & Hermann Müller

Is there dual-task interference in cycling when using bike computers?

Christina Pfeifer¹, Peter Leinen¹, Johannes Puhl¹ & Stefan Panzer^{1,2}

¹Saarland University, Saarbrücken, Germany

²Texas A&M University, College Station, USA

E-Mail: christina.pfeifer@uni-saarland.de

Keywords: dual-task performance, eye-movements

Introduction

Road users as pedestrians, cyclists, and car drivers are often engaged in dual tasking, for instance driving a car and operating a mobile phone (Mwakalonge et al., 2014). Distracted driving has been an important research topic for decades. However, to the best of our knowledge, only few studies have examined the effect of distracted biking on traffic safety performance or cycling behavior (Yang & Wu, 2017). Bike computers are an important equipment on racing bikes where athletes can visually control physiological and biomechanical parameters with the aim to increase or monitor their performance. Literature reports that attention resources of an individual are limited (Kahneman, 1973). An open issue is to know if the visual control of the bike computer attenuates athletes' visual attention from the riding task or the traffic and induces dual task interference. The purpose of the present experiment was to determine the effect of visually monitoring the cadence of a bike computer and to perceive hazardous traffic situations in a virtual environment.

Methods

Individuals (N = 21) were instructed to ride a racing bike that was fitted to a Tacx™ Flux 2 Smart T2980 virtual reality trainer by using Tacx 2.0 (T1990.02) software. The road environment was projected on a 2 m x 2 m screen positioned 2 m in front of the individuals' eye-level. A Garmin® Edge1030 bike computer was fixed to the handlebar stem of the bicycle. Hazard traffic situations were presented in three one-minute video clips for each condition. In one video clip, no or a maximum of two hazard situations occurred. The task was to recognize the hazardous traffic situations (primary task) and to maintain a predetermined cadence of 70 or 90 RPM (secondary task). In a within subject-design individuals were instructed to perform the riding task in two single task conditions (only watching the traffic at the video), two dual task conditions (monitoring the cadence of 70 RPM or 90 RPM and observing the traffic) and one control condition (no instructions). Percentage of dwell time (%dwell time) of the eye-movements (recorded with Tobii glasses; 30 Hz), the accuracy from the target cadence (constant error [CE]), and the percentage of the recognized hazard traffic situations (%correct) were analyzed.

Results

To analyse the %dwell time an ANOVA 5 (condition: STO, STnO, DT70, DT90, CO70) with repeated measures was conducted for three Areas of Interest (traffic, bike computer, no target), separately. The analysis for %dwell time for the bike computer revealed significant differences across the conditions, $F(4,80) = 13.78$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .41$. Multiple post-hoc

comparisons indicated that the %dwell time was higher at the dual task conditions (DT70, DT90) and control condition (CO70) compared to the single task conditions (STO, STnO). All other analyses for %dwell time watching traffic or no target failed to reach significance. For the %correct and the CE separate ANOVAS 5 (condition: STO, STnO, DT70, DT90, CO70) with repeated measures were calculated. The CE significantly increased, when changing the cadence from 70 RPM to 90 RPM, $F(4,80) = 7.55$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .27$. However, the analysis of the %correct indicated no significant differences between the condition, $F(4,80) < 1$, $p > .05$.

Discussion

This finding demonstrates that visual monitoring of a bike computer that provided one biomechanical performance parameter does not significantly distract the correct judgment of hazardous traffic situations. Further, the performances of the primary and secondary task for 70 RPM suggests that the allocation of the resource occurs in a way that both tasks can be performed without dual task interferences. However, when increasing the cadence from 70 RPM to 90 RPM the secondary task suffered. This suggests that the cyclists used their attentional resources primarily to prioritize the control of traffic situations (primary task) and therefore compromised the secondary task performance when the cadence was increased to 90 RPM.

References

- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Prentice Hall, New York.
- Mwakalonge, J. L., White, J., & Siuhi, S. (2014). Distracted biking: a review of the current state-of-knowledge. *International Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 3(2), 42-51.
- Yang, C. Y., & Wu, C. T. (2017). Primary or secondary tasks? Dual-task interference between cyclist hazard perception and cadence control using cross-modal sensory aids with rider assistance bike computers. *Applied Ergonomics*, 59, 65-72.

Zum Einfluss von natürlicher Unsicherheit in Partner-Interaktionen auf kinematische und dynamische Variablen von Objektübergaben

Theresa K. Brand^{1,2}, Lisa K. Maurer^{1,2}, Hermann Müller^{1,2}, Falko R. Döhring¹ & Michael Joch^{1,2}

¹Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen, Deutschland

²Center for Mind, Brain, and Behavior, Gießen/Marburg, Deutschland

E-Mail: theresa.brand@sport.uni-giessen.de

Schlüsselwörter: Interaktion, Griffkraft, Vorwärtsmodell

Einleitung

Im Gegensatz zu einer selbsterzeugten motorischen Handlung stellt die Übergabe eines Objektes von Mensch zu Mensch eine eingeschränkt vorhersagbare Aufgabe dar, da kein exaktes Wissen über das zukünftige Bewegungsverhalten des Gegenübers zur Verfügung steht. Um mit Hilfe des sogenannten Vorwärtsmodells (Miall & Wolpert, 1996) genaue Vorhersagen treffen zu können, werden nämlich Informationen über den aktuellen Zustand des Körpers und der Umwelt sowie über die geplanten motorischen Kommandos benötigt. Letztere stehen in Objektübergaben für Handlungen des Partners nicht zur Verfügung (Blakemore and Decety, 2001). Die resultierende Vorhersageunsicherheit führt dazu, dass die Bewegungskontrolle in Interaktionen aus einem komplexen Zusammenspiel zwischen Feedforward- und Feedbackmechanismen bestehen muss, welches noch nicht vollständig erforscht ist.

Die vorliegende Studie zielt darauf ab, Verhaltensmerkmale in Objektübergaben zu identifizieren, die durch fehlendes Wissen über motorische Kommandos des jeweiligen Gegenübers entstehen, um einen Beitrag zur Erklärung motorischer Kontrollmechanismen in Interaktionen zu leisten. Dies wurde realisiert indem Griffkraftprofile und kinematische Daten von vorhersagbaren Selbstübergaben (Objektübergabe zwischen den beiden Händen *einer* Person) mit Daten aus eingeschränkt vorhersagbaren Partnerübergaben verglichen wurden.

Methode

44 gesunde Freiwillige (32 weiblich, 12 männlich; $25,73 \pm 4,31$ Jahre) absolvierten jeweils in Zweiergruppen einen einstündigen Experimentaltermin. Dem jeweiligen Partner an einem Tisch gegenüber sitzend, bestand die Aufgabe der TeilnehmerInnen darin, ein quaderförmiges Übergabeobjekt aus Metall ($m = 450$ g) von einer Startposition in eine definierte Übergabezone zu transportieren und entweder eine vollständig vorhersagbare Selbstübergabe oder eine eingeschränkt vorhersagbare Partnerübergabe durchzuführen. Hierbei wurden die Griffkräfte über im Übergabeobjekt verbaute KD24s ± 200 N Kraftsensoren (ME-Meßsysteme GmbH) und kinematische Daten der Hände und des Übergabeobjekts über ein Bewegungserfassungssystem mit acht Kameras (Vicon Motion Systems) erfasst. Beide Übergabearten wurden diagonal nach vorne und mit verschiedenen Hand- und Paarkonstellationen (Rechtshänder Paar oder Paar bestehend aus einem Links- und einem Rechtshänder) durchgeführt, um die Bewegungsrichtung sowie Handdominanzeffekte als mögliche Störvariablen zu kontrollieren.

Ergebnisse

Übergeber reduzierten ihre Griffkraft in Partnerübergaben mit einer signifikant niedrigeren Rate als in Selbstübergaben ($t(18) = -8,51, p < ,001, d = -1,95$), was in längeren Übergabedauern in Partnerübergaben ($t(21) = -12,06, p < ,001, d = -2,57$) resultierte. Analog dazu steigerten Übernehmer ihre Griffkräfte bei der Objektübernahme in Partnerübergaben mit geringeren Raten als in Selbstübergaben, $t(19) = 3,47, p < ,01, d = 0,78$. Während der Phase der Lastübertagung zeigten sich in Partnerübergaben außerdem größere vertikale Objektbewegungen, sowohl in positiver ($t(21) = -5,31, p < ,001, d = -1,13$) als auch in negativer Richtung ($t(20) = 3,13, p = ,01, d = 0,68$).

Diskussion

Der Vergleich von vorhersagbaren Selbstübergaben mit eingeschränkt vorhersagbaren Partnerübergaben zeigt, dass fehlendes Wissen über das Verhalten eines Partners im Interaktionsszenario zu einer konservativen Loslass-Strategie von Übergebern führt, um eine sichere Objektübergabe zu gewährleisten. Eine einhergehende Reduktion der mittleren Krafrate von Übernehmern kann einem höheren Grad an Feedback-Einbezug in der Phase, in der beide interagierenden Hände am Objekt sind, zugeschrieben werden (Endo et al., 2012). Erhöhte vertikale Objektbewegungen in dieser Phase könnten Timing-Defizite auf Grund der Vorhersageunsicherheiten widerspiegeln.

Literatur

- Blakemore, S. J., & Decety, J. (2001). From the perception of action to the understanding of intention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(8), 561–567. <https://doi.org/10.1038/35086023>
- Endo, S., Pegman, G., Burgin, M., Toumi, T., & Wing, A. M. (2012). Haptics in Between-Person Object Transfer. In P. Isokoski & J. Springare (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science: Vol. 7282, Haptics: Perception, devices, mobility, and communication* (pp. 103–111). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-31401-8_10
- Miall, R. C., & Wolpert, D. M. (1996). Forward Models for Physiological Motor Control. *Neural Networks*, 9(8), 1265–1279. [https://doi.org/10.1016/S0893-6080\(96\)00035-4](https://doi.org/10.1016/S0893-6080(96)00035-4)

Eine meta-analytische Untersuchung der Feedback-Related Negativity in motorischen Aufgaben

Laura Faßbender^{1,2}, Daniel Krause² & Matthias Weigelt²

¹Justus-Liebig-Universität Giessen, Giessen, Deutschland

²Universität Paderborn, Paderborn, Deutschland

E-Mail: laura.fassbender@psychol.uni-giessen.de

Schlüsselwörter: motor tasks, cognitive tasks, feedback, ERP, FRN

Einleitung

Die Verarbeitung von Feedback spielt eine wichtige Rolle im motorischen Lernprozess. Handlungen und Entscheidungen werden prädiktiv sowie postdiktiv evaluiert (Maurer et al., 2021). Die Feedback-Related Negativity (FRN; auch bekannt als Reward Positivity) ist ein ereigniskorreliertes Potential des Belohnungsvorhersagefehlers (RPE), welches die postdiktive Fehlerverarbeitung widerspiegelt (Maurer et al., 2021). Die FRN wurde vielfach in Studien mit kognitiven Aufgaben (z.B. Glücksspielaufgaben) untersucht (Sambrook & Goslin, 2015). Gleichzeitig steigt die Anzahl der Studien, die motorische Paradigmen verwenden. Die vorliegende Meta-Analyse vergleicht die FRN-Amplitude und -Latenz zwischen kognitiven und motorischen Studien. Eine erhöhte Antwort- und Feedbackkomplexität sowie die verstärkte prädiktive Fehlervorhersage im motorischen Bereich könnten entsprechende Unterschiede induzieren. Weiterhin wird der moderierende Einfluss der folgenden Variablen auf die FRN-Amplitude und -Latenz in motorischen Studien getestet: Feedbackzeitpunkt, Feedbackmodalität, Feedbackkomplexität, Zuordnungsambiguität, Antwortkomplexität sowie Aufgabentyp.

Methode

Abbildung 1 zeigt den Ablauf der Literaturrecherche. Inkludiert wurden Studien zur motorischen Domäne, sofern die Aufgabe eine motorische Ausführung benötigte, welche hinsichtlich ihrer eigenen oder ergebnisbezogenen zeitlichen und/oder räumlichen Eigenschaften die Aufgabenleistung und das entsprechende Feedback bestimmte. Die GGA Technik von Sambrook und Goslin (2015) wurde zur Datenanalyse der motorischen Domäne verwendet und ihre veröffentlichten Daten für die kognitive Domäne reanalysiert. Zum Domänenvergleich wurden unabhängige gewichtete *t*-Tests für Varianzhomogenität (FRN-Amplitude) und Varianzheterogenität (FRN-Latenz) berechnet, wobei Varianzhomogenität mittels Levene's *t*-test geprüft wurde. Forest- und Funnel-Plots wurden zur Analyse von Ausreißern und Publikationsbias eingesetzt. Gewichtete univariate Varianzanalysen fanden zur Moderatorvariablenanalyse Verwendung.

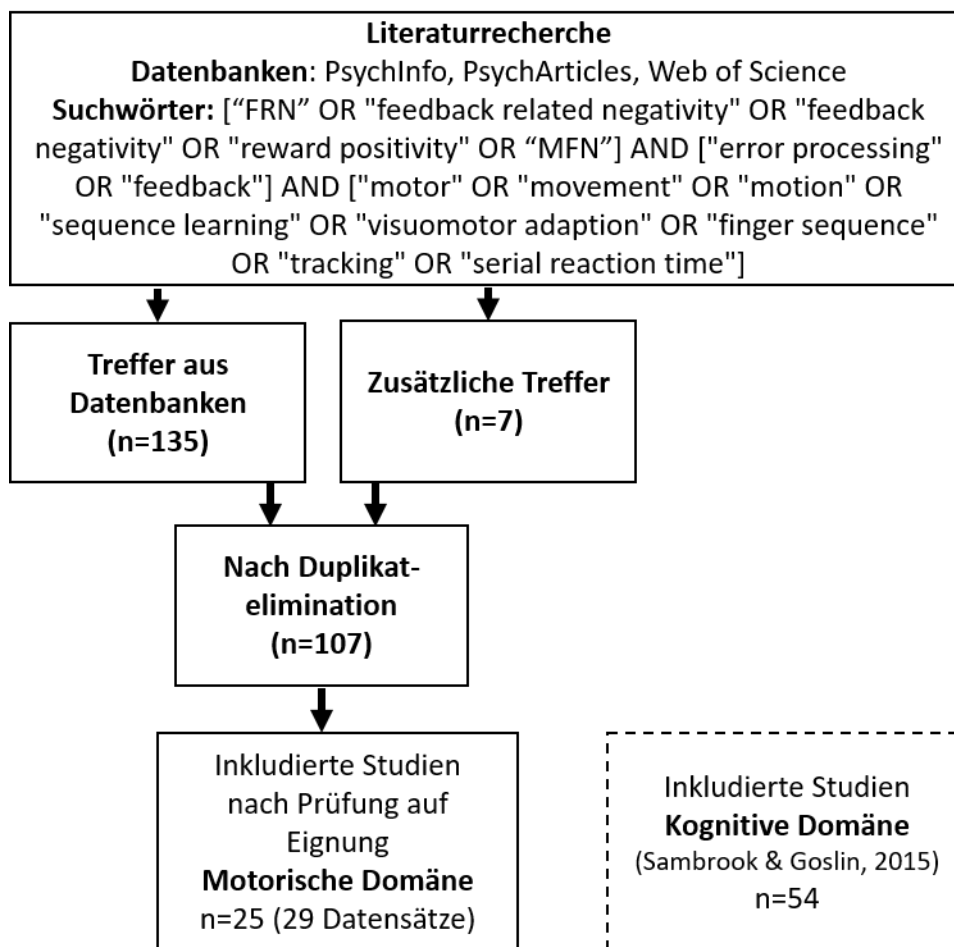


Abb. 1. Übersicht Literaturrecherche

Ergebnisse

Die Meta-Analyse zeigt domänenspezifische Unterschiede in der FRN-Amplitude sowie in der FRN-Latenz. Die FRN-Amplitude war höher in der motorischen ($M=-3.48 \mu\text{V}$, $SD=1.80$) verglichen zur kognitiven ($M=-2.69 \mu\text{V}$, $SD=1.61 \mu\text{V}$) Domäne, $t(82)=2.07$; $p=.001$; $d=0.47$. Zudem zeigte sich eine verringerte FRN-Latenz in Studien mit motorischen ($M=258.27 \mu\text{V}$, $SD=43.28 \mu\text{V}$) im Vergleich zu Studien mit kognitiven Aufgaben ($M=276.48 \mu\text{V}$, $SD=26.73 \mu\text{V}$), $t(82)=2.07$; $p=.042$; $d=0.55$. Zu bemerken ist außerdem, dass die Varianz der FRN-Latenz in der motorischen Domäne signifikant höher war ($p<.001$). Studien mit erhöhter Antwortkomplexität ($M=212.65 \mu\text{V}$, $SD=23.00 \mu\text{V}$), wiesen eine niedrigere FRN-Latenz im Vergleich zu Studien mit niedrigerer Antwortkomplexität ($M=270.36 \mu\text{V}$, $SD=11.08 \mu\text{V}$) auf, $F(2,30)=5.11$, $p=.032$, $\eta^2_p=.15$).

Diskussion

Die erhöhte FRN-Amplitude im motorischen Bereich könnte mit einer stärkeren Bedeutung von Ergebnisvorhersagen im motorischen Bereich zusammenhängen. Durch die prädiktive Fehlerverarbeitung über Feedforward-Prozesse wird eine Prädiktion bezüglich der eigenen Leistung und dem folgenden Feedback forciert. Tritt die Prädiktion wiedererwartend nicht ein, ist der Prädiktionsfehler groß. Da die Ergebnisprädiktion im motorischen Bereich bereits vorhanden ist, wird bei der Feedbackpräsentation lediglich der Abgleich zwischen

Ergebnisprädiktion und tatsächlichem Feedback vollzogen. Dies scheint die kognitive Verarbeitung zu verkürzen und dementsprechend die FRN-Latenz zu verringern. So ist es bei Wurfaufgaben bekannt, dass vor der finalen Feedbackpräsentation über sensorisch Signale, Informationen über die Ballflugkurve gesammelt und schließlich zur Feedbackprädiktion vor finalem Feedbackstimulus verwendet werden (Maurer et al., 2021). Folgende Studien, die motorische Paradigmen verwenden, sollten besonders auf die veränderte FRN-Latenz in der Motorik achten und mögliche Moderatorvariablen berücksichtigen.

Literatur

- Maurer, L. K., Joch, M., Hegele, M., & Müller, H. (2021). Focused Review on Neural Correlates of Different Types of Motor Errors and Related Terminological Issues. *Journal of Human Kinetics*, 76, 67-81. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0087>
- Sambrook, T. D., & Goslin, J. (2015). A Neural reward prediction error revealed by a meta-analysis of ERPs using great grand averages. *Psychological Bulletin*, 141(1), 213–235. <https://doi.org/10.1037/bul0000006>

Understanding the role of functional variability in juggling

Abir Chowdhury, Heiko Maurer, Lisa K. Maurer & Hermann Müller

Institut für Sportwissenschaft, Justus-Liebig-Universität Giessen, Giessen, Germany

E-Mail: abir.chowdhury@sport.uni-giessen.de

Keywords: Variability, Juggling, Motor skills

Introduction

Juggling as a motor skill has fascinated scientists since decades. It is fascinating that speed-jugglers can make nearly 500 catches in a minute (Botvinick-Greenhouse & Shinbrot, 2020). However, studies report that an average human has a reaction time of approx. 250 ms, and with rigorous training they could improve up to 190-200 ms. It is, therefore, really fascinating how a juggler with a reaction time in the top percentile could catch balls every 120 ms. It is obvious that in order to make that many catches it is important for the juggler to throw the balls precisely and with less variation, leading to less variance in the catching position by the other hand. In this pilot study, we have attempted to compare the variability between an expert and a beginner juggler in the context of cascade juggling. Our aim is to demonstrate that expert jugglers are able to decrease the variability in ball catching position of the second hand (low outcome variability), despite there being variance in throwing parameters by the first hand (large execution variability). This phenomenon has been termed in human movement sciences as '*functional variability*' (Müller & Loosch, 1999).

Methods

In order to quantify functional variability, we have decomposed the continuous juggling patterns into individual throws and catches from the balls' vertical velocity profiles. We then determine the parameters at the time of release to describe the execution variability. The performance variables chosen in this task are the initial position of the throw (y_0, z_0), angle of release while throwing (θ), and initial velocity of the throw (u). For the sake of analysis, we have chosen the mean spatial coordinate of all individual catching positions over 180 throws of the expert juggler as the desired "outcome position" and marked it as the origin for calculation. The outcome position for the novice juggler was also chosen in a similar manner. Further, since jugglers mostly try to throw the balls side-to-side, we have done the analysis in the frontal plane (Z-Y plane).

For this analysis, we have considered the ball throws as projectile motion and described its trajectory from the physics of the motion in space. Now, in order to check the functional variability, we can estimate the absolute horizontal error $|dy|$ (the horizontal deviation from the desired outcome position) as the function of the performance variables,

$$|dy| = f(u, \theta, y_0, z_0)$$

Next, in order to measure the consistency of the throws, we have calculated the variable error (VE) of the n empirical throws for a subject. Additionally, to study what effects the performance parameters have on the outcome, we calculated the variability of the movement outcome by decoupling it from its movement variables. This has been achieved by permuting performance variables from different throws in a trial to the calculations of the outcome position (Müller &

Sternad, 2003). The horizontal error and the variable errors for the hypothetical throws were also calculated from the obtained values.

Results

Our results corroborate our assumption that in order to maintain stability in a juggling pattern, experts employ functional variability to a greater extent than beginner jugglers. We have performed a comparative study between the two participants and quantified how much one is able to exploit functional variability. This was done by checking how much empirical variability is reduced as compared to variability in hypothetical permuted throws. In our experimental analysis, we have found an approximately 38.71% decrease in variability for the expert juggler and a reduction of only about 10% for the non-expert.

Discussion

Our findings confirm that expert jugglers are able to use functional variability to a greater extent than their beginner counterpart in order to maintain pattern stability. Furthermore, the variable error for the analysis among expert and beginner jugglers shows that in experts, there is more consistency in throwing and catching of the juggling balls. It is obvious that release angle and throwing velocity of the balls, along with the precise timing/rhythm of ball throwing and catching (not analysed here), play a huge role in the stability of a specific pattern. In our future studies, we aim to study the temporal aspects of different juggling patterns and gain more insights into how we are able to achieve accuracy and precision in juggling.

References

- Botvinick-Greenhouse, J., & Shinbrot, T. (2020). Juggling dynamics. *Physics today*, 73(2).
- Müller, H., & Loosch, E. (1999). Functional variability and an equifinal path of movement during targeted throwing. *Journal of Human Movement Studies*, 36, 103-126.
- Müller, H., & Sternad, D. (2003). A randomization method for the calculation of covariation in multiple nonlinear relations: illustrated with the example of goal-directed movements. *Biological cybernetics*, 89(1), 22-33.

Session 4B: Training und motorische Leistungsfähigkeit

Zum Einfluss des Koordinationsniveaus auf die Effekte im Krafttraining mit Jugendlichen

René Garbsch & Gerd Thienes

Einfluss eines schulintegrierten Bewegungsprogramms auf die motorische Leistungsfähigkeit gesunder Kinder und Jugendlicher

Denise Homeyer, Nima M. Dagdar, Momme Kück, Lena Grams, Jeannine von der Born, Elena Bauer, Martina Schwalba, Arno Kerling, Nadine von Maltzahn, Alexander Albrecht, Axel Haverich, Meike Stiesch, Anette Melk, Uwe Tegtbur

Zum Einfluss des Koordinationsniveaus auf die trainingsbedingte Ausdauerleistungssteigerung bei Jugendlichen

Tim Below & Gerd Thienes

Die Auswirkungen eines Smartphone-basierten kognitiven Trainings auf die exekutiven Funktionen von Nachwuchsleistungsfußballspielern: Eine randomisierte, kontrollierte Studie

Florian Heilmann, Damiano Formenti, Athos Trecroci & Franziska Lautenbach

Zum Einfluss des Koordinationsniveaus auf die Effekte im Krafttraining mit Jugendlichen

René Garbsch & Gerd Thienes

Universität Vechta, Vechta, Deutschland

E-Mail: rene.garbsch@uni-vechta.de

Schlüsselwörter: Bewegungskoordination, Trainierbarkeit, Transfereffekte

Einleitung

Einem Training der Bewegungskoordination werden insbesondere im Kindes- und Jugendalter zahlreiche (positive) Funktionen zugesprochen. Neben der Reduzierung von Fehlbelastungen und Verletzungsrisiken, werden positive Transfereffekte auf motorische Lernverläufe oder kognitive Prozesse erwartet. Im Kontext sportlicher Übungs- und Trainingsprozesse wird in der Tradition fähigkeitsorientierter Transferannahmen eine Steigerung konditioneller Trainings- und motorischer Lernerfolge postuliert. Vermeintlich gestützt werden solche Annahmen durch mehrere Befunde zur Steigerung komplexer Leistungen und konditioneller Fähigkeiten durch koordinatives Training (z. B. Bruhn et al., 2006; Gebel et al., 2020). Da eine empirische Prüfung, ob interindividuelle Differenzen im Koordinationsniveau in Teilen größere Gewinne im Konditionstraining (mit-) verursachen, bislang aussteht, war es Ziel dieser Studie diese Annahme bei Jugendlichen zu untersuchen.

Methode

In mehreren Teilstudien wurde ein mehrwöchiges (6-7 Wochen) Krafttraining mit insgesamt 210 Jugendlichen im durchschnittlichen Alter von $17,1 \pm 1,14$ Jahren durchgeführt ($N = 122$ männlich und $N = 88$ weiblich). Im Rahmen der Eingangsdagnostik wurde das Koordinationsniveau mittels jeweils zweier motorischer Tests zur Koordination bei Präzisionsanforderungen (Balancieren rückwärts, Zielwerfen) und unter Zeitdruck (Seitliches Hin- und Herspringen, Ringführen Slalom) erhoben. Zusätzlich wurden vor und nach der Trainingsphase ($N = 160$ Interventionsgruppe und $N = 50$ Kontrollgruppe) die Krafftähigkeit über vier Testleistungen, Liegestütz, Klimmzughang, Back-Test und Curl-Up bestimmt. Mit den Effekten des Krafttrainings wurde zudem geprüft, ob sich diese in Abhängigkeit vom Ausgangsniveau der Koordination unterscheiden und, ob sich ein möglicher Einfluss des Koordinationsniveaus auf die Trainingsgewinne in den (Teil-) Gruppen der jüngeren und älteren sowie männlichen und weiblichen Jugendlichen differenziert darstellt.

Ergebnisse

Es zeigen sich signifikante Trainingseffekte der Interventionsgruppe im Liegestütz ($z = -7.397$; $p = .001$; $r = .51$), Klimmzughang ($z = -9.339$; $p = .001$; $r = .64$), Back-Test ($z = -4.772$; $p = .001$; $r = .33$) und Curl-Up ($z = -8.292$; $p = .001$; $r = .57$), und somit in allen vier Kraftdimensionen. Die Höhe der Trainingseffekte korreliert weder mit dem Gesamtkoordinationsniveau (Abb. 1; exemplarisch für den Klimmzughang), noch mit dem Niveau der Teilkordinationsaspekte (Zeitdruck und Präzisionsdruck). Das Alter und Geschlecht der Jugendlichen haben keinen Einfluss auf die Höhe der Trainingseffekte ebenso wie auf den Zusammenhang mit den Koordinationsniveaus (Gesamt- und Teilkoordination).

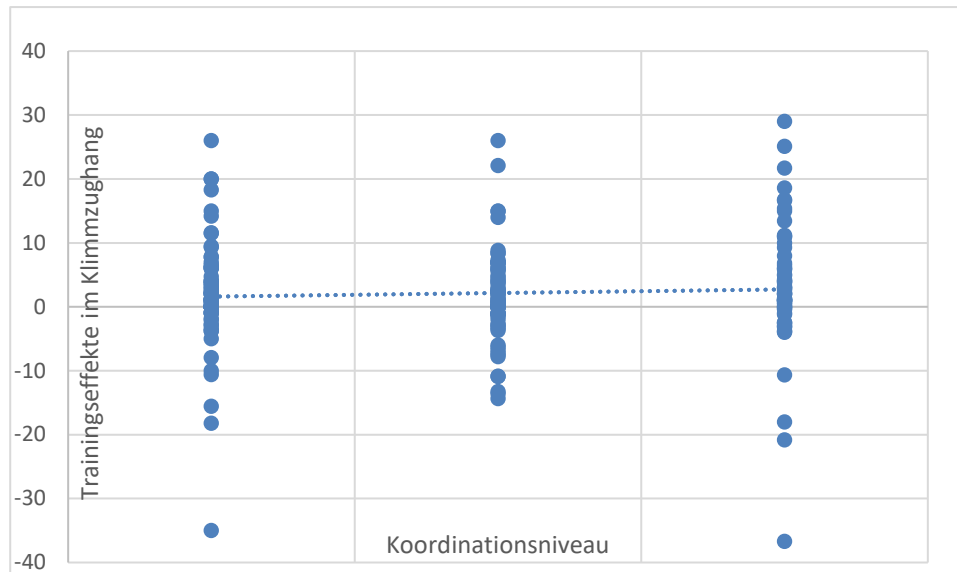


Abb. 1. Korrelation zwischen dem Koordinationsniveau und dem Trainingseffekt im Klimmzughang ($r=0.058$). Das Koordinationsniveau ist in niedriges (links), mittleres (mittig) und hohes (rechts) Niveau unterteilt. Der Trainingseffekt im Klimmzughang unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den Koordinationsniveaus und dementsprechend zeigt sich keine Korrelation zwischen den Variablen.

Diskussion

Entgegen den theoretischen Vorannahmen zeigt sich kein Einfluss des Ausgangsniveaus der Bewegungskoordination auf die Höhe der Effekte im Krafttraining. Dieser globale Befund hat auch bei einer Differenzierung nach dem Alter und Geschlecht der Jugendlichen Bestand. Als Interpretationsansätze bieten sich verschiedene Richtungen an. Innerhalb der gewählten fähigkeitsorientierten Prüfung kann der Befund als Bestätigung früherer Annahmen gewertet werden, wonach sich ein Leistungstransfer allenfalls in Aufgaben sehr ähnlicher Bewegungsstrukturen zeigt (Büsch, 2004). Darüber hinaus wird in zukünftigen Studien zu prüfen sein, ob sich der postulierte Einfluss des Koordinationsniveaus auf Trainingswirkungen anderer Leistungsaspekte anders darstellt, wenn die Koordination nicht (ausschließlich) fähigkeitsorientiert, sondern unter einer modularen, biomechanischen, handlungsorientierten oder physiologischen Perspektive operationalisiert wird.

Literatur

- Bruhn, S., Kullmann, N., & Gollhofer, A. (2006). Combinatory effects of high-intensity-strength training and sensorimotor training on muscle strength. *International journal of sports medicine*, 27(5), 401–406. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865750>
- Büsch, D. (2004). Prellen verbessert Prellen! Transfereffekte eines Handball-Koordinationstrainings im späten Schulkindalter. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 14 (2), 6-26.
- Gebel, A., Prieske, O., Behm, D. G., & Granacher, U. (2020). Effects of Balance Training on Physical Fitness in Youth and Young Athletes: A Narrative Review. *Strength & Conditioning Journal*, 42(6), 35–44. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000548>

Einfluss eines schulintegrierten Bewegungsprogramms auf die motorische Leistungsfähigkeit gesunder Kinder und Jugendlicher

Denise Homeyer¹, Nima M. Dagdar², Momme Kück¹, Lena Grams¹, Jeannine von der Born², Elena Bauer², Martina Schwalba², Arno Kerling¹, Nadine von Maltzahn³, Alexander Albrecht¹, Axel Haverich⁴, Meike Stiesch³, Anette Melk², Uwe Tegtbur¹

¹Institut für Sportmedizin der Medizinischen Hochschule Hannover, Hannover, Deutschland

² Klinik für Pädiatrische Nieren-, Leber- & Stoffwechselerkrankungen der Medizinischen Hochschule Hannover, Hannover, Deutschland

³ Klinik für Zahnärztliche Prothetik und Biomedizinische Werkstoffkunde der Medizinischen Hochschule Hannover, Hannover, Deutschland

⁴ Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover, Hannover, Deutschland

E-Mail: homeyer.denise@mh-hannover.de

Nicht publiziert auf Wunsch der Autoren.

Zum Einfluss des Koordinationsniveaus auf die trainingsbedingte Ausdauer-Leistungssteigerung bei Jugendlichen

Tim Below & Gerd Thienes

Universität Vechta, Vechta, Deutschland

E-Mail: tim.below@uni-vechta.de

Schlüsselwörter: Bewegungskoordination, Ausdauer, Transfereffekte

Einleitung

Im Kindes- und Jugendalter wird die Bewegungskoordination über ein breites schulisches und außerschulisches Sportangebot trainiert. Positive Auswirkungen auf Verletzungsrisiko, Wohlbefinden und verschiedene Gesundheitsparameter wurden nachgewiesen (Ortega et al., 2006). Außerdem wurden positive Zusammenhänge zwischen der Bewegungskoordination und kognitiven Leistungsparametern festgestellt (Fernandes et al., 2016).

Der Transfereffekt von Koordinationstraining auf die Kraftanstiegsrate wurde durch Bruhn et al. (2001) nachgewiesen.

Für die Ausdauer wurde durch Hands (2008) eine positive Korrelation zwischen Koordinations- und Ausdauerniveau festgestellt. Des Weiteren wird nach Roth (2014) der Koordination ein positiver Einfluss auf alle Trainingszugewinne zugeschrieben. Die Koordination wird mit einer Vielzahl positiver Effekte assoziiert. Ob auch die Ausdauer-Zugewinne von einem höheren Koordinationsniveau profitieren ist die Fragestellung der vorliegenden Untersuchung.

Methode

Um die Auswirkungen des Koordinationsniveaus auf die Zugewinne der Ausdauerleistungsfähigkeit zu untersuchen, wurden insgesamt 110 Jugendliche (Alter von $17,6 \pm 1,85$ Jahren) in Interventions- (N = 88) und Kontrollgruppe (N = 22) aufgeteilt. Da die Veränderungen innerhalb der Interventionsgruppe im Vordergrund standen, diente die kleinere Kontrollgruppe lediglich dem Nachweis, der Effektivität der Intervention.

Die 5-wöchige Trainingsintervention bestand aus einer Laufeinheit pro Woche, welche von den Lehrkräften angeleitet wurde. Im Rahmen des Pre-Tests wurde in der Woche vor der Intervention das Koordinationsniveau mittels jeweils zweier motorischer Tests zur Koordination bei Präzisionsanforderungen (Balancieren rückwärts, Zielwerfen) und unter Zeitdruck (Seitliches Hin- und Herspringen, Ringführen Slalom) erhoben. Außerdem wurde bei Pre- und Post (in der Woche nach der Intervention) Tests die Ausdauerleistungsfähigkeit mit dem Shuttle Run Test, in Form der absolvierten Bahnen bestimmt. Da die Voraussetzungen für parametrische Tests nicht erfüllt wurden (Kolmogorow-Smirnow-Test), wurde zur Auswertung der Wilcoxon Test genutzt.

Ergebnisse

Die Ausdauerleistungsfähigkeit der Interventionsgruppe verbesserte sich durch die Intervention signifikant ($p < 0,001$). Bei der Kontrollgruppe konnte keine signifikante Leistungsveränderung nachgewiesen werden. ($p = 0,29$).

Zwischen der Veränderung der Ausdauerleistungsfähigkeit und dem Gesamtkoordinationsniveau konnte keine Korrelation nachgewiesen werden ($p = 0,995$). Auch für Teilkoordinationsaspekte und einzelne Messzeitpunkte waren keine Korrelationen nachweisbar ($p > 0,05$).

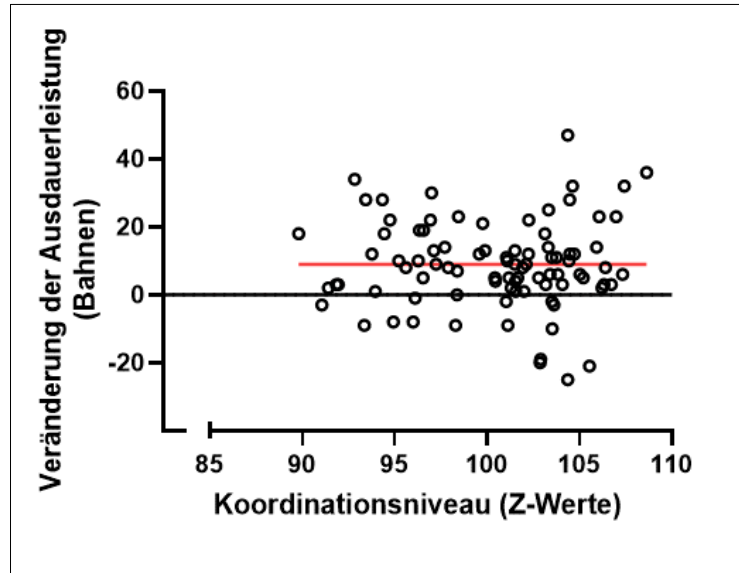


Abb. 1. Eine Korrelation zwischen dem Koordinationsniveau und dem Trainingseffekt im Shuttle Run Test konnte bei der Interventionsgruppe nicht nachgewiesen werden ($p = 0.995$).

Diskussion

Es konnte ein signifikanter Trainingseffekt der Interventionsgruppe nachgewiesen werden. Ein Transfereffekt des Koordinationsniveaus auf die Leistungssteigerung konnte nicht nachgewiesen werden.

Laut Büsch (2004) ist ein Leistungstransfer nur bei ähnlicher Bewegungsstruktur gegeben. Der Einfluss der (Lauf)-Koordination tritt möglicherweise in Bezug auf die Ausdauer, welche energetisch determiniert ist, in den Hintergrund. Bei einer Longitudinaluntersuchung von Hands (2008) wurden allerdings nach 5 Jahren erhöhte Zugewinne der Jugendlichen mit hohem Koordinationsniveau für den Shuttle Run Test nachgewiesen. Möglicherweise ist der Transfereffekt zu gering, um ihn in einer 5-wöchigen Intervention nachzuweisen.

Des Weiteren bleibt die fähigkeitsorientierte Operationalisierung der Koordination anzumerken, welche über biomechanische, handlungsorientierte oder physiologische Messungen ergänzt werden kann.

Literatur

- Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjostrom M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obesity*. 2008; 32(1):1–11
- Hands B. Changes in motor skill and fitness measures among children with high and low motor competence: a five-year longitudinal study. *J Sci Med Sport*. 2008 Apr;11(2):155-62.
- Fernandes, V. R., Ribeiro, M. L. S., Melo, T., de Tarso Maciel-Pinheiro, P., Guimarães, T. T., Araújo, N. B., Ribeiro, S., & Deslandes, A. C. (2016). Motor coordination correlates with academic achievement and cognitive function in children. *Frontiers in Psychology*, 7, Article 318.

- Bruhn S, Gollhofer A, Gruber M. Proprioception training for prevention and rehabilitation of knee joint injuries. Eur J Sports Traumatol Rel Res 2001; 23: 82±89
- Roth, K. (2014). Begriffliche und theoretische Grundlagen der Koordinationsschulung. Koordinationsschulung im Kindes-und Jugendalter: eine Übungssammlung für Sportlehrer und Trainer. Schorndorf: Hofmann.
- Büsch, D. (2004). Prellen verbessert Prellen! Transfereffekte eines Handball-Koordinationstrainings im späten Schulkindalter. Spectrum der Sportwissenschaften, 14 (2), 6-26.

Die Auswirkungen eines Smartphone-basierten kognitiven Trainings auf die exekutiven Funktionen von Nachwuchsleistungsfußballspielern: Eine randomisierte, kontrollierte Studie

Florian Heilmann¹, Damiano Formenti², Athos Trecroci³ & Franziska Lautenbach⁴

¹Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale), Deutschland

² Università degli Studi dell'Insubria, Varese, Italien

³ Università degli Studi di Milano, Mailand, Italien

⁴ Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Deutschland

E-Mail: florian.heilmann@sport.uni-halle.de

Schlüsselwörter: Kognitives Training, Exekutivfunktionen, Fußball, Videospiele, RCT

Einleitung

Kognitives Training zielt auf die Verbesserung einer Reihe von kognitiven Funktionen ab. Unter anderem soll es die exekutiven Funktionen (EF) der Anwender verbessern können. Die Untersuchung der Auswirkungen kognitiver Trainingsmaßnahmen ist zu einem beliebten Forschungsthema geworden. In der Sportwissenschaft konnte bisher nachgewiesen werden, dass exekutive Funktionen mit der sportlichen Leistung in Zusammenhang stehen (Heilmann et al., 2022) und, dass Athleten kognitive Aufgaben zur Messung der EF besser lösen können als Nicht-Athleten (Scharfen & Memmert, 2019). Unklar bleibt bisher jedoch, inwieweit ein domänenübergreifendes kognitives Training die EF bei Leistungssportlern verbessern kann.

Methode

Die vorliegende randomisierte, kontrollierte Studie untersucht die Auswirkungen eines achtwöchigen (5 min/Tag, 5 Tage/Woche) Smartphone-basierten domänenübergreifenden kognitiven Trainings unter Verwendung des Smartphonespiels "Fruit Ninja" auf die EF von Jugendfußballern ($N = 33$; Interventionsgruppe [IG]: $n = 15$, passive Kontrollgruppe [KG]: $n = 18$; Dropout: $n = 5$; aus organisatorischen Gründen [Interventionszeitraum] war keine gleiche Zuordnung zu den Gruppen möglich); beide Gruppen aus einem deutschen Nachwuchsleistungszentrum). Die Randomisierung wurde mithilfe des Research Randomizer (<https://www.randomizer.org/>) durchgeführt. Liu et al. (2015) konnten zeigen, dass das Spielen des Smartphonespiels „Fruit Ninja“ bei Vorschulkindern zu signifikanten Verbesserungen der EF führen kann. Die Teilnehmer spielten einmal die Woche zusammen mit den Testleitern auf dem Trainingsgelände, um den Fortschritt in der Spielleistung sicherzustellen. Das Arbeitsgedächtnis (3-Zurück-Aufgabe), die Inhibition (Flanker & Go/NoGo-Aufgabe) und die kognitive Flexibilität (Zahlen-Buchstaben-Aufgabe) in wurden in einem Prä-Post-Design untersucht. Zur Prüfung der Unterschiede in Bezug auf die Faktoren Zeit und Gruppe sowie den Interaktionseffekten von Zeit*Gruppe wurde für jeden EF-Test eine MANOVA mit Genauigkeits- und Antwortzeitparametern durchgeführt. Als Post-hoc Tests dienten einfaktorielle ANOVAs und t -Tests (mit Bonferroni-Korrektur).

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe, die auf das kognitive Training zurückzuführen wären. Für die Antwortzeitparameter der Go/NoGo-Aufgabe zeigen die Ergebnisse einen signifikanten Haupteffekt für die Gruppe ($p = .029$). Die univariaten Tests bestätigen diesen Effekt jedoch nicht ($p = .353$). Für die Flanker-Aufgaben zeigen die Ergebnisse für die Antwortzeiten keinen Haupteffekt für den Faktor Zeit ($p = .295$) und keinen Interaktionseffekt ($p = .724$). Es wurde jedoch ein signifikanter Haupteffekt für die Gruppe festgestellt ($p = .023$) was zeigt, dass die KG in Bezug auf die Antwortzeit signifikant bessere Werte zeigt als die IG. Die Überprüfung der Genauigkeit in der Flanker-Aufgabe zeigt keine Haupt-, ($p = .982$) oder Interaktionseffekte ($p = .522$). Für die 3-Zurück-Aufgabe wurden keine Effekte für die Antwortzeit (Zeit: $p = .748$; Gruppe: $p = .283$; Interaktion: $p = .138$) oder Genauigkeitsparameter gefunden (Zeit: $p = .228$; Gruppe: $p = .688$; Interaktion: $p = .121$). Für die Zahl-Buchstaben-Aufgabe (kognitive Flexibilität) kann kein Haupteffekt für den Faktor Gruppe ($p = .725$) und kein Interaktionseffekt ($p = .153$) gezeigt werden. Es wurde jedoch ein signifikanter Haupteffekt für die Zeit gefunden ($p = .017$). Univariate Tests bestätigten diesen Effekt für die Antwortzeit in Versuchen mit ($p = .007$) und ohne Aufgabenwechsel ($p = .002$). Post-hoc-Analysen zeigen, dass die IG die Leistung für die Antwortzeit in Versuchen mit Aufgabenwechsel steigerten ($p = .010$). Beide Gruppen (KG u. IG) konnten die Leistung in den Versuchen ohne Aufgabenwechsel steigern (IG: $p = .020$, KG: $p = .013$).

Diskussion

Diese vorläufigen Ergebnisse sollten in Zukunft repliziert werden, um festzustellen, inwieweit ein domänenübergreifendes kognitives Training zur Steigerung der kognitiven Fähigkeiten oder Exekutivfunktionen bei Leistungssportlern führen kann. Zukünftige Forschung sollte sich jedoch zusätzlich auf die Übertragung von Effekten domänenspezifischer kognitiver Trainingsinterventionen auf domänenübergreifende und domänenspezifische (sportspezifische bzw. sportartspezifische) Trainingsinterventionen konzentrieren, da diese mehr Potenzial bieten. Bisher bestehen nur einzelne Hinweise, inwieweit eine Übertragung des Effekts auf die Leistung in der Sportart selbst möglich ist (Romeas et al., 2016).

Literatur

- Heilmann, F., Wollny, R. & Lautenbach, F. (2022). Inhibition and Calendar Age Explain Variance in Game Performance of Youth Soccer Athletes. *International journal of environmental research and public health*, 19(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph19031138>
- Liu, Q., Zhu, X., Ziegler, A., & Shi, J. (2015). The effects of inhibitory control training for preschoolers on reasoning ability and neural activity. *Scientific Reports*, 5, 14200. <https://doi.org/10.1038/srep14200>
- Romeas, T., Guldner, A. & Faubert, J. (2016). 3D-Multiple Object Tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players. *Psychology of Sport and Exercise*, 22, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.06.002>
- Scharfen, H.-E. & Memmert, D. (2019). Measurement of cognitive functions in experts and elite athletes: A meta-analytic review. *Applied Cognitive Psychology*, 33(5), 843–860. <https://doi.org/10.1002/acp.3526>

Session 5A: Motor Learning III – Dissociation of Learning Mechanisms

Dissociation of learning mechanisms – Behavior, neural processing and modelling
Daniel Krause & Raphael Schween

"Perceptumotor framing" – Transforming predictive models to a perceptuomotor level to explain sport movement regulation.

Alfred O. Effenberg & Gerd Schmitz

Predictive and postdictive error processing develop complementarily with advancing expertise

Lisa K. Maurer, Mathias Hegele, Heiko Maurer & Hermann Müller

Modelling the timescales of motor memory formation in dual adaptation

Marion Forano & David W. Franklin

Dissociating learning mechanisms in the motor domain – An overview

Klaus Blischke

Dissociation of learning mechanisms – Behavior, neural processing and modelling

Daniel Krause¹ & Raphael Schween²

¹Psychology and Movement Science Group, Department of Sport and Health, Paderborn University, Paderborn, Germany

²Theoretical Cognitive Science Group, Department of Psychology, Philipps-University Marburg, Marburg, Germany

E-Mail: daniel.krause@uni-paderborn.de & raphael.schween@uni-marburg.de

Key words: motor learning, process dissociation, integrated perspective

Process dissociations and process hierarchies are paramount to many theories of motor learning. These dissociations may for example encompass learning in external or internal reference frames, by explicit or implicit processes, by automatic and conscious processes, or on different timescales. Despite - or because of - their ubiquity, it is often unclear how the different dissociations relate to one another and how they apply to different tasks, particularly to complex motor behavior.

With this panel, we aim to spur discussions heading towards an integrated view. For this purpose, the contributions will highlight how process dissociations can be approached from different perspectives. Alfred Effenberg (AB Sport & Bewegung/Training, Hannover) will open with a theoretical perspective that extends a hierarchical process-dissociated motor learning model to encompass complex motor acts in sports. Lisa Maurer (Neuromotor Behavior Lab, Gießen) will then present neuroimaging data that dissociates neural correlates of different error processing mechanisms in an elaborate laboratory task. Marion Forano (Neuromuscular Diagnostics Group, TUM) will demonstrate the utility of quantitative modelling and how it can provide insights into motor learning on different timescales. Klaus Blischke (Exercise and Human Motor Performance Lab, Saarbrücken) will conclude with an integrated perspective.

"Perceptumotor framing" – Transforming predictive models to a perceptuomotor level to explain sport movement regulation.

Alfred O. Effenberg & Gerd Schmitz

Leibniz University Hannover, Hannover, Germany

E-Mail: effenberg@sportwiss.uni-hannover.de

Key words: Motor Control, Motor Learning, Internal Models, Complex Sport Actions

Abstract

This conceptual contribution questions the scope of validity of the theory of "internal models" for learning and regulation of complex movement actions in sports. So far, internal models have been primarily localized at the sensorimotor level and thus at a lower hierarchical level of movement regulation, which only allows for short anticipation times. Relatively simple movements (e.g., single-joint movements, movement sequences of an effector) can be plausibly explained via the functional range of predictive and inverse models at the sensorimotor level. However, an explanation of complex action situations in sports, which can be characterized by differentiated spatial orientation requirements, a selection and regulation of suitable movement and action patterns, etc., internal models at the sensorimotor level do not offer a sufficient scope of explanation.

A consistent understanding of motor regulation and learning processes in complex action constellations therefore requires a further differentiation of the hierarchy of information processing and an upward transformation of the forward models proposed in the internal models approach to a perceptuomotor hierarchy level in order to expand the functional domain according to the requirements. Verschure et al. (2014) propose a neurobiologically oriented four-level architecture of goal-directed movement and action regulation as the basis of a "distributed adaptive control (DAC)" to design semi-autonomous robot systems capable of acting in a flexible manner. This four-level architecture can be related to predictive and inverse mechanisms.

In this paper, we present an extended model in which sensorimotor internal models with short anticipation cycles interact with perceptuomotor internal models that realize longer prediction cycles in a coarse-granular manner. This interaction of coarse- and fine-granular prediction and anticipation mechanisms with feedback and control routines can be used to coordinate complex movements that require multidimensional and serial coupling of partial movements and constant adaptation to variable environmental constellations. The following figure illustrates this combined functionality of coarse-granular prediction and fine-granular

anticipation mechanisms in the context of an internal-model functional structure (from: Effenberg & Schmitz 2022, 14).

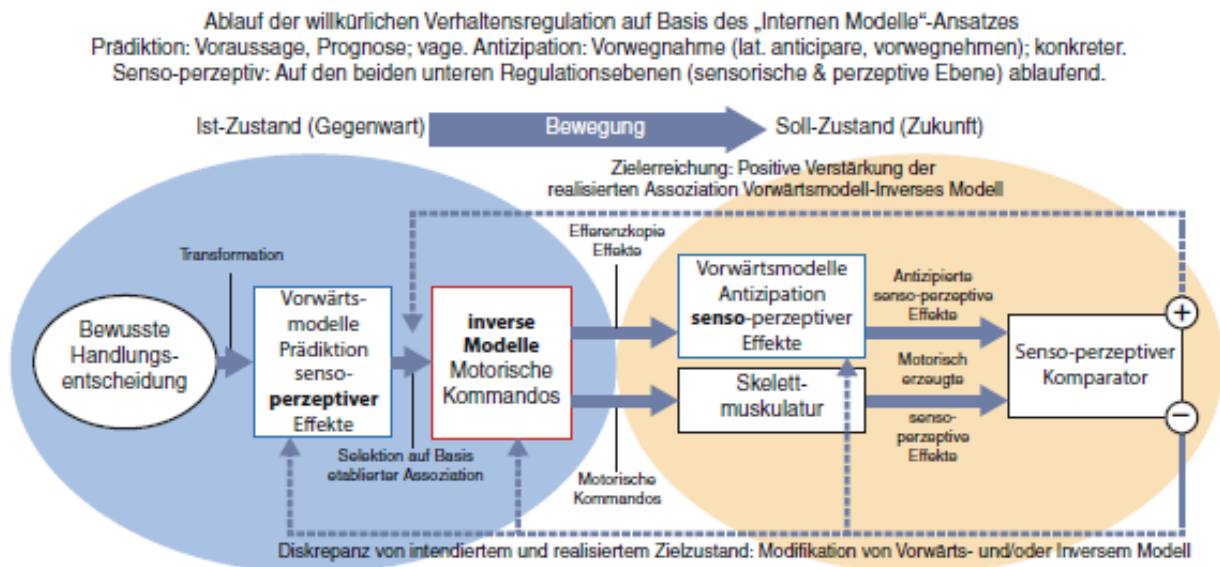


Fig. 1. Sequence of voluntary behavioral regulation based on internal models with a reference to complex everyday and sports movements as well as central learning mechanisms. The color coding (blue & beige ovals) applies only to the period leading up to the onset of movement, since the anticipatory forward models are also involved in the control of movement execution on an ongoing basis: These then act as a higher-level frame of reference for the orientation of the anticipatory forward models and the actual sensory as well as perceptual effects

Complex regulation requirements typical for sporting action situations are outlined on the basis of a short exemplary action situation in soccer, and various perceptumotor references are named acting as starting points for the higher-transformed perceptuomotor mechanisms.

References

- Effenberg, A. O. & Schmitz, G. (2022). Motorisches Lernen. In: Güllich, A. & Krüger, M. (i.D. 2023), Bewegung, Training, Leistung und Gesundheit. Handbuch Sport und Sportwissenschaft. Berlin, Heidelberg: Springer, 1 -52.
- Verschure, P. F., Pennartz, C. M., & Pezzulo, G. (2014). The why, what, where, when and how of goal-directed choice: Neuronal and computational principles. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B: Biological Sciences*, 369(1655), 20130483.

Predictive and postdictive error processing develop complementarily with advancing expertise

Lisa K. Maurer^{1,2}, Mathias Hegele^{1,2}, Heiko Maurer¹ & Hermann Müller^{1,2}

¹Neuromotor Behavior Laboratory, Department of Psychology and Sport Science, Justus Liebig University Giessen, Giessen, Germany

²Center for Mind, Brain and Behavior, Universities of Marburg and Giessen, Germany
E-Mail: lisa.k.maurer@sport.uni-giessen.de

Keywords: error prediction, error valuation, long-term motor learning

Introduction

Recognition of errors, attribution of causes, and appropriate responses to the error are essential for motor learning. Error prediction plays a significant role in this process. Forward models predict the effects of our actions based on a copy of the efferent commands, which are then compared to the intended effects and the actual perceived effects (e.g., Wolpert et al., 2011). It is assumed that the better the effect prediction, the better the recognition and attribution of errors, and the better we can adapt and learn (Jordan & Rumelhart, 1992). To investigate these assumptions, we quantified error processing using event-related potentials in the EEG and examined their changes during long-term learning of a semi-virtual target throwing task. The error-related negativity (ERN; Falkenstein et al., 1991; Gehring et al., 1993) was taken as an indicator of internal predictive processes based on forward models. In contrast, the feedback-related negativity (FRN; Miltner et al., 1997) represented processing of external feedback information about terminal action outcome.

Methods

We conducted a long-term learning experiment with a virtual goal-directed throwing task (Skittles), in which a virtual ball displayed on a computer screen had to be thrown around a virtual object to hit a virtual target. 16 participants (10f, 6m; 22.9 ±4.0 years) performed 8,800 trials over 22 sessions (400 trials each). We report the first 10 sessions, which had identical difficulty levels. Task performance was determined as percent target hits per session. Thirty-two channel EEG was recorded in sessions one, five, and ten. ERN and FRN were computed as averages over electrodes FC1, FCz, and FC2 and synchronized to the moment of ball release and the moment of minimal distance between ball trajectory and target center (minDist), respectively. ERN and FRN were defined as the mean difference between target hits and target misses 200-350 ms after release and 1-200 ms after minDist, respectively.

Results

Over learning, we found an increase in ERN amplitude ($F(2,30) = 3.7$; $p = .037$; $BF10 = 3.4$) and a reduction in FRN amplitude ($F(2,30) = 5.1$; $p = .01$; $BF10 = 7.1$), in addition to an increase in performance (from an average 24.2% hit rate in session one, to 51.3% in session 10 ($F(3.4,50.9) = 33.9$; $p < .001$; $BF10 > 150$). Regarding the interplay between neural processing and learning, a correlation between ERN amplitudes in the first practice session and the development of hit rates from session one to ten revealed that participants with larger

(more negative) initial ERN amplitudes reached higher improvements over the ten sessions ($r = -0.53$; $p = .047$).

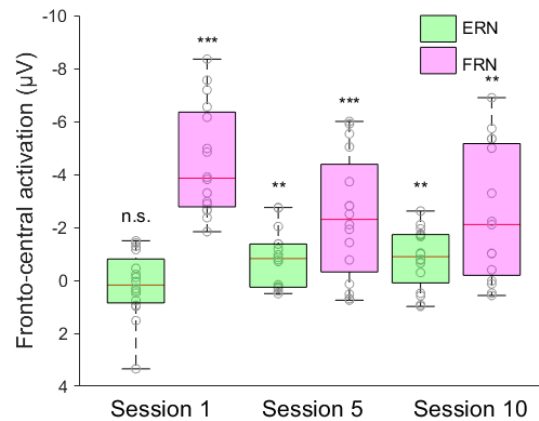


Fig. 1. ERN and FRN mean amplitudes over the course of learning. Box plots and whiskers are median with 25th and 75th quartiles, and 5th and 95th percentile, respectively.

Discussion

Results suggest a complementary relation between ERN and FRN over motor learning. Early in learning, the motor control system mainly relies on information from external outcome feedback. As learning progresses, the use of internal predictions increases as forward model predictions become more reliable. In contrast, outcome feedback processing fades because little new information for action adaptation is to be expected here. Moreover, results indicate that predictions are essential for subsequent action adaptation. Here, the better the effect prediction, the greater the learning performance.

References

- Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J., & Blanke, L. (1991). Effects of crossmodal divided attention on late ERP components. II. Error processing in choice reaction tasks. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 78(6), 447–455.
- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M. G. H., Meyer, D. E., & Donchin, E. (1993). A neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 4(6), 385–390.
- Jordan, M., & Rumelhart, D. (1992). Forward models: Supervised learning with a distal teacher. *Cognitive Science*, 16(3), 307–354.
- Miltner, W. H., Braun, C. H., & Coles, M. G. (1997). Event-related brain potentials following incorrect feedback in a time-estimation task: Evidence for a "generic" neural system for error detection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9(6), 788–798.
- Wolpert, D. M., Diedrichsen, J., & Flanagan, J. R. (2011). Principles of sensorimotor learning. *Nature Reviews. Neuroscience*, 12(12), 739–751.

Modelling the timescales of motor memory formation in dual adaptation

Marion Forano & David W. Franklin

Technical University of Munich, Munich, Germany

E-Mail: marion.forano@tum.de

Keywords: Dual Adaptation, Motor Learning, Multiple-rate model

Introduction

Adaptation to novel dynamics has been well explained by a model dissociating two different timescales: a fast process that learns but also forgets quickly and a slow process that learns slowly but retains more of the learning (Smith et al., 2006). While this model reproduces the main experimental evidences of motor learning, such as savings, spontaneous recovery and interference; it cannot account for dual-adaptation. Indeed, model predictions do not allow simultaneous adaptation, as each context drives the unlearning of the previously learned one. However, experimental studies showed that, given the adequate contextual cue, participants are able to adapt simultaneously to opposing dynamics (Howard et al., 2013). Consequently, this model was expanded, suggesting that dual-adaptation occurs through a single fast process and multiple slow processes (Lee & Schweighofer, 2009), but was only tested against experimental data in a single adaptation phase. In this study, we challenged the model's structure using computational modelling and by experimentally testing the ability to predict spontaneous recovery in dual adaptation.

Methods

Participants performed reaching movements to a target and simultaneously adapted to two opposing force fields (adaptation phase), each associated with a contextual cue (workspace visual location). A de-adaptation phase followed where the association between the contextual cues and the force fields were reversed to wash out the previous adaptation. Finally, a sequence of channel trials was used to examine the presence of spontaneous recovery (error clamp phase). Twelve multi-rate models were then fitted to experimental data and compared with a BIC model comparison.

Results

Participants learned both opposing tasks simultaneously, reducing the motor error by learning the appropriate compensation to the perturbation and displayed spontaneous recovery towards the first learnt dynamics. The analysis of model predictions and the BIC model comparison supported the existence of two fast processes, and extended the model timescales to include a third rate: an ultraslow process.

Discussion

Our results on experimental data and model comparison showed that dual-adaptation can be best explained by a two-fast-triple-rate model. This new architecture of model can predict the formation of two independent motor memories at three different timescales for our

experimental timeframe, but might be extended to more timescales for longer periods of adaptation (Forano and Franklin, 2020).

References

- Forano, M., & Franklin, D. W. (2020). Timescales of motor memory formation in dual-adaptation. *PLoS Computational Biology*, 16(10), e1008373.
- Howard I.S., Wolpert D.M. & Franklin D.W. (2013). The effect of contextual cues on the encoding of motor memories. *Journal of Neurophysiology*, 109(10), 2632-2644.
- Lee J.Y. & Schweighofer, N. (2009). Dual adaptation supports a parallel architecture of motor memory. *Journal of Neuroscience*, 29(33), 10396-10404.
- Smith M.A., Ghazizadeh A. & Shadmehr, R. (2006). Interacting adaptive processes with different timescales underlie short-term motor learning. *PLoS Biology*. 4(6), e179.

Dissociating learning mechanisms in the motor domain – An overview

Klaus Blischke

Exercise and Human Motor Performance Lab, Institute of Sports Science, Saarland University,
Saarbrücken, Germany
E-Mail: k.blischke@mx.uni-saarland.de

Key words: motor learning mechanisms, process dissociation, integrative potential

Due to the heterogeneity of approaches and to the diversity of levels of analysis, a truly integrated perspective on the various methods and procedures to reliably dissociate learning mechanisms in the motor domain seems like an impossible task at the time being. Nevertheless, in this talk some of the prospects and challenges associated with the respective endeavor taken by some distinguished research groups shall be addressed in an exemplary way, highlighting future perspectives that might be particularly promising.

Endeavors in this line that stand out so far have focused on quantitative/computational modeling in visuomotor adaptation, thereby shedding new insights into learning on different time scales (Forano & Franklin, 2020), and on the competing relationship between the explicit (strategic) and implicit learning process as well as between learning from two types of implicit errors (i.e., sensory prediction and target errors; Albert et al., 2022). These approaches can readily be integrated into the well-known “explicit – implicit” distinction, and they also relate to the more general concept of unsupervised, supervised and reinforcement learning, i.e., mechanisms that are different but act in synergy at different levels of the neural system (Caligiore et al., 2019; see Therrien & Wong 2022 for integration).

A truly integrative view on the dissociation/interaction of learning continuous and discrete motor tasks will have to once more broaden the scope. The challenges faced by such a view include incorporating the respective neuroscientific evidence and research paradigms, clarifying the distinctions between adaptation and sequence learning, explicit and implicit learning, as well as providing an inclusive approach to component behaviors that fall into the categories of goal selection, action selection, and action execution, categories frequently chosen by neuroscientists and psychologists in the field (Krakauer et al., 2019). A promising starting point to the latter challenges lies in the clear articulation of the interplay of De Novo learning and improvement of motor acuity (Telgen et al., 2014).

While the above-mentioned approaches do afford considerable integrative potential, there are a number of relevant approaches clearly standing in their own rights. To give an example, an altogether different topic has been recently addressed by studies on forcefield adaption, suggesting that ambiguous dynamics are represented in a mixture of coordinate representations (e.g., Cartesian, intrinsic, and object-based) (Franklin et al., 2016). And then again, at a more abstract and general level of motor learning and control, the implementation of both mathematical and numerical analyses of shared representations in artificial neural network architectures provides a formally rigorous, normative approach to the tradeoff

between control-dependent processing versus automaticity, and opens a strikingly new view on the constraints on control-dependent behavior (Musslick et al., 2020).

Since all these approaches are typically linked to specific experimental paradigms, the question arises as to what extent their results can be generalized across different task domains, different populations, or different settings. Also, in some cases the methodological quality of the dissociation procedures applied might be a matter of debate.

References

- Albert, S.T., et al. (2022). Competition between parallel sensorimotor learning systems. *eLife* 2022; 11:e65361. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.65361>
- Caligiore, D., et al. (2019). The super-learning hypothesis: Integrating learning processes across cortex, cerebellum and basal ganglia. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 100, 19–34.
- Forano, M., & Franklin, D.W. (2020) Timescales of motor memory formation in dual adaptation. *PLoS Comput Biol* 16(10): e1008373. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008373>
- Franklin, D.W., Batchelor, A.V., & Wolpert, D.M. (2016). The sensorimotor system can sculpt behaviorally relevant representations for motor learning. *eNeuro* 2016; 10.1523/ENEURO.0070-16.2016
- Krakauer, J.W., et al. (2019). Motor learning. *Comprehensive Physiology*, 9, 613-663. DOI: 10.1002/cphy.c170043
- Musslick, S., et al. (2020). On the rational boundedness of cognitive control: Shared versus separated representations. Preprint; DOI: 10.31234/osf.io/jkhdf
- Telgen, S., et al. (2014). Mirror reversal and visual rotation are learned and consolidated via separate mechanisms: Recalibrating or learning De Novo? *The Journal of Neuroscience*, 34(41), 13768 – 13779.
- Therrien, A.S., & Wong, A.L. (2022). Mechanisms of human motor learning do not function independently. *Front. Hum. Neurosci.* 15:785992. doi: 10.3389/fnhum.2021.785992

Session 5B: Training und Neuroplastizität

Training und Neuroplastizität – Verbessert konditionelles Training die (motorische) Gedächtnisbildung?

Simon Steib & Philipp Wanner

Einfluss eines koordinativ-kognitiven Sporttrainings auf strukturelle und funktionelle Neuroplastizität

Patrick Müller

Akute Effekte eines hochintensiven Intervalltrainings auf explizite und implizite motorische Gedächtnisinhalte

Veit S. Kraft, Jacopo Cristini, Joachim Hermsdörfer, Marc Roig & Simon Steib

Die synergistische Wirkung von hochintensivem Intervalltraining und Schlaf auf die prozedurale und deklarative Gedächtnisbildung

Nicole Frisch, Laura Heischel, Philipp Wanner, Marc Roig, Gordon Feld & Simon Steib

Training und Neuroplastizität – Verbessert konditionelles Training die (motorische) Gedächtnisbildung?

Simon Steib & Philipp Wanner

Institut für Sport und Sportwissenschaft, Universität Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

E-Mail: philipp.wanner@issw.uni-heidelberg.de

Vortragende

Referent:in: Dr. Patrick Müller, Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen

Titel: Einfluss eines koordinativ-kognitiven Sporttrainings auf strukturelle und funktionelle Neuroplastizität

Referent:in: Veit Kraft, Technische Universität München

Titel: Akute Effekte eines hochintensiven Intervalltrainings auf explizite und implizite motorische Gedächtnisinhalte

Referent:in: Nicole Frisch, Universität Heidelberg

Titel: Die synergistische Wirkung von hochintensivem Intervalltraining und Schlaf auf die prozedurale und deklarative Gedächtnisbildung

Inhalt

Zentralnervöse Reorganisationsprozesse (Neuroplastizität) innerhalb sensomotorischer Hirnareale bilden die Grundlage für die übungsbedingte Aneignung motorischer Fertigkeiten (motorisches Lernen). Eine stetig wachsende Zahl an Untersuchungen deutet darauf hin, dass durch gezielte körperliche Beanspruchungen ein optimiertes Milieu für Neuroplastizität geschaffen und somit letztlich Lernprozesse begünstigt werden können. Demzufolge sollen längerfristige Trainingsinterventionen eine zeitlich relativ überdauernde funktionelle und strukturelle Anpassung des Hirns zur Folge haben. Hingegen führen akute Trainingsreize zu einer transienten Steigerung neuroplastischer Prozesse auf molekularer (z. B. erhöhte Expression von Katecholaminen) und systemischer (z. B. erhöhte kortikospinale Erregbarkeit) Ebene. Konditionelles Training stellt daher eine potentiell effektive Methode dar, um die (motorische) Gedächtnisbildung zu verstärken. Im Rahmen des Arbeitskreises werden aktuelle Experimente vorgestellt, die mögliche Wirkmechanismen untersuchen und die Effekte bei unterschiedlichen Zielgruppen und Gedächtnisaufgaben überprüfen.

Einfluss eines koordinativ-kognitiven Sporttrainings auf strukturelle und funktionelle Neuroplastizität

Patrick Müller^{1,2}

¹Universitätsklinik für Kardiologie und Angiologie, Magdeburg, Deutschland

²Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen, Magdeburg, Deutschland

E-Mail: patrick.mueller@dzne.de

Schlüsselwörter: Neuroplastizität, Demenzprävention, Tanzen, BDNF

Einleitung

Im Kontext des demographischen Wandels, charakterisiert durch eine progrediente Steigerung der Lebenserwartung bei zugleich geringen Geburtenzahlen, ist mit einer weiteren Zunahme von Demenzerkrankungen zu rechnen. Aktuelle Hochrechnungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zufolge ist bis zum Jahr 2030 mit einem Anstieg der Demenzerkrankungen von rund 40% zu rechnen. Diese Entwicklung stellt die Gesellschaft und das Gesundheitssystem vor große Herausforderungen.

Zahlreiche epidemiologische und Interventionsstudien deuten darauf hin, dass körperliches und kognitives Training die adulte Neuroplastizität fördert und das Demenzrisiko signifikant reduziert. Des Weiteren weisen Tierstudien darauf hin, dass eine Kombination aus körperlichem und kognitivem Training (enriched environment) eine effiziente Methode zur Induzierung von Neuroplastizität darstellt. Ein potentielles Äquivalent der Kombination aus körperlicher und kognitiver Aktivität im Humanbereich ist das Tanzen.

Methode

Im Rahmen einer randomisierten, kontrollierten Interventionsstudie wurde der Einfluss eines 18-monatigen koordinativ-kognitiven Tanztrainings (N = 14) im Vergleich zu einem klassischen Kraft- und Ausdauertraining (N = 12) auf strukturelle und funktionelle Neuroplastizität bei kognitiv gesunden Senioren (Alter = 67,9 ± 3,3) untersucht. Die Interventionseffekte wurden mit einer breiten Testbatterie bestehend aus neuropsychologischer Testbatterie, struktureller Magnetresonanztomographie (MRT), sportmotorischen Tests und Blutproben erhoben.

Das Tanztraining ist charakterisiert durch azyklisch-koordinierte Bewegungen und dem kontinuierlichen Speichern und Abrufen neuer Bewegungsmuster. Dabei werden motorische, sensorische und kognitive Fähigkeiten beansprucht und trainiert. Zusätzlich werden durch Tanzen soziale Interaktionen gefördert.

Ergebnisse

Nach 18-monatiger Trainingsintervention zeigten sich in der Tanzgruppe signifikante Volumenzunahmen in der grauen Hirnsubstanz in präcentralen und parahippocampalen Regionen (Abb. 1). Die Volumenzunahmen gingen mit einem temporären, signifikanten Anstieg des Nervenwachstumsfaktors BDNF (Brain-derived neurotrophic factor) nach 6 Monaten im Blutplasma einher. Des Weiteren zeigten sich nach der Tanzintervention signifikante Verbesserungen in Aufmerksamkeitsleistungen, Reaktionsgeschwindigkeiten und

im verbalen Gedächtnis sowie in den Gleichgewichtsfähigkeiten.

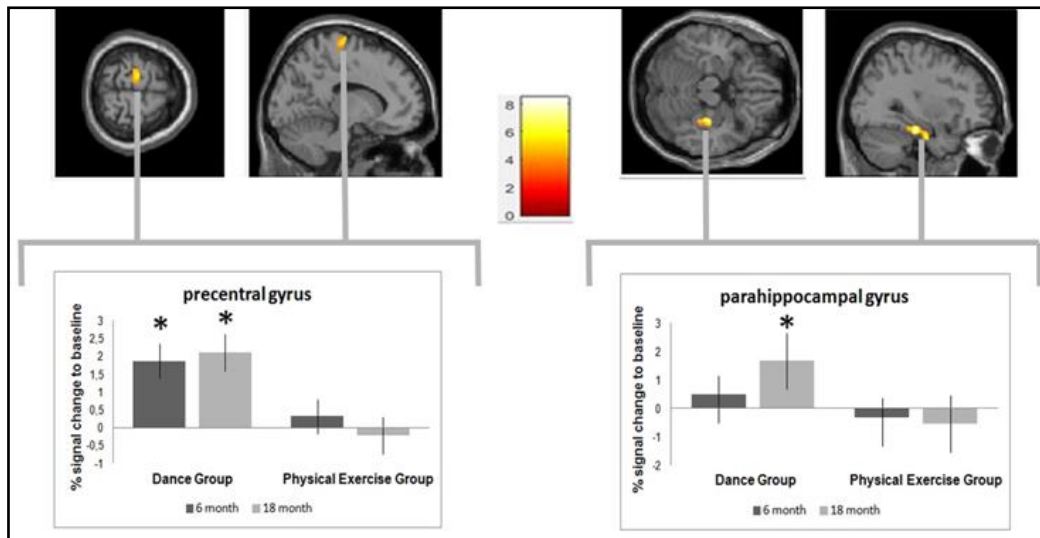


Abb. 1. Strukturelle Hirnveränderungen in präcentralen und parahippocampalen Regionen nach 18-monatiger Tanz- bzw. Sportintervention. Analyse mittels voxelbasierter Morphometrie (VBM) der strukturellen MRT-Daten.

Diskussion

Die Befunde zeigen, dass ein multimodales Tanztraining (Kombination aus Kognition, Koordination, Ausdauer etc.) einen wichtigen Beitrag zur Neuroplastizität und somit zur Autonomie im Alter liefern kann. Basierend auf den positiven Forschungsergebnissen wird aktuell in einem EU-geförderten Forschungsprojekt der Einfluss eines koordinativ-kognitiven Tanztrainings bei Personen mit einer leichten kognitiven Beeinträchtigung (mild cognitive impairment, MCI) untersucht. Die Datenerhebung wurde im Mai 2022 finalisiert. Erste Ergebnisse werden bei der Jahrestagung der Sektion Sportmotorik der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft präsentiert.

Literatur

Müller, P., Rehfeld, K., Schmicker, M., Hökelmann, A., Dordevic, M., Lessmann, V., Brigadski, T., Kaufmann, J., & Müller, N.G. (2017). Evolution of neuroplasticity in response to physical activity in old age: the case for dancing. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9:56.

Akute Effekte eines hochintensiven Intervalltrainings auf explizite und implizite motorische Gedächtnisinhalte

Veit S. Kraft¹, Jacopo Cristini², Joachim Hermsdörfer¹, Marc Roig² & Simon Steib³

¹Lehrstuhl für Bewegungswissenschaft, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Technische Universität München, München, Deutschland

²School of Physical and Occupational Therapy, Faculty of Medicine, McGill University, Montreal, Canada

³Arbeitsbereich für Bewegung, Training und aktives Altern, Institut für Sport und Sportwissenschaft, Universität Heidelberg, Heidelberg, Deutschland
E-Mail: veit.kraft@tum.de

Schlüsselwörter: Motorisches Lernen, HIIT, Konsolidierung, Bewusstsein, TMS

Einleitung

Mehrere Faktoren können die Konsolidierung motorischer Gedächtnisprozesse beeinflussen. Neben Schlaf (Robertson et al., 2004) kann auch ein hochintensives Intervalltraining (HIIT) (Wanner et al., 2020) positive Effekte haben, speziell wenn es unmittelbar nach dem motorischen Lernen absolviert wird. Diese Studie untersucht Effekte von HIIT auf die Konsolidierung explizit und implizit erlernter motorischer Sequenzen und den Zusammenhang mit der kortikospinalen Erregbarkeit (CSE) als Maß für die Plastizität. Eine Änderung dieser Erregbarkeit, speziell für die frühe Phase der Konsolidierung, wird als physiologischer Wirkmechanismus diskutiert, der die Konsolidierung signalisieren oder unterdrücken kann (Breton & Robertson, 2014) und mittels einer Herz-Kreislauf-Belastung beeinflusst werden kann (Roig et al., 2016).

Methode

54 junge Versuchspersonen (24.1 ± 3.3 , 31 weiblich) wurden vor dem Üben der Serial Reaction Time Task (SRTT) entweder über eine zugrundeliegende Sequenz informiert und bekamen deren Start visuell angezeigt (explizit) oder hatten lediglich die Information es handele sich um eine Wahlreaktionsaufgabe (implizit) (Robertson et al., 2004). Bei der SRTT handelt es sich um eine Sequenzlernaufgabe bei welcher, je nach Gruppe, die genannten Modifikationen deren expliziten oder impliziten Charakter hervorheben (Tunovic et al., 2014). Da in beiden Versionen der SRTT dieselbe Sequenz aus zwölf Elementen genutzt wurde, kann die Leistung der Gruppen direkt verglichen werden. Unmittelbar im Anschluss an das motorische Lernen folgte entweder ein HIIT oder einer Ruhephase (randomisiertes Parallelgruppen-Design). Das HIIT bestand dabei nach 3 min Aufwärmen bei 50 Watt aus 3x3 min bei 90% der individuellen Maximalleistung (Watt). Die Pause betrug dabei jeweils 2 min und wurde bei 25% der individuellen Maximalleistung (Watt) absolviert (Buchheit, & Laursen, 2013, Thomas et al., 2016). Die Konsolidierung wurde anhand der Veränderung der SRTT-Leistung vom Ende der Übung zu einem 24h-Retentionstest berechnet (offline Lernen). Vor sowie nach dem Erlernen des SRTT und 15, 30, 45 und 60 min nach dem HIIT wurde die CSE mittels transkranieller Magnetstimulation (single-Pulse TMS) über dem motorischen Kortex erfasst.

Ergebnisse

Eine ANOVA zeigte keine Effekte des HIIT auf das offline Lernen ($F(2,32)=1.20$, $p=0.31$). Explorative Analysen mit Gruppenzuteilung nach erlangtem Bewusstsein der Sequenz deuten darauf hin, dass HIIT speziell die expliziten Gedächtnisinhalte bei Versuchspersonen mit geringerer Fitness stört. Die an der Baseline normalisierte Area Under the Curve (nbAUC) als globales Maß für die Änderung der CSE kann über alle Teilnehmer die Konsolidierung in einer linearen Regression vorhersagen ($\beta=0.810$, $p=0.006$). Jedoch konnte kein Effekt des HIIT auf die CSE festgestellt werden.

Diskussion

Wir konnten keinen Effekt von HIIT auf die Konsolidierung feststellen, unabhängig davon ob der SRTT implizit oder explizit enkodiert wurde. Unter Berücksichtigung des Grads des erlangten Bewusstseins der Sequenz deuten sich jedoch Unterschiede an. So scheint HIIT das Ausmaß der Konsolidierung bei Personen mit explizitem Bewusstsein über die Sequenz in Abhängigkeit von deren Fitnesslevel zu beeinträchtigen. Die beobachtete Störung der Konsolidierung der expliziten Gedächtnisinhalte, speziell bei Versuchspersonen mit geringer Fitness, ist im Einklang mit dem Reticular-Activating Hypofrontality Model (Dietrich & Audiffren, 2011). Dass keine Effekte des HIIT auf die CSE beobachtet werden konnten, könnte an Gründen wie der interindividuellen Variabilität der CSE Messung, der Varianz im Fitnessniveau der Versuchspersonen oder dem Trainingsprotokoll selbst liegen.

Literatur

- Breton, J., & Robertson, E. M. (2014). Flipping the switch: mechanisms that regulate memory consolidation. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(12), 629–634.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Medicine*, 43(5), 313–338.
- Dietrich, A., & Audiffren, M. (2011). The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(6), 1305–1325.
- Robertson, E. M., Pascual-Leone, A., & Press, D. Z. (2004). Awareness Modifies the Skill-Learning Benefits of Sleep. *Current Biology*, 14(3), 208–212.
- Roig, M., Thomas, R., Mang, C. S., Snow, N. J., Ostadan, F., Boyd, L. A., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Time-Dependent Effects of Cardiovascular Exercise on Memory. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 44(2), 81–88.
- Thomas, R., Johnsen, L. K., Geertsen, S. S., Christiansen, L., Ritz, C., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Acute exercise and motor memory consolidation: The role of exercise intensity. *PLoS ONE*, 11(7),
- Tunovic, S., Press, D. Z., & Robertson, E. M. (2014). A physiological signal that prevents motor skill improvements during consolidation. *Journal of Neuroscience*, 34(15), 5302–5310.
- Wanner, P., Cheng, F. H., & Steib, S. (2020). Effects of acute cardiovascular exercise on motor memory encoding and consolidation: A systematic review with meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 116, 365–381.

Die synergistische Wirkung von hochintensivem Intervalltraining und Schlaf auf die prozedurale und deklarative Gedächtnisbildung

Nicole Frisch¹, Laura Heischel¹, Philipp Wanner¹, Simon Kern³, Marc Roig², Gordon Feld³ & Simon Steib¹

¹Universität Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

²McGill University, Montreal, Canada

³Zentralinstitut für Seelische Gesundheit Mannheim, Mannheim, Deutschland

E-Mail: nicole.frisch@issw.uni-heidelberg.de

Schlüsselwörter: Gedächtniskonsolidierung, Schlaf, Ausdauertraining

Einleitung

Die positiven Auswirkungen von hochintensivem Intervalltraining (HIIT) auf die Konsolidierung von prozeduralen und deklarativen Gedächtnisinhalten (Blomstrand & Engvall, 2020; Wanner et al., 2020) sowie den darauffolgenden Nachtschlaf (Stutz et al., 2019) sind vielfach belegt. Roig und Kollegen (2022) formulierten kürzlich erste theoretische Annahmen zu synergistischen Effekten von Training und Schlaf auf die Gedächtnisbildung. Ihre Annahmen bestätigend, haben Mograss et al. (2020) in einer ersten Pilotstudie eine gesteigerte deklarative Gedächtnisbildung durch die Kombination von Ausdauertraining und anschließendem Tagschlaf feststellen können (Mograss et al., 2020). Inwiefern diese Effekte auch auf andere Gedächtnisinhalte und vor allem den Nachtschlaf zu übertragen sind, ist bislang nicht bekannt. Ziel dieser Studie war es daher, den potenziellen Einfluss von HIIT auf die schlafabhängige Konsolidierung deklarativer und prozeduraler Gedächtnisinhalte zu untersuchen.

Methode

Insgesamt nahmen 19 junge, gesunde Personen (Alter: $23,68 \pm 3,97$; m: 9, w: 10) in einem balancierten Crossover-Design teil. Die Versuchspersonen absolvierten in Abhängigkeit der Experimentalkondition unmittelbar nach dem Enkodieren der Gedächtnisaufgaben (i) ein HIIT (90 %/25 % Wmax) (vgl. Buchheit & Laursen, 2013, Thomas et al., 2016) oder (ii) eine Kontrollkondition (Dokumentarfilm). Es wurde eine prozedurale (finger tapping task, FTT) sowie eine deklarative (paired-associate learning, PAL) Gedächtnisaufgabe getestet, die jeweils schlafabhängig konsolidieren. Die prozentuale Veränderung von Ende Enkodierung zu Retention stellte jeweils das Maß für die Gedächtniskonsolidierung dar. Beide Lernaufgaben wurden innerhalb einer Session in randomisierter, balancierter Reihenfolge enkodiert (19:00 Uhr). Der darauffolgende Nachtschlaf wurde im Labor mittels Polysomnographie (auswertbar für N=15) analysiert (u.a. Schlafdauer, -effizienz, prozentualer Anteil NREM-/REM-Schlafstadien), zwölf Stunden später fand der Retentionstest (08:00 Uhr) statt. Zur Analyse der Hypothesen wurden gepaarte, einseitige t-Tests und Pearson Korrelationen herangezogen.

Ergebnisse

Beide Gruppen zeigten am Ende der Enkodierung ein vergleichbares Performanzniveau in den Gedächtnisaufgaben (FTT: $t(18) = -1.899$, $p = .074$; PAL: $t(18) = -369$, $p = .716$). HIIT

zeigte kleine bis moderate Effekte auf die Gedächtniskonsolidierung, die jedoch nur für die deklarative Aufgabe statistisch signifikant waren (PAL: $t(18) = 1.767$, $p = .047$, $d = 0.405$; FTT: $t(18) = 1.324$, $p = .101$, $d = 0.304$). HIIT führte darüber hinaus zu einem signifikanten Anstieg des N2-Schlafs ($t(14) = 1.857$, $p = .042$, $d = 0.480$) und einer Reduktion des REM-Schlafs ($t(14) = -2.893$, $p = .006$, $d = 0.747$). Zudem korrelierte die trainingsbedingte Veränderung des N2-Schlafs signifikant mit der Veränderung der prozeduralen Gedächtniskonsolidierung ($r = 0.475$, $p = .037$).

Diskussion

Die Ergebnisse dieser Pilotstudie bestätigen bisherige Befunde zu erhöhtem N2- und reduziertem REM-Schlaf nach intensivem Training, die erwartete Verstärkung der Gedächtniskonsolidierung konnte ebenfalls zumindest in Teilen bestätigt werden. Die Korrelation von trainingsbedingten Veränderungen des N2-Schlafs und der FTT-Konsolidierung deutet darauf hin, dass HIIT die prozedurale Gedächtnisbildung über eine Verlängerung relevanter Schlafphasen begünstigt. Diese synergistischen Effekte von Training und Schlaf gilt es in weiteren Arbeiten genauer zu untersuchen. Im Vortrag werden zudem weitere Schlafparameter (u. a. Schlafspindel- und Delta-Aktivität) berichtet und diskutiert.

Literatur

- Blomstrand, P., & Engvall, J. (2021). *Translational Sports Medicine*, 4(1), 115-127.
- Buchheit, M. & Laursen, P. B. (2013). *Sports Medicine*, 43(5), 313–338.
- Mogras, M., Crosetta, M., Abi-Jaoude, J., Frolova, E., Robertson, E. M., Pepin, V., & Dang-Vu, T. T. (2020). *Sleep*, 43(9), 1–9.
- Roig, M., Cristini, J., Parwanta, Z., Ayotte, B., Rodrigues, L., de Las Heras, B., Nepveu, J.-F., Huber, R., Carrier, J., Steib, S., & Wright, D. L. (2022). *Exercise and sport sciences reviews*, 50(1), 38-48.
- Stutz, J., Eiholzer, R., & Spengler, C.M. (2019). *Sports Medicine*, 49(2), 269–287.
- Thomas, R., Johnsen, L. K., Geertsen, S. S., Christiansen, L., Ritz, C., Roig, M., & Lundbye-Jensen, J. (2016). *PloS One*, 11(7).
- Wanner, P., Cheng, F.-H., & Steib, S. (2020). *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 116, 365–381.