

Errorless und errorful learning bei einer Gleichgewichtsaufgabe

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht

eingereicht von

Nicolas Keller

an der
Universität Freiburg, Schweiz
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Departement für Medizin

in Zusammenarbeit mit der
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent
Prof. Dr. Wolfgang Taube

Betreuer
Dr. Michael Wälchli

Fribourg, Dezember, 2018

ABSTRACT	3
1. EINLEITUNG	5
1.1 WISSENSCHAFTLICHER HINTERGRUND UND AUSGANGSLAGE	6
1.2 IMPLIZITES UND EXPLIZITES MOTORISCHES LERNEN	6
1.3 POSTURALE KONTROLLE UND GLEICHGEWICHT	19
1.4 THEORIEBEZUG MASTERARBEIT	26
1.5 ZIEL UND KONKRETE FRAGESTELLUNG	27
2. METHODEN	28
2.1 STUDIENPOPULATION	28
2.2 STUDIENDESIGN	28
2.3 MATERIAL UND METHODEN	31
2.5 STATISTISCHE ANALYSE	39
3. RESULTATE.....	41
3.1 RESULTATE WIPPE	41
3.2 RESULTATE WIPPE / WIPPE DT	41
3.3 RESULTATE KREISEL	42
3.4 RESULTATE KIPPE V/H.....	43
3.5 RESULTATE KIPPE L/R	44
3.6 TRAININGSVERLAUF	45
3.7 RESULTATE N-BACK-TASK	46
4. DISKUSSION	47
4.1 ERRORLESS UND ERRORFUL LEARNING BEI EINER GLEICHGEWICHTSAUFGABE	47
4.2 EINFLUSS DUAL-TASK	47
4.3 TASK-SPEZIFIZITÄT / «TASK-SPECIFICITY»	50
4.4 WEITERFÜHRENDE GEDANKEN	53
5. SCHLUSSFOLGERUNG.....	54
LITERATURVERZEICHNIS.....	56
DANK.....	61

Abstract

Implizite Lernprozesse stehen seit längerer Zeit im Fokus der Forschung der Bewegungswissenschaften.

Im Verlaufe der Evolution der Forschung wurden diese impliziten Lernprozesse immer mehr ins Rampenlicht gerückt und durch ihre Resistenzfähigkeit gegen Stress und Störungen bei der Bewegungsdurchführung angepriesen. Diese Resistenzfähigkeit schreibt den impliziten Lernprozessen einen Vorteil gegenüber expliziten Lernprozessen zu, da sie vor allem im Sport und den damit verbundenen Leistungen einen Mehrwert darstellen.

Ist von Mehrwerten die Rede, rückt auch das Gleichgewichtstraining immer mehr in den Fokus der Forschung. Jüngste Resultate aus der Wissenschaft beweisen, dass Gleichgewichtstrainings nicht nur eine Zunahme der Balancefähigkeit zur Folge haben. Diese Trainings konnten mit besserer posturaler Kontrolle, also dem Beibehalten einer aufrechten Körperposition unter dem Einfluss der Schwerkraft, mit Sprungkraft sowie der Rehabilitation und der Prävention in Verbindung gebracht werden. Zudem konnte aufgezeigt werden, dass das Gleichgewicht einer Task-Spezifität unterliegt, welche besagt, dass Gleichgewicht spezifisch trainiert werden sollte, da es zwischen unterschiedlichen Gleichgewichtsaufgaben keine oder nur kleine Transfereffekte gibt.

Die Verbindung zwischen diesen Themen und der Mehrwert für die Forschung ist leicht zu erkennen und umfasst die zwei Hauptfragestellungen der vorliegenden Arbeit: Kann man Gleichgewicht auf implizite Art erlernen und steht dieses mit der angesprochenen Resistenzfähigkeit gegenüber Stress und Störungen in Zusammenhang? und gibt es in diesem Kontext des Gleichgewichtstrainings eine Task-Spezifität? Zur Klärung dieser Fragen wurde die vorliegende Studie über errorless und errorful learning bei Gleichgewichtsaufgaben durchgeführt.

Für die Studie wurden 27 gesunde Probanden zwischen 20 und 30 Jahren getestet und in drei Gruppen (implizit-errorless, explizit-errorful und Random) eingeteilt. Die Probanden wurden auf vier verschiedenen Test-Geräten (Wippe, Kreisel, Kippe v/h und Kippe l/r) getestet und durchliefen im weiteren Verlauf der Studie vier gruppenspezifische Trainingseinheiten auf dem Trainingsgerät Wippe.

In einem Post-Test wurden erneut die vier Test-Geräte evaluiert, um die Theorie der Task-Spezifität zu testen. Zudem wurde den Probanden im Post-Test Wippe ein Dual-Task auferlegt, welcher dazu diente, die Resistenzfähigkeit gegenüber Störungen von impliziten Lernprozessen bei Gleichgewichtsaufgaben zu ergründen.

Die vorliegende Studie konnte aufzeigen, dass sich auf dem Trainingsgerät Wippe alle drei Interventionsgruppen signifikant von Pre- zu Post-Test verbesserten und somit ein starker Lerneffekt aller Gruppen vorhanden war. Es konnte bewiesen werden, dass die Theorie des Leistungseinbruchs unter Zuzug eines Dual-Tasks nicht auf Gleichgewichtstrainings übertragbar ist, da die Leistung der Implizit-Errorless-Gruppe im Post-Test signifikant abgenommen hat. Zudem warfen die Resultate Fragen bezüglich der Task-Spezifität bei Gleichgewichtstasks auf. Entgegen der Erwartungen aus der Theorie konnten alle Gruppen auf den zwei Transfergeräten (Kreisel und Kippe 1/r) ihre Leistung steigern. Dies ist - nach Annahmen aus der Theorie - beim Testgerät Kreisel auf die Ähnlichkeit der durchzuführenden Bewegung und den damit verbundenen, trainierten Muskelpartien zurückzuführen. Der nicht signifikante, aber vorhandene Leistungszuwachs beim zweiten Transfergerät (Kippe 1/r) wirft jedoch Fragen auf. Bei diesem Leistungszuwachs spricht man von einem unerwarteten Transfereffekt von einem trainierten auf einen nicht-trainierten Gleichgewichtstask.

Diese Resultate lassen darauf schliessen, dass sich die Theorie des Leistungseinbruchs bei explizit erlernten Bewegungen unter Zuzug eines Dual-Tasks nicht auf Gleichgewichtstasks übertragen lässt. Zudem sollte die Forschung im Bereich Gleichgewichtstraining und Task-Spezifität vorangetrieben werden, um offene Fragen bezüglich dieses Themengebietes zu klären.

1. Einleitung

In der vorgelegten Arbeit wird das Thema des impliziten und expliziten Lernens bei einer Gleichgewichtsaufgabe thematisiert und zusätzlich die Theorie der Taskspezifität bei Gleichgewichtstasks erforscht.

Ein Ziel der vorliegenden Studie ist es, herauszufinden, inwiefern implizite und explizite Lernprozesse auf Gleichgewichtsaufgaben und Gleichgewichtstrainings übertragbar und anwendbar sind. Es konnte bewiesen werden, dass es möglich ist, Gleichgewichtstasks auf implizite und explizite Arten zu lernen (Orrell, Masters & Eves, 2004a, Orrell, Masters & Eves 2004b). Die durchgeführten Studien zeigten, dass sowohl implizite als auch explizite Lernprozesse eine erhöhte Gleichgewichtsleistung, bei gesunden Probanden, unter Zuzug eines kognitiven Dual-Tasks, zur Folge hatten. Deshalb wurde dieser Versuchsaufbau in einer weiteren Studie (Orrell al., 2004b) auf Schlaganfallpatienten übertragen, wobei bewiesen werden konnte, dass explizit erlernte Bewegungen unter Zuzug eines Dual-Tasks Leistungseinbrüche bei diesem Klientel zur Folge hatten. Diese Erkenntnis stiess in der Sportpraxis auf grosses Interesse.

Des Weiteren konnte, aufgrund von Erkenntnissen in der Theorie, bewiesen werden, dass implizit erlernte Bewegungen, also unbewusst und ohne explizite Erklärungen und Hilfestellungen gelernte Tasks, unter Zuzug einer kognitiven Zweitaufgabe (auch Dual-Tasks genannt), stabiler sind als explizit gelernte Bewegungen und somit keinen Leistungseinbruch mit sich bringen (Maxwell, Masters, Kerr & Weedon, 2001, Poolton, Masters & Maxwell, 2005, Capio, Poolton, Sit, Holmstrom & Masters, 2013).

Diese Theorie stellt zugleich die Hauptfragestellung der durchgeführten Studie dar. Dieses aus der Theorie erarbeitete Wissen wurde in der für diese Masterarbeit durchgeführten Studie in die Praxis umgesetzt, um zu untersuchen, ob implizite und explizite Lernformen auf Gleichgewichtstrainings übertragen werden können und um zu testen, ob explizit erlernte Gleichgewichtstasks unter Einfluss eines Dual-Tasks gegenüber implizit erlernten Bewegungen einen Leistungseinbruch zur Folge haben.

Spricht man von Gleichgewichtstraining und Gleichgewichtstasks, kommt man um den Begriff der Taskspezifität nicht herum, welcher einen weiteren Leitfaden dieser Arbeit darstellt. Diese Taskspezifität, auch «Task-Specificity» genannt, besagt, dass das trainierte Gleichgewicht kein «General Skill», also nicht global erlernbar ist, sondern vielmehr einer aufgabenspezifischen Anpassung entspricht und somit spezifisch trainiert werden sollte (Giboin, Gruber & Kramer 2015, Kümmel, Kramer & Giboin, 2016, Kiss, Schedler & Muehlbauer, 2018).

All diese theoretischen Erkenntnisse wurden in der für diese Arbeit durchgeführten Studie in die Praxis umgesetzt, um zu prüfen, ob sich die Theorie des impliziten und expliziten Lernens

auf Gleichgewichtsaufgaben übertragen lässt und ob man in diesem Zusammenhang von einer Task-Spezifität bei Gleichgewichtsaufgaben sprechen kann.

1.1 Wissenschaftlicher Hintergrund und Ausgangslage

Um einen kohärenten Einstieg in diese Arbeit zu gewährleisten, wird in diesem ersten Teil der theoretische Hintergrund zum Thema «implizites und explizites Lernen» erläutert. Dabei wird auf verschiedene Lernformen eingegangen und deren Verankerung in der Praxis erklärt. Zudem wird erläutert, welchen Einfluss die Durchführung einer kognitiven Zweitaufgabe auf die eigentliche Bewegung hat. In der vorliegenden Arbeit wird davon ausgegangen, dass gemäss der Theorie, implizit erlernte und trainierte Bewegungen unter Zuzug eines Dual-Tasks stabiler sind und keine Leistungseinbrüche erfolgen sollten (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005, Capio et al., 2013).

Des Weiteren wird die Hypothese der «Task-Specificity» erklärt, welche besagt, dass Gleichgewicht kein «General Skill» ist und somit nicht generell trainiert werden kann (Kiss et al., 2018, Giboin, Gruber & Kramer 2018). Vielmehr muss man bei Gleichgewichtstrainings darauf achten, welche Form des Tasks man auswählt und trainieren will, da die Transfereffekte von einem Task auf einen anderen entweder sehr klein oder nicht vorhanden sind (Giboin et al., 2018).

1.2 Implizites und explizites motorisches Lernen

1.2.1 Implizites motorisches Lernen. Implizites Lernen ist ein Lernprozess, bei welchem das Lernen ohne oder nur mit einer minimalen Steigerung der verbalen Kenntnis einer Bewegung und ohne Bewusstsein fortschreitet (Kleynen et al., 2015). Nach Kleynen et al. (2015) heisst das also, dass bei einer impliziten Trainingsmethode fast keine oder keine Feedbacks/Anweisungen gegeben werden und die Bewegung durch Repetitionen und Erfolgserlebnisse unbewusst, ohne Einbezug des Arbeitsgedächtnis, gefestigt wird. Kleynen et al. (2015) absolvierten diesbezüglich eine Expertenonlineumfrage, mit dem Ziel, aufzuzeigen, wie man implizites und explizites motorisches Lernen in der Praxis anwenden kann.

Durch die Umfrage wurde kein Konsens bezüglich der Anwendung von implizitem und explizitem Lernen gefunden, es kristallisierten sich jedoch gewisse Trends heraus. Zum einen waren sich die Teilnehmenden einig, dass bei explizitem Lernen Feedbacks und Anweisungen von immenser Wichtigkeit seien. Im Gegensatz dazu sollten diese Feedbacks und Anweisungen bei implizit praktiziertem Lernen größtenteils weggelassen werden. Zudem konnte aufgezeigt werden, dass bei impliziten Lernprozessen ein externer „Focus of Attention“ von großer Bedeutung

sein könnte, und dass die Bewegung in ihrem ganzen Ausmaß durchgeführt werden sollte. Anhand der Umfrage wurde ein Schema erstellt (Abbildung 1), welches als Hilfe zur Durchführung von impliziten und expliziten Trainingsprogrammen dienen soll.

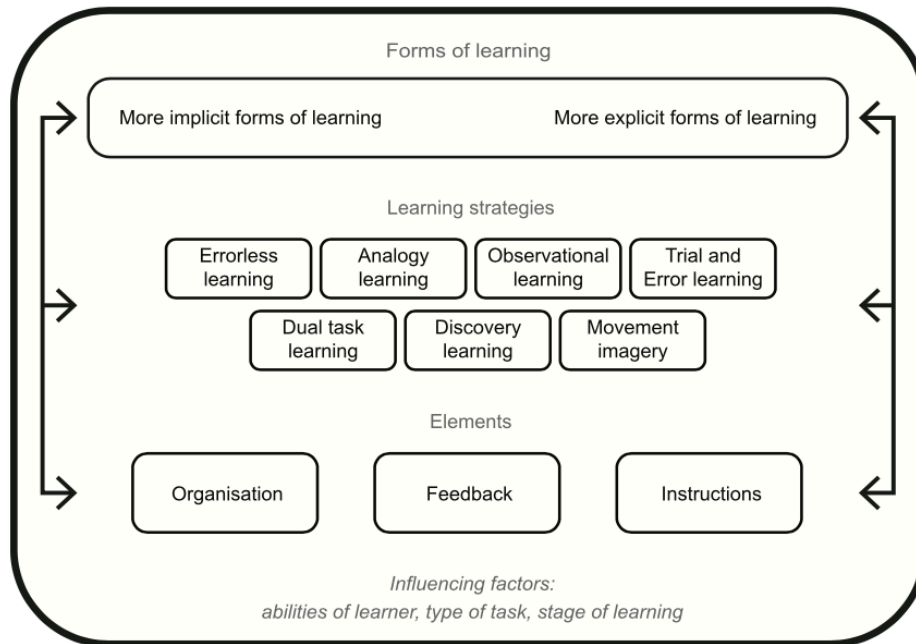


Abbildung 1. Die Lernstrategien (7 Boxes) implizieren, ob mehr implizit oder explizit gelernt wird. Die Elemente (Feedback, Organisation und Instruktion) verweisen darauf, welche Form von Hilfe bei implizitem oder explizitem Lernen zur Verfügung gestellt wird (Kleynen et al., 2015, S.11).

Spricht man von implizitem motorischem Lernen, werden in der vorliegenden Arbeit drei konkrete Trainingsmethoden beschrieben. In Abbildung 1 sind diese als Errorless-, Dual-Task- und Analogy Learning aufgeführt.

Wie Lopes (2011) beschreibt, hat die Errorless-Trainingsmethode, welche unter anderem von Maxwell et al. (2001) untersucht wurde, zum Zweck, die Abhängigkeit von explizitem Wissen im motorischen Lernprozess zu reduzieren. Obwohl der Begriff „Errorless“ ein Auslassen von Fehlern beschreibt, beinhaltet die Methode eine Herangehensweise, bei welcher versucht wird, Fehler zu reduzieren, besonders im Anfangsstadium des Lernens (Poolton et al., 2005). Beim Erlernen des Werfens kann sich ein Lernender von naher Distanz (z. B. 1m) immer weiter weg vom Ziel bewegen und sich so zunehmend die Fähigkeit des weiten Werfens aneignen (Capio et al., 2013). Dank des Aufbaus eines Lernprozesses, welcher wenig bis keine Fehler in der Bewegungsdurchführung mit sich bringt, können sehr viele positive Erfahrungen gesammelt werden. Daraus resultiert ein zunehmendes Selbstvertrauen, welches als ein Vorteil in dieser

Methode gesehen wird, da dieses mit einer höheren Leistung assoziiert wird (Cleeremans & Destrebecqz, 1998).

Eine zweite Lernstrategie ist der Dual-Task. Nach Lopes (2011) ist das Dual-Task-Learning eine gleichzeitige Durchführung zweier Aufgaben. Dabei ist die erste Aufgabe eine geschlossene Fertigkeit, während die zweite Aufgabe meistens darauf abzielt, auf ein vorgegebenes Signal zu reagieren (Moran, 2004). Bezüglich der vorgegebenen Signale ist zu sagen, dass diese Aufgaben meistens kognitiver Natur sind, wobei zum Beispiel von der Zahl 100 in 3er-Schritten rückwärts gezählt wird. Da durch das Dual-Task-Learning das Arbeitsgedächtnis überladen wird, vermindert sich die Anhäufung von relevantem, deklarativem Wissen (Lopes, 2011). Daraus resultiert bei einem kognitiv anspruchsvollen Dual-Task ein kleiner Aufmerksamkeitsfokus auf den eigentlichen Bewegungsablauf und der trainierte Task wird unbewusst automatisiert und in impliziter Manier gelernt (Goh, Sullivan & Gordon, 2012).

Das Dual-Task-Learning darf jedoch nicht mit einem einfachen Dual-Task verwechselt werden. Der einfache Dual-Task (kognitive Zweitaufgabe), welcher oft in Testbatterien (Post-Tests) angewandt wird, dient dazu zu untersuchen, ob es durch einen Zuzug der genannten Zweitaufgabe zu Leistungseinbrüchen kommt und. Dieses Testformat wird im Sport vor allem bei Vergleichen zwischen impliziten und expliziten Lernformen gebraucht, um aufzuzeigen ob implizit oder explizit gelernt wurde und inwiefern eine kognitive Zusatzaufgabe die erlernte Bewegung beeinträchtigen kann

Die dritte angesprochene Lernstrategie ist das Analogielernen (Liao & Masters, 2001), auch «analogy learning» genannt. Bei dieser Lernform werden den Lernenden relevante Regeln in Form von Analogien und Metaphern bereitgestellt (Lopes, 2011). Man könnte meinen, dass diese Lernform den expliziten Lernmethoden zugeschrieben werden kann, da man den Lernenden explizite Anweisungen bezüglich der Bewegungsausführung gibt. Dies ist nach Lopes (2011) und Liao und Masters (2001) jedoch nicht der Fall. Die lernenden Personen sind gemäss ihrer Aussagen nicht in der Lage, spezifische Fragen bezüglich der Regeln der Bewegungsausführung zu beantworten, was dieser Lernform einen impliziten Charakter zuschreibt. Nach Liao und Masters (2001) erhalten die Probanden biomechanische Metaphern als Hilfestellung, um eine Bewegung zu erlernen. Diese Metaphern vereinen eine komplexe Bewegungsausführung mit einer simplen, verbalen Hilfestellung und vereinfachen somit den Lernprozess. Ein Beispiel dafür ist die Vorhand im Tennis. Eine Analogie, um diese zu erlernen, könnte sein, sich ein rechtwinkliges Dreieck vorzustellen und das Racket der Hypotenuse entlang zu schwingen, um den Ball zu schlagen. Wie das Errorless- oder das Dual-Task-Learning ist auch das

Analogielernen unter Zuzug eines Dual-Tasks stabiler gegenüber Fehlern, was wiederum auf den impliziten Charakter der Lernform zurückzuführen ist (Liao & Masters, 2001).

1.2.2 Explizites motorisches Lernen. Unter explizitem Lernen wird nach Robertson (2007) und Taylor und Ivry (2012) ein Lernprozess verstanden, bei welchem die Teilnehmer Informationen bezüglich des Ziels und der Ausführung der durchzuführenden Aufgabe bekommen und diese dadurch verbal beschreiben können. Daraus kann man schließen, dass beim expliziten Lernen Informationen bewusst aufgenommen und zu einem späteren Zeitpunkt absichtlich und aktiv abgerufen werden können. Durch den vorhandenen Aufmerksamkeitsfokus und die bewusste Kontrolle der Bewegung wird nach Lopes (2011) explizites Wissen erworben. Dieses Wissen kann eingesetzt werden, um die Bewegung zu kontrollieren (Lopes, 2011). Sun, Matthews und Lane (2007) fügen diesbezüglich an, dass das explizite Wissen leicht kommunizierbar, also verbalisierbar ist.

Spricht man von explizitem motorischem Lernen, existiert eine Trainingsmethode, welche auf der Anhäufung von Fehlern basiert. Diese Vorgehensweise nennt sich Errorful-Learning (Lopes, 2011) oder auch «discovery learning» (Orrell et al., 2004a, Orrell et al., 2004b). Dabei werden falsche Bewegungen als ein erstes Feedback gesehen, um somit weitere Bewegungen zu kontrollieren und zu korrigieren. Dies hat zur Folge, dass sich die Lernenden fortlaufend deklaratives Wissen aneignen (Maxwell et al., 2001), also Hypothesen bezüglich ihrer Bewegung aufstellen und diese testen. Dies sollte solange wiederholt werden, bis die Kenntnisse nach ausführlichem Üben vollständig automatisiert sind.

Dieses angeeignete Wissen kann nach Shanks (2005) durch eine Befragungsmethode geprüft werden. Dabei werden die Probanden bei der Durchführung des erlernten Tasks zu ihrem Bewegungswissen befragt. Die Resultate aus diesen Befragungen und deren Auswertung geben Aufschluss darüber, ob eine Bewegung eher implizit oder explizit erlernt wurde. Nach Lopes (2011) ist dabei ausschlaggebend, ob die Probanden in der Lage sind, eine Vielzahl von relevanten Informationen bezüglich der Bewegungsausführung zu nennen. Ist dies der Fall, kann daraus entnommen werden, dass das Lernen explizit stattgefunden hat.

Obwohl in der Theorie das implizite Bewegungsklernen bevorzugt wird (Kleynen et al., 2014, Kleynen et al., 2015, Masters, Poolton & Maxwell, 2008), da es unter Zuzug eines Dual-Tasks stabiler ist (Sun et al., 2007, Tieleman, Raab & Arnold, 2008), gibt es genug Evidenzen dafür, dass explizites motorisches Lernen seine eigenen Eigenschaften aufweist und nach Lopes (2011) unabhängig von impliziten Prozessen abläuft. Nach Reber (1992) sind die Eigenschaften

von explizitem Lernen unterschiedlich nachzuweisen. Zum einen sind diese, wie schon angesprochen, unstabiler gegenüber Störungen (z.B. Dual-Task), und zum anderen kann das Wissen leicht verbalisiert werden (Sun et al., 2007). Zudem konnte in Studien (Maxwell et al., 2001 & Poolton et al., 2005) bewiesen werden, dass explizite Lernprozesse ohne Zuzug eines Dual-Tasks bessere Leistungen hervorbrachten als implizite Trainingsmethoden.

Somit sollten explizite Lernprozesse nicht abgeschrieben werden, wenn es darum geht, eine Bewegung zu erlernen. Implizite Lernprozesse sind jedoch, wie angesprochen, in gewissen Fällen zu favorisieren, da sie unter Druck und kognitiven Einflüssen standhafter gegenüber Fehlern sind als explizite Lernprozesse (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005, Masters et al., 2008, Capio et al., 2013).

1.2.3 Einfluss Dual-Task / Stress auf Bewegungsausführung.

Bereits im vorherigen Teil angesprochen und elementar wichtig für das Verständnis dieser Arbeit ist die Theorie des Leistungseinbruches unter Stress oder der Durchführung eines Dual-Tasks.

Masters, Polman & Hammond (1992), MacMahon und Masters (2002) sowie Masters und Maxwell (2008) formulierten diesbezüglich eine Theorie, welche besagt, dass die Leistung von Experten unter Stress abnimmt, sofern die Bewegung explizit erlernt wurde. Es handelt sich hierbei um das Phänomen des «Reinvestments». Baumeister (1984) definierte das «Reinvesting» als eine Abnahme der Leistung in Situationen, welche eine erhöhte Leistung fordern oder größere, für den Probanden relevante Stressfaktoren enthalten. Diesbezüglich steigt der Aufmerksamkeitsfokus auf die Leistung und auf die auszuführende Bewegung und hindert die Person in ihrer automatisierten Bewegungsausführung (Masters, 2000). Einfacher gesagt nimmt die Leistung ab, sobald man sich unter Stress zu stark auf die Bewegungsdurchführung konzentriert. Diese Leistungsabnahme definierte Deikman (1966) als «Desautomatisierung». Seine Theorie besagt, dass ein erhöhter Aufmerksamkeitsfokus auf die Bewegungsausführung die damit verbundene Aktivierung des Arbeitsgedächtnis fehleranfälliger macht. Dies konnte schon vor längerer Zeit in einer Studie von Eysenck (1982) aufgezeigt werden. Die entsprechenden Resultate zeigten auf, dass die Sturzgefahr beim Treppensteigen merklich anstieg, sobald sich die Probanden dabei zu stark auf die Bewegung ihrer Beine fokussierten.

Spricht man nun vom Einfluss des Dual-Tasks auf implizit oder explizit erlernte Bewegungen, konnte in mehreren Studien (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005, Capio et al., 2013) bewiesen werden, dass implizit erlernte Bewegungen unter Zuzug eines kognitiven Dual-Tasks stabiler sind als ihr explizites Pendant. Aus der Studie von Poolton et al. (2005) ist ersichtlich,

dass der kognitive Dual-Task die Leistung der expliziten Gruppe signifikant beeinflusst hatte, während die implizite Gruppe ihre Leistung konstant halten konnte. Dies ist gemäss der Autoren auf die Ansteuerung des Arbeitsgedächtnis zurückzuführen, welches bei expliziten Lernprozessen stark aktiviert ist und die Bewegung mitkontrolliert.

1.2.4 Vergleich von impliziten und expliziten Lernprozessen. Wie schon aus der Onlinebefragung von Kleynen et al. (2015) hervorgegangen ist, kann man implizite und explizite Lernformen anhand verschiedener Kriterien unterscheiden. Dies untersuchten auch Sun et al. (2007), welche in einer Metaanalyse versuchten, die Unterschiede von implizitem und explizitem Lernen zu beschreiben, wobei sich das in Tabelle 1 erstellte Schema herauskristallisierte. Wie bereits anhand von Abbildung 1 erklärt und in der untenstehenden Tabelle aufgeführt, laufen implizite Lernprozesse unbewusst ab, explizite Lernformen hingegen absichtlich und kontrolliert, da sich die Person dauerhafte Hypothesen zur durchgeführten Bewegung aufstellt. Die Kontrolle bei impliziten Prozessen geschieht unbewusst (automatisch), was die Stabilität unter Zuzug eines Dual-Tasks erklärt, da das Arbeitsgedächtnis im Vergleich zu explizit erlernten Bewegungsabläufen weniger impliziert ist (Lopes, 2011).

Tabelle 1

Merkmale von explizitem und implizitem Lernen (nach Sun et al., 2007, S.2)

Merkmale	Implizites Lernen	Explizites Lernen
Anstrengung	leicht	schwierig
Lernen	unabsichtlich	absichtlich
Stabilität	Fehler robust	Fehler unrobust
Wissen	schwer zu verbalisieren	leicht zu verbalisieren
Kognitive Art	warm (emotional)	kühl
Geschwindigkeit	schnell	langsam
Kontrolle	unbewusst (automatisch)	bewusst
Lösungen	heuristisch	algorithmisch
Repräsentation	holistisch	analytisch

Anmerkung: Die Anstrengung bei implizitem Lernen wird in diesem Beispiel als «leicht» bezeichnet, da eine Trainingsintervention im Falle eines errorless-Trainings durch einen zu Beginn tiefen Schwierigkeitsgrad gekennzeichnet ist und somit fast keine Fehler gemacht werden.

Maxwell et al. (2001) untersuchten in einer Studie, ob implizite Errorless-Learning-Lernprozesse Vorteile gegenüber expliziten Errorful-Lernprozessen aufweisen. Das dabei durchgeführte Experiment bestand darin, Putts mit einem Golfschläger auszuführen. Zur Durchführung des Experiments wurden drei Gruppen erstellt. Dabei handelte es sich um eine Errorless- (EL), eine Errorful (EF)- und eine Random-Gruppe. Diese Gruppen starteten mit unterschiedlichen Distanzen zum Loch, welche die impliziten und expliziten Lernformen generierten. Die EL-

Gruppe begann die Putts aus nächster Nähe wobei sich die Distanz zum Loch nach jeder durchgeführten Serie (50 Putts) vergrößerte (25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, und 200 cm). Das Trainingsprogramm der EF-Gruppe wurde in umgekehrter Reihenfolge durchgeführt wobei die erste Serie mit einer Distanz von 200cm absolviert wurde und folgenden Weiten kontinuierlich verkürzt wurden. Die Random-Gruppe folgte keinem vorgegebenen Ablauf sondern absolvierte eine randomisierte Zuordnung der Distanzen (125, 25, 100, 150, 75, 200, 50, und 175 cm).

Nach Analyse der Trainingsinterventionen wurde festgestellt, dass sowohl in der EL-, als auch in der EF-Gruppe ein Lernprozess stattgefunden hatte. Aus Abbildung 2 ist zu entnehmen, dass die Auferlegung eines Dual-Tasks (secondary task transfer) die Leistungen in der EF- und der Random-Gruppe signifikant beeinflusst hat. Wie vorhin erklärt wurde, ist es die Aufgabe des Dual-Tasks, den Aufmerksamkeitsfokus auf die Durchführung der Bewegung zu beeinträchtigen und das Arbeitsgedächtnis zu «überlasten». Daraus lässt sich nach Maxwell et al. (2001) schließen, dass implizite Lernprozesse weniger Aufmerksamkeit benötigen und die Leistung durch den Dual-Task dadurch nicht signifikant beeinflusst wird.

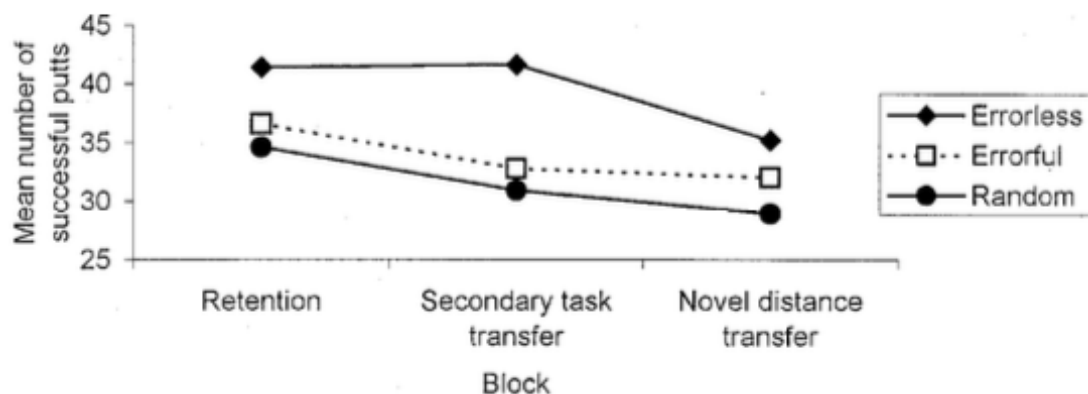


Abbildung 2. R1, R2 und T steht für Retention- und Transfertest. In dieser Abbildung ist zu erkennen, dass die „implizit-explizit-Gruppe“ unter Auferlegung eines Dual-Tasks (T) bessere Resultate erzielte als die „explizit-Gruppe“ (Poolton et al., 2005, S. 369).

Zusätzlich zur Studie von Maxwell et al. (2001), untersuchten Poolton et al. (2005) erneut den Lerneffekt beim Putten im Golf, wobei die Probanden in diesem Experiment nicht in EL- und EF-Gruppen, sondern in eine „implizit-explizit-“ und eine „explizit-Gruppe“ unterteilt wurden. Während der Testphase erhielt die „explizit-Gruppe“ mit Beginn der ersten Trainingssession Feedbacks bezüglich Technik und Durchführung. Im Gegensatz dazu wurden der „implizit-explizit-Gruppe“ erst ab dem vierten „Lernblock“ technische Anweisungen gegeben. Anders

als bei den vorherigen Experimenten starteten und beendeten beide Gruppen das Putting-Experiment aus der gleichen Entfernung. Bezüglich der Gruppeneinteilung ist zu erwähnen, dass Poolton et al. (2005) untersuchen wollten, ob die Teilnehmer der „implizit-explizit-Gruppe“ trotz eines Einbezugs von expliziten Informationen ab dem vierten Block im Transfertest (Dual-Task) besser abschneiden würden als die explizite Gruppe.

Trotz der Unterschiede im Aufbau des Experiments konnten während der Lernphase keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Erst in der Testphase, unter Einbezug eines Dual-Tasks, zeigte die „implizit-explizit-Gruppe“ bessere Resultate als die „explizit-Gruppe“, bei welcher ein starker Leistungseinbruch zu verzeichnen war (Abbildung 3).

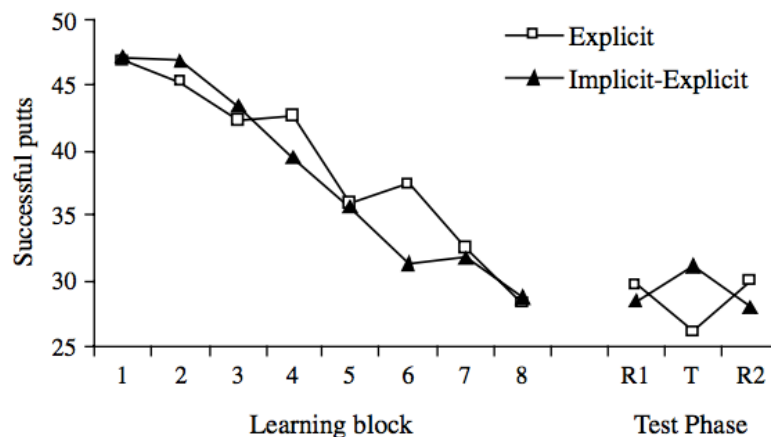


Abbildung 3. R1, R2 und T steht für Retention- und Transfertest. In dieser Abbildung ist zu erkennen, dass die „implizit-explizit-Gruppe“ unter Auferlegung eines Dual-Tasks (T) bessere Resultate erzielte als die „explizit-Gruppe“ (Poolton et al., 2005, S. 369).

Zusätzlich zu den vorgestellten Studien untersuchten Capio et al. (2013) die Aneignung von FMS (Fundamental-movement-skills) bei Kindern während einer Überkopfwurf-Intervention anhand von Errorless- und Errorful-Trainingsprogrammen. Dabei wurden die jungen Probanden auf Leistung und Bewegungsanpassung getestet.

In einem Pre-Test wurden die Kinder per Zufallsfaktor zuerst in eine Errorless- und eine Errorful-Gruppe unterteilt. In einem zweiten Schritt wurden sie einer high-, mid- oder low- ability - Untergruppe zugewiesen, welche Bezug auf ihre Fähigkeit des Werfens nahm. Bezüglich der Nomenklatur und zu einem besseren Verständnis ist anzufügen, dass in diesem Fall nicht von errorless und errorful, sondern von error-reduced und error-strewn gesprochen wird. Die erhaltenen Resultate in Abbildung 4 zeigen auf, dass die Probanden der Error-reduced-Gruppe unter

Einbezug eines Dual-Tasks bei der Wurfintervention kleinere Abweichungen zum Ziel (Zielscheibe) zu verzeichnen hatten als die Error-strewn-Gruppe.

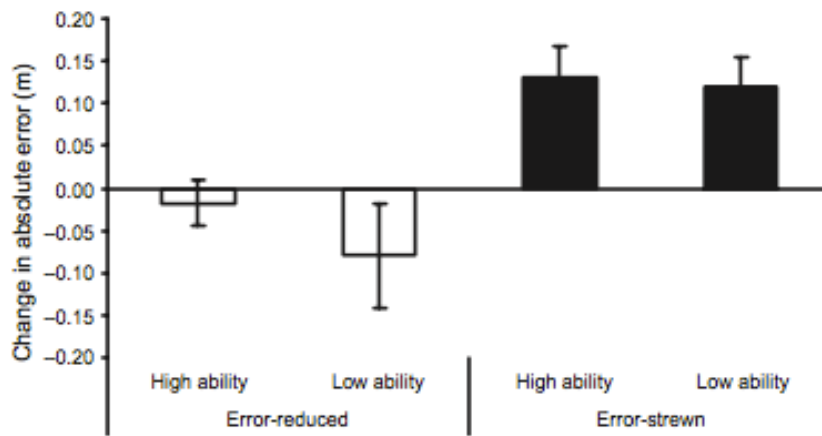


Abbildung 4. Diese Abbildung zeigt die erhaltenen Resultate der Studie von Capio et al. (2013) unter Auferlegung eines Dual-Tasks. Negative (-) Veränderungen (Change in absolute error (m)) bedeuten eine Verbesserung der Leistung wobei positive (+) Veränderungen eine Verschlechterung widerspiegeln.

All diesen Erkenntnissen kann entnommen werden, dass sowohl die implizite errorless-Methode, als auch die explizite errorfull-Methode einen positiven Trainingseffekt zur Folge haben (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005 & Capio et al., 2013).

Was hingegen heraussticht, sind die erhaltenen Resultate unter Zuzug eines Dualtasks, welche bestätigen, dass implizit erlernte Bewegungsabläufe unter Beeinflussung einer kognitiven Zweitaufgabe stabiler sind und keine oder kleinere Leistungsgefälle zur Folge haben als explizit erlernte Bewegungen (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005 Capio et al., 2013). Dies stützt die Hypothese aus der Metaanalyse von Kal, Prosée, Winters und van der Kamp (2018), welche besagt, dass implizites Lernen unbewusst geschieht, indes beim expliziten Lernen Bewegungsregeln auswendig gelernt werden und eine Bewegung bewusst erlernt und korrigiert wird.

Aus Abbildung 5 ist zu entnehmen, dass die Kontrolle bei explizit erlernten Bewegungen schon im Anfangsstadium viel bewusster abläuft als bei impliziten Lernformen, was nach Lopes (2011), Kleynen et al. (2014) und Kal et al. (2018) auf die Rolle des Arbeitsgedächtnis zurückzuführen ist. Gleichzeitig kann man erkennen, dass die Kontrolle bei impliziten Bewegungen schon von Beginn an mehr oder weniger automatisch und unbewusst vonstatten geht, was nach Lopes (2011) durch die angesprochene, geringere Beteiligung des Arbeitsgedächtnisses zu erklären ist.

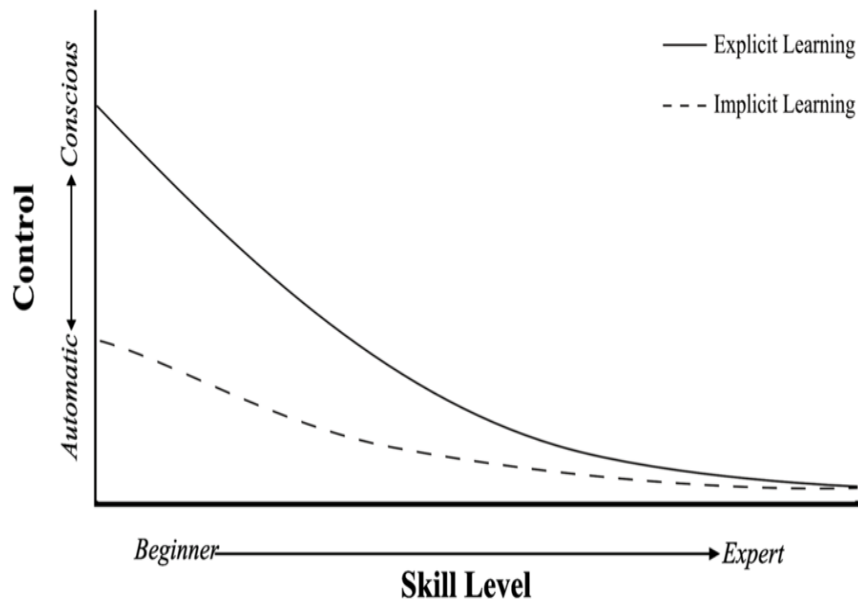


Abbildung 5. Bewusste, beziehungsweise unbewusste Kontrolle bei implizitem und explizitem Bewegungslernen. Zu erkennen ist, dass die bewusste Kontrolle beim impliziten Bewegungslernen von Anfang an tiefer ist als beim expliziten Bewegungslernen (Kal et al., 2018).

1.2.5 Implizite und explizite Lernprozesse bei Gleichgewichtsaufgaben. Nun stellt sich die Frage, ob sich die Theorien des impliziten und expliziten Lernens auf Gleichgewichtsaufgaben übertragen lassen.

Diesbezüglich untersuchten Orrell et al. (2004a) in einer Studie, ob sich die Theorie des impliziten und expliziten Lernens auf die Aneignung einer Gleichgewichtsaufgabe transferieren lässt. Dabei wurden drei verschiedene Lernformen des impliziten und expliziten Lernens untersucht. Dies waren in diesem Fall für das implizite Lernen das Errorless-Learning und das Analogy-Learning (Analogienlernen) und im Falle des expliziten Lernens das Discovery-Learning, welches mit dem Errorful-Learning verglichen werden kann. In der Studie wurde suggeriert, dass die Probanden der implizit trainierenden Gruppen in allen Belangen besser abschneiden als die explizite Gruppe. Die Teilnehmer sollten weniger verbale Informationen zum absolvierten Gleichgewichtstask geben können, weniger anfällig auf einen zweiten, konkurrierenden Task sein und in einem Retention-Test beweisen, dass sie nachhaltiger gelernt haben als die Teilnehmer der expliziten Gruppe.

Das Studiendesign war wie folgt aufgebaut:

Der Errorless-Gruppe wurden bei Trainingsbeginn keine expliziten Anweisungen gegeben. Den Analogielernenden wurde nahegelegt, sich wie Guards vor dem Buckingham Palace zu verhalten und dementsprechend still zu stehen. Der Discovery-Learning-Gruppe wurden klare

Anweisungen zur Bewegungsdurchführung gegeben, was eins zu eins der Theorie des expliziten Lernens entspricht (Kal et al., 2018).

In der Trainingsphase absolvierten die Probanden 16 Serien à 60 Sekunden auf dem Stabilometer. 15 Minuten nach der Absolvierung der ersten Trainingsphase wurde eine erste Testbatterie durchgeführt. Diese bestand zum einen aus zwei Retention-Tests (RT1 & RT2), bei welchen die Probanden wie im Training 60 Sekunden auf dem Stabilometer zu balancieren hatten und zum andern aus zwei Transfertests.

Die zwischen den RT durchgeführten Transfertests (TT) dauerten ebenfalls 60 Sekunden (Transfer in den letzten 30 Sekunden). Im ersten TT wurden die Probanden dazu angehalten, einen kognitiven Dual-Task zu absolvieren, welcher darin bestand, Zahlenreihen (sieben Zahlen) mündlich wiederzugeben und dabei das Stabilometer in horizontaler Richtung zu halten. Der zweite TT beinhaltete das Aufnehmen eines 2Kg Kettlebells, wobei das Stabilometer wie beim ersten TT und während der Trainings in horizontaler Richtung gehalten werden sollte. Zusätzlich erstellten die Probanden nach diesen Tests ein schriftliches Protokoll, in welchem sie Methoden, Techniken oder Tipps zur Bewegungsausführung notierten.

In einer zweiten Testphase absolvierten die Probanden erneut einen Retention- und einen Transfer-Test. Der Ablauf des RT3 entsprach dabei den Abläufen der RT1 & 2. Im letzten TT wurden die Probanden dazu aufgefordert, das Stabilometer während 60 Sekunden in horizontaler Richtung zu halten und dabei hohe und tiefe Töne richtig zuzuteilen. Zusätzlich mussten sie in den letzten 30 Sekunden erneut einen Kettlebell aufheben und gleichzeitig versuchen, die Balance zu halten. Den erstellten Hypothesen nach sollte die Leistung (in diesem Falle die aufgezeichneten Schwankungen des Stabilometers) der expliziten Gruppe (Discovery-Learning) während der zweiten 30 Sekunden im TT unter Zuzug des kognitiven Dual-Tasks abnehmen.

Im ersten RT1 zeigten alle Gruppen einen Leistungszuwachs auf, was darauf schliessen lässt, dass es keine differenziellen Lerneffekte zwischen den verschiedenen Gruppen gab. Zudem erhöhte sich die Leistung aller Gruppen entgegen der Erwartungen der Hypothesen auch im RT2. Somit konnten alle Gruppen im ersten Teil des Retention-Tests (Dual-Task Töne zählen) eine Leistungssteigerung aufweisen. Hingegen sank die Leistung in allen Gruppen nahezu signifikant im zweiten Teil des Retention-Tests (Kettlebelllift), was darauf schliessen lässt, dass in dieser Studie ein physischer Dual-Task die Balanceleistung beeinträchtigen konnte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass, entgegen aller Erwartungen, eine kognitive Zweitaufgabe die Leistungen in allen drei Gruppen positiv beeinflusst hat. Daraus kann man mehrere Schlussfolgerungen ziehen. Zum einen kann man suggerieren, dass die angewandten Lern-

formen eher impliziten Charakters waren und somit unter Zuzug eines kognitiven / verbalen zweiten Tasks kein Leistungseinbruch eintraf. Zum anderen könnte man herleiten, dass der durchgeführte Gleichgewichtstask motorisch gesehen zu einfach war, was sich durch eine Verbesserung in den Retention-Tests unter Zuzug des kognitiven Dual-Tasks widerspiegelt und auf den kleinen bis nicht vorhandenen Aufmerksamkeitsfokus auf die Bewegungsdurchführung zurückzuführen ist.

Dies ist jedoch nur zwei von drei Hypothesen. Es könnte zudem durchaus möglich sein, dass sich die Theorie des Leistungsabfalls durch Zuzug eines kognitiven Dual-Tasks nicht auf Gleichgewichtsaufgaben übertragen lässt oder es gar nicht möglich ist, Gleichgewicht auf implizite oder explizite Art zu erlernen. Deshalb erweiterten Orrell et al. (2004b) die durchgeführte Studie auf Schlaganfallpatienten. Es ist bekannt, dass Personen nach einem Schlaganfall grosse Probleme haben, alltägliche Aufgaben durchzuführen, ohne den Aufmerksamkeitsfokus auf die durchzuführende Bewegung zu richten.

Für die Untersuchung wurden die Probanden in vier Gruppen eingeteilt (Errorless-Stroke, Errorless-Control, Discovery-Stroke und Discovery-Control). Sie absolvierten das gleiche Trainingsprogramm wie in der vorgehenden Studie (Orrell et al. 2004a). Wie aus Abbildung 6 zu entnehmen ist, konnten unter Zuzug eines kognitiven Dual-Tasks Leistungsunterschiede in den zwei Schlaganfallgruppen (Errorless-Stroke und Discovery-Stroke) ausgemacht werden.

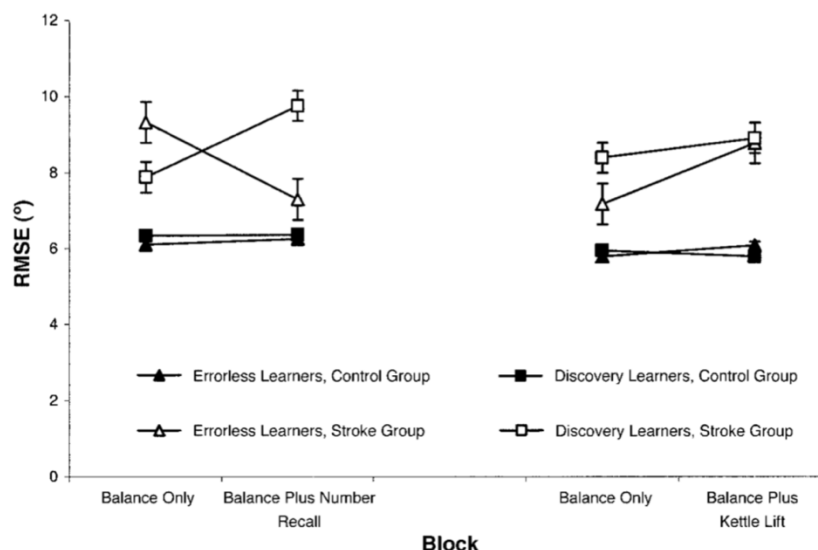


Abbildung 6. Leistung der Schlaganfall- und Kontrollgruppe unter den zwei verschiedenen Testkonditionen (Balance Only, Balance Plus Number Recall & Balance Plus Kettle Lift). Es ist zu bemerken, dass die Errorless Learners Stroke Group, unter Zuzug eines Dual-Tasks (Balance Plus Number Recall), im Vergleich zu der Discovery Learners Stroke Group eine höhere Performance (kleinere Abweichung des Winkels 0° RMSE($^\circ$)) verzeichnen konnten (Orrell et al., 2004b, S.376).

Orrell et al. (2004b) konnten aufzeigen, dass Schlaganfallpatienten, welche den Gleichgewichtstask implizit erlernten, unter Einfluss einer kognitiven Zweitaufgabe stabiler gegenüber Leistungsabfällen sind als jene, welche die Bewegung explizit erlernten. Diese Resultate sind jedoch, wie bereits angesprochen, nur limitiert auf die Theorien des Leistungsabfalles unter Zuzug einer kognitiven Zweitaufgabe (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005, Capio et al., 2013) zu übertragen, da sie auf «nicht gesunde» Probanden limitiert sind und nicht auf solche ohne gesundheitliche Beeinträchtigungen.

Abschliessend lässt sich sagen, dass sowohl implizite als auch explizite Lernformen bei Gleichgewichtsaufgaben Trainingseffekte mit sich bringen. Dies konnte in den durchgeführten Studien von Orrell et al. (2004a) und Orrell et al. (2004b) bewiesen werden. Es stellt sich nun jedoch die Frage, ob sich die Theorie des Leistungseinbruchs unter Zuzug eines Dual-Tasks auch auf Gleichgewichtsaufgaben übertragen lässt. Die Resultate von Orrell et al. (2004a) mit gesunden Probanden sprechen dagegen, wobei die Resultate der erweiterten Studie mit Schlaganfallpatienten (Orrell et al., 2004b) das Gegenteil beweisen konnte. Dies bringt uns zurück zur Hauptfragestellung dieser Masterarbeit und den Grund für die Durchführung der mit dieser Arbeit Hand in Hand gehenden Studie.

Um einen Bogen zur zweiten Fragestellung zu schlagen, welche sich mit der Taskspezifität auseinandersetzt, wird in den folgenden Abschnitten sowohl auf die posturale Kontrolle und das Gleichgewicht als auch auf die «Task Specificity» eingegangen.

1.3 Posturale Kontrolle und Gleichgewicht

In der Literatur wird in Bezug auf Gleichgewicht, nach Shumway-Cook und Woolacott. (2001), der Begriff posturale Kontrolle verwendet. Diese Kontrolle der Position des Körpers im Raum hat zum Ziel, das Gleichgewicht und die Orientierung aufrechtzuerhalten (Granacher, Muehlbauer, Gschwind, Pfenninger & Kressig, 2014). Shumway-Cook und Woolacott (2001) unterscheiden zwischen drei Gleichgewichtsarten, welche in den folgenden Punkten aufgelistet und kurz erklärt werden.

1. Die erste Form des Gleichgewichts ist das stationäre bzw. kontinuierliche Gleichgewicht. Es beschreibt die relative Kontrolle des Körperschwerpunktes zur Unterstützungsfläche. Diese Form des Gleichgewichts ist zum Beispiel beim Stehen oder Gehen aktiv und hilft uns, unseren Körper in einer stabilen Position zu halten.
2. Die zweite Form des Gleichgewichts ist nach Shumway-Cook und Woolacott (2001) und Granacher et al. (2014) das reaktive Gleichgewicht. Diese Form des Gleichgewichts ist dafür zuständig, das Gleichgewicht nach unerwarteten Situationen (Fall / Destabilisierung) zu gewährleisten.
3. Die dritte und letzte Form des Gleichgewichts ist nach Shumway-Cook und Woolacott (2001) das proaktive Gleichgewicht. Diese bezeichnet die Fähigkeit, die posturalen Muskeln zu aktivieren, bevor der Körper durch eine destabilisierende Situation aus dem Gleichgewicht gebracht wird.

1.3.1 Gleichgewichtstraining. Es hat in den letzten Jahren enorm an Wichtigkeit gewonnen, ist mittlerweile in aller Munde und wird in diversen Sport- und Rehabilitationsprogrammen angepriesen - das Gleichgewichtstraining. Nach Taube (2013) findet man Formen davon in Trainingsprogrammen von Athleten zur Leistungssteigerung und um das Verletzungsrisiko zu senken, in der Rehabilitation bei Verletzungen und auch in der Sturzprävention bei älteren Menschen.

Wie in der Literatur beschrieben, hat sich das Anwendungsfeld von Gleichgewichtstrainings durch neuste Erkenntnisse stark vergrößert (McGuine, Greene, Best & Levenson, 2000, Zech et al., 2010, McKeon & Hertel, 2008, Taube, 2013). Es bleiben jedoch noch immer offene Fragen zurück. Diese beziehen sich vor allem auf die Spezifität – auch Task-Specificity genannt - dieser Trainingsform. Kümmel et al. (2016) untersuchten dieses Phänomen in einer Metaanalyse, indem sie verschiedenste, bereits durchgeführte Studien zusammenfassten. Ihren Resultaten ist zu entnehmen, dass das Gleichgewicht - nicht wie bis anhin von vielen Forschern angenommen - ein «General Skill» (Schnabel, Harre & Krug, 2014, Meinel & Schnabel, 2018), also

eine global erlernbare Fertigkeit ist, sondern einer Task-Spezifität unterliegt. Diese Erkenntnisse wurden zudem von Giboin et al. (2018) untermauert, welcher in einer Studie untersuchte, ob es kontextuelle Interferenzen bei sich ähnelnden Gleichgewichtsaufgaben gibt. Die Resultate der Studie zeigten keine signifikanten Effekte bezüglich auftretender Transfereffekte, was darauf schliessen lässt, dass Gleichgewicht kein «general skill» ist, sondern einer Spezifität der erlernten Bewegung unterliegt. Diese Task-Spezifität ist somit als Eigenschaft des Körpers zu sehen, welche zur Folge hat, dass sich spezifische Gleichgewichtstrainings nicht auf andere Gleichgewichtstasks übertragen lassen.

1.3.2 Task Specificity. Gleichgewichtstrainings werden, wie vorhin erwähnt, immer mehr als optimale Trainingsform zur Leistungssteigerung angepriesen (Zech et al., 2010) und haben einen grossen Nutzen in der Unfallprävention und der Rehabilitation (McKeon & Hertel, 2008, Taube, 2013).

In der Literatur wird Gleichgewicht oft als «General skill» beschrieben. Es wird angenommen, dass sich dieser «Skill» unspezifisch trainieren und übertragen lässt (Schnabel et al., 2014, Meinel & Schnabel, 2018). Lubetzky-Vilnai und Kartin (2010) führten diesbezüglich eine Studie mit Schlaganfallpatienten durch, in welcher sie aufzeigen konnten, dass es Transfereffekte zwischen trainierten und untrainierten Gleichgewichtstasks gibt. Diese Studie wurde jedoch wie angesprochen mit Schlaganfallpatienten durchgeführt und ist deshalb stark auf «beeinträchtigte» Probanden ausgelegt. Die gleichen Resultate erhielten Sayenko et al. (2012) und Yavuzer, Eser, Karakus, Karaoglan und Stam (2016), welche ebenfalls Transfereffekte von trainierten auf untrainierte Gleichgewichtstasks feststellen konnten. Diese Studien wurden jedoch ebenfalls mit beeinträchtigten Testpersonen durchgeführt, was deren Aussagekraft für gesunde Probanden abschwächt.

Es gibt jedoch immer mehr Studien, welche Kontraindikatoren zu dieser Theorie gefunden haben. Man spricht hierbei von einem «Task specificity of balance training» (Giboin et al., 2015, Kümmel et al., 2016, Kiss et al., 2018).

In der Theorie gibt es bis anhin keine generelle Übereinkunft bezüglich Trainingsprogrammen, welche zum Ziel haben, die allgemeine Gleichgewichtsleistung zu verbessern (Lesinski, Hortobagyi & Muehlbauer, 2015), weshalb von Kümmel et al. (2016) eine Metaanalyse durchgeführt wurde.

Hierbei wurden Arbeiten analysiert, welche untersuchten, ob ein Gleichgewichtstraining eines spezifischen Tasks die Leistung von einem untrainierten Task verbessert oder nicht. Zuerst wurden alle betreffenden Arbeiten untersucht, welche im Zeitraum der letzten 30 Jahre

publiziert wurden. Nach zahlreichen Ausschlüssen fokussierte sich die Analyse auf sechs Studien mit insgesamt 102 Probanden, welche allesamt der konkreten Fragestellung entsprachen. Die Selektionskriterien waren wie folgt aufgelistet:

1. Die Probanden mussten zur Zeit der Intervention gesund sein.
2. Es musste mindestens ein zusätzlicher, abweichender Gleichgewichtstask (zum trainierten Task) geprüft werden.

Trotz der bis anhin zahlreich durchgeführten Studien war noch immer nicht klar, ob ein Gleichgewichtstraining nur im spezifisch trainierten Task positive Effekte mit sich bringt oder ob eine globale Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit generiert wird. Ziel dieser Metaanalyse war es deshalb, diesem Mysterium auf den Grund zu kommen. Dafür wurden die durchgeführten Gleichgewichtsaufgaben der sechs ausgewählten Studien kategorisiert und in fünf verschiedene Kategorien eingeteilt, welche in Tabelle 2 aufgelistet sind.

Tabelle 2

Kategorisierung der Gleichgewichtstasks nach Kümmel et al. (2016)

Kategorie	Unterschiede im Task
1	Trainierter Task
2	Untrainierter Task mit gleicher Körperposition und gleicher Gleichgewichtsbeeinträchtigung
3	Untrainierter Task mit gleicher Körperposition aber abweichender Gleichgewichtsbeeinträchtigung
4	Untrainierter Task mit abweichender Körperposition aber gleicher Gleichgewichtsbeeinträchtigung
5	Untrainierter Task mit weder gleicher Körperposition noch Gleichgewichtsbeeinträchtigung

Die Metaanalyse ergab folgende Resultate:

Der Trainingseffekt bezüglich der Gleichgewichtsperformanz in der Kategorie 1 (trainierter Task) erreichte einen SMDbs (Unterschiede in der Standardabweichung) von 0,79 bei einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95%, was eine in diesem Fall positive Leistungssteigerung von einem Pre- auf einen Post-Test beschreibt. Dies hatten die Autoren bereits vermutet, da man hier von einem «normalen» Trainingseffekt sprechen kann.

Des Weiteren verglichen die Autoren die Resultate Pre- und Post-Tests des trainierten und eines nicht trainierten Tasks. In dieser Kategorie 2, bei welcher ein untrainierter Task in einer gleichen Körperposition und einer gleichen Gleichgewichtsbeeinträchtigung durchgeführt wurde,

waren die Resultate der untrainierten Aufgabe fast zehnmal schlechter als beim trainierten Task (SMDbs = 0.09 bei einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95%).

Die Resultate der Kategorie 3, also eines untrainierten Tasks mit gleicher Körperposition aber abweichender Gleichgewichtsbeeinträchtigung, zeigten ähnliche Resultate auf wie in der Kategorie 2 (SMDbs = -0.07 bei einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95%).

Für den untrainierten Task in der Kategorie 4 war die Effektgrösse des Gleichgewichtstrainings bei 0.18 und einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95% angesiedelt, was den Resultaten aus den Kategorien 2 und 3 entspricht und keine Steigerung der Leistung aufzeigt.

Auch in der Analyse der letzten Kategorie (Kategorie 5, untrainierter Task mit weder gleicher Körperposition noch Gleichgewichtsbeeinträchtigung) wurden keine signifikanten Resultate erzielt (SMDbs = -0.04 bei einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95%).

Zusammenfassend lässt sich aus diesen Resultaten schließen, dass aus den Vergleichen in keiner der vier Kategorien des untrainierten Gleichgewichtstasks eine erhöhte Performanz festgestellt werden konnte. Somit ist den Resultaten dieser Studie zu entnehmen, dass es nur bei trainierten Tasks zu einer Leistungsverbesserung in der Gleichgewichtsperformanz kommt und die Transfereffekte von der Kategorie 1 (siehe Tabelle 2) auf die Kategorien 2-5 klein (Kategorie 2) bis nicht vorhanden (Kategorien 3-5) sind. Somit konnten die Autoren in dieser Metaanalyse feststellen, dass das Gleichgewicht einer Task-Spezifität unterliegt und nicht - wie von anderen Autoren angenommen - eine generell trainierbare Fertigkeit ist.

In einer weiteren Studie von Giboin et al. (2018) wurde untersucht, ob nicht doch von Trainingseffekten von trainierten auf untrainierte Gleichgewichtsaufgaben gesprochen werden kann. Dabei stützte man sich auf eine dreiwöchige Trainingsintervention, bei welcher untersucht wurde, ob eine zusätzliche Gleichgewichtsaufgabe (1-Beinstand auf der Slackline) während oder zwischen den Trainingsinterventionen den eigentlichen Task (1-Beinstand auf einem Tilt-Board) beeinflussen kann.

In der Theorie hätte man positive Resultate mit dem Prozess der kontextuellen Interferenz beschreiben können, welcher in mehreren Studien im Bewegungslernen bestätigt wurde (Shea & Morgan, 1979, Shea, Kohl & Indermill, 1990, Sekiya, Magill & Anderson, 1996). Diese kontextuelle Interferenz besagt nach Ata, Bund & Wiemeyer (2005), dass bei stetig wechselnden Aufgabentypen, welche miteinander interferieren, zu Beginn schlechtere Resultate erzielt werden und der Leistungszuwachs somit gering bleibt. Gemäss der Autoren (Ata et al., 2005) erfahren die Probanden erst nach einer gewissen Zeit positive Resultate beim Üben, welche auf die angesprochenen hohen, kontextuellen Interferenzen zurückzuführen sind.

Diesem Effekt und dessen positivem Einfluss auf den trainierten Gleichgewichtstask wollten Giboin et al. (2018) auf den Grund gehen, wobei jedoch der Versuchsaufbau in der Praxis zu keinen signifikanten Resultaten führte. Ihre Untersuchungen zeigten auf, dass Gleichgewichtstrainings, bei welchen zusätzlich ein zweiter Gleichgewichtstask hinzugefügt wurde (entweder während oder zwischen einzelnen Trainingseinheiten), untereinander nicht transferieren und die Theorie des Kontext-Interferenz-Effekts (Wiemeyer, 1998) nicht auf Gleichgewichtstrainings zu übertragen ist. Das Ausbleiben sowohl von Transfereffekten als auch von Interferenzen unterstützt die Hypothese, dass ein Gleichgewichtstraining taskspezifische Anpassungen mit sich bringt und es keine Anpassungen / Verbesserungen zwischen unterschiedlichen Tasks gibt (Giboin, 2018).

Wie schon Kümmel et al. (2016), setzten Kiss et al. (2018) eine Metaanalyse zu bereits durchgeführten Studien an. Ziel dieser Untersuchung war es, Korrelationen zwischen verschiedenen Studien, welche verschiedene Typen von Gleichgewichtsleistungen in verschiedenen Altersgruppen untersuchten, zu vergleichen. Dabei musste mindestens eine Gleichgewichtsform trainiert und deren Transfer auf mindestens eine weitere, abweichende Gleichgewichtsform gemessen werden. Die aufgestellte Hypothese dieser Analyse war, dass die Korrelationen zwischen den verschiedenen Gleichgewichtsarten klein sind, wenn man von einer Task-Spezifität spricht und höhere Korrelationen mit sich bringen, wenn man von Gleichgewicht als einer «General-ability» spricht. Die erhaltenen Resultate zeigten auf, dass es keine, respektive nur sehr kleine Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Gleichgewichtstypen gibt. In dieser Studie wurden die unter Punkt 1.3 «Posturale Kontrolle und Gleichgewicht» beschriebenen Gleichgewichtstypen miteinander verglichen und folgende Schlussfolgerungen gezogen:

Es konnten keine signifikanten Korrelationen bezüglich des reaktiven¹ und des proaktiven² Gleichgewichts in den verschiedenen Altersgruppen gefunden werden. Zudem entdeckte man keinen Zusammenhang zwischen dem kontinuierlichen Gleichgewicht³ (dynamic steady-state) und dem proaktiven Gleichgewicht. Dies war auch bei den Vergleichen zwischen dem statischen und dynamischen Gleichgewicht, dem kontinuierlichen und dem dynamischen Gleichgewicht sowie beim Vergleich vom kontinuierlichen und dem reaktiven Gleichgewicht der Fall.

¹ Das reaktive Gleichgewicht ist nach Granacher et al. (2014) dafür zuständig, das Gleichgewicht in unerwarteten Situationen (Fall / Destabilisierung) zu gewährleisten.

² Das proaktive Gleichgewicht ist nach Shumway-Cook und Woolacott (2001) die Fähigkeit, die posturalen Muskeln zu aktivieren, bevor der Körper durch eine destabilisierende Situation aus dem Gleichgewicht gebracht wird.

³ Unter dem stationären bzw. kontinuierlichen Gleichgewicht wird die Kontrolle des Körperschwerpunktes zur Unterstützungsfläche beschrieben.

Die Autoren kamen somit zum Schluss, dass die Vergleiche zwischen den verschiedenen Gleichgewichtstypen und Altersklassen keine, beziehungsweise sehr kleine Korrelationen zur Folge haben. Dank dieser Erkenntnisse konnten Kiss et al. (2018) die Hypothese von Schnabel et al. (2014) und Meinel und Schnabel (2018) widerlegen, welche besagt, dass Gleichgewicht als eine «General-ability» zu beschreiben ist. Es gelang ihnen, zu beweisen, dass das Gleichgewicht eher einer task-spezifischen Komponente unterliegt als einer generellen Fähigkeit, die Balance zu halten.

In einer letzten Studie untersuchten Ringhof und Stein (2018) den Zusammenhang zwischen statischem und dynamischem Gleichgewicht bei Gymnastiinnen und Schwimmerinnen. In dieser Arbeit verglichen die Autoren die Korrelationen zwischen verschiedenen Gleichgewichtsaufgaben, wobei die Hypothese lautete, dass die Turnerinnen die Schwimmerinnen in allen Aufgaben übertreffen sollten, und dass es keine Korrelationen zwischen den dynamischen Gleichgewichtstasks und zwischen den dynamischen und statischen Gleichgewichtsaufgaben geben sollte. Somit untersuchten sie in ihrer Studie zum einen den Unterschied zwischen den Gleichgewichtsperformanzen zweier Sportarten und zum anderen die Taskspezifität bei Gleichgewichtsaufgaben.

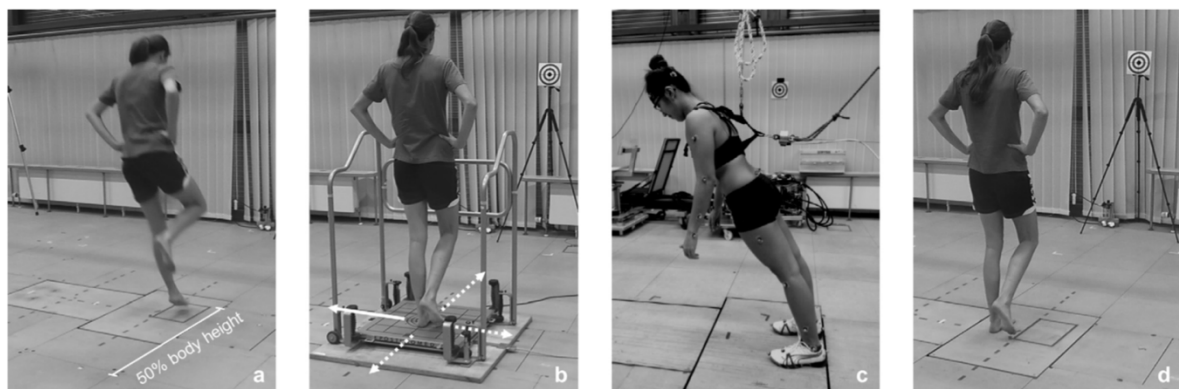


Abbildung 7. Durchgeführte Gleichgewichtstests in der Studie von Ringhof und Stein. Tests a-c untersuchten das dynamische Gleichgewicht (a=1-Bein-Sprung, b= Balancieren auf Posturo-med, c= Frontalfall), wobei bei Test d (d=1-Beinstand) das statische Gleichgewicht elaboriert wurde. (aus Ringhof & Stein, 2018, S. 142).

In der durchgeführten Studie wurden, wie angesprochen und aus Abbildung 7 zu entnehmen ist, verschiedene Gleichgewichtstasks, welche entweder statisches oder dynamisches Gleichgewicht testen, verglichen. Beim Vergleich der verschiedenen Gleichgewichtstask konnte gemessen werden, dass es keinen Zusammenhang zwischen den Resultaten der dynamischen Gleichgewichtstasks gab, was die Hypothese der Taskspezifität (Giboin et al., 2015) stärkt. Dank

dieser Resultate konnten die Autoren beweisen, dass es trotz der Nutzung der gleichen Gleichgewichtsart (dynamisches oder statisches Gleichgewicht) keine Korrelationen zwischen den verschiedenen Tasks der gleichen Gleichgewichtsart gab. Durch diese Erkenntnisse lässt sich darauf schliessen, dass Gleichgewicht wie von Giboin et al. (2015), Kümmel et al. (2016) & Kiss et al. (2018) beschrieben, einer Taskspezifität unterliegt und auch innerhalb der gleichen Gleichgewichtsform gezielt trainiert werden muss.

Zusammenfassend lässt sich aus den Erkenntnissen der angesprochenen Studien sagen, dass Gleichgewicht nicht, wie in älterer Literatur beschrieben, eine «global ability» ist und sich somit unspezifisch trainieren lässt, sondern vielmehr einer Taskspezifität unterliegt. Dies konnte erstens durch Metaanalysen von vergangenen Studien (Kümmel et al., 2016, Kiss et al., 2018), wie auch durch neu durchgeführte Studien von (Giboin et al., 2018, Ringhof & Stein, 2018) bewiesen werden. Gleichzeitig konnte jedoch in mehreren Studien aufgezeigt werden, dass man bei «kranken» Probanden durchaus von Transfereffekten von trainierten auf nicht trainierte Gleichgewichtsaufgaben sprechen kann.

Für weitere Studien, Arbeiten und Trainingsprogramme sind diese Erkenntnisse von grossem Nutzen, da bewiesen werden konnte, dass es bei gesunden Testpersonen keine, respektive sehr kleine Anpassungen von einem trainierten auf einen untrainierten Gleichgewichtstask gibt. Somit kann impliziert werden, dass man das Gleichgewicht spezifisch trainieren sollte, um einen möglichst grossen Nutzen und einen optimalen Leistungszuwachs daraus zu ziehen.

1.4 Theoriebezug Masterarbeit

Um die theoretischen Hintergründe mit der für diese Arbeit durchgeführten Studie zu verbinden, wird in diesem Kapitel ein Bogen zwischen Theorie und Praxis geschlagen. Im Falle dieser Masterarbeit wurde das implizite und explizite Lernen von Gleichgewichtsaufgaben auf einer Wippe (Trainingsgerät / anterior-posterior) mit Hilfe von Federn generiert. Die benutzten Federn, welche verschiedene Stärken vereinten (N/mm), konnten somit die Schwierigkeit des Gleichgewichtstasks erhöhen oder verringern.

Um die Hypothese zu testen, ob implizit erlernte Gleichgewichtsaufgaben unter Zuzug eines Dual-Tasks gegenüber explizit erlernten Tasks stabiler sind, wurde im Post-Test, beim Balancieren auf der Wippe, ein Dual-Task (2-back Test) durchgeführt.

Dieser 2-Back-Task war eine kognitive Zweitaufgabe. Den Probanden wurde eine Zahlenreihenfolge gezeigt, bei welcher zwei aufeinanderfolgende Zahlen (mit einer Zahl dazwischen) erkannt werden mussten. Es wurde in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass die Implizit-Gruppe unter Zuzug dieser Zweitaufgabe im Vergleich mit der Explizit- und der Trainingsgruppe keinen signifikanten Leistungseinfall erleiden würde.

Zudem wurde in der durchgeführten Studie die «Task-Specificity» (Giboin et al., 2015, Kümmerl et al., 2016, Kiss et al., 2018) untersucht. Dabei wurden die Resultate des Pre-Tests (vier Testgeräte) mit den Resultaten des Post-Tests verglichen, um eine allenfalls vorhandene Task-spezifität zu beweisen oder den Erkenntnissen Lubetzky-Vilnai und Kartin (2010), Sayenko et al. (2012) und Yavuzer et al. (2016) zu folgen, welche besagen, dass man bei Gleichgewichtstrainings über Transfereffekte von trainierten auf untrainierte Tasks sprechen kann.

Diesbezüglich wurden beim Vergleich der Pre- und Post-Tests vier verschiedene Geräte getestet, um allfällige Transfers zu messen. Die verwendeten Test- und Trainingsgeräte und die damit verbundenen möglichen Transfers wurden von der Wippe (Trainingsgerät – anterior / posterior) auf die Trainingsgeräte Kippe v/h (vorwärts / rückwärts, anterior / posterior), Kippe l/r (links / rechts, medio / lateral) und Kreisel (multidirektional) gemessen.

1.5 Ziel und konkrete Fragestellung

In diesem Kapitel werden die Ziele dieser Arbeit und die konkrete Fragestellung geklärt. Es werden mehrere Hypothesen und Ziele formuliert, welche in der durchgeführten Studie getestet wurden.

1.5.1 Ziel. Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, ob implizite und explizite Lernprozesse auf Gleichgewichtsaufgaben und Gleichgewichtstrainings übertragbar und anwendbar sind. Zudem wurde untersucht, ob implizit trainierte Gleichgewichtsaufgaben unter Zuzug eines zweiten Tasks (Dual-Task) gegenüber einer expliziten Trainingsgruppe und einer Kontrollgruppe (Random) stabiler sind und somit keinen Leistungseinbruch zur Folge haben, sondern diese Leistung stabil bleibt oder sich sogar verbessert.

Des Weiteren wurde untersucht, ob es in diesem Zusammenhang eine Taskspezifität gibt, welche aufzeigen sollte, dass es einen kleinen oder gar keinen Transfer vom trainierten (Lernaufgabe) zu den getesteten Transfertasks gibt. Dies wäre in diesem Fall ein Transfer vom anterior-posteriorem Gleichgewicht, welches auf dem Trainingsgerät - der Wippe - trainiert wurde, auf das anterior-posterior Gleichgewicht (Kippe v/h), ein Transfer vom anterior-posteriorem Gleichgewicht (Wippe) auf das medio-laterale Gleichgewicht (Kippe l/r) und ein Transfer vom anterior-posteriorem Gleichgewicht (Wippe) auf das multidirektionale Gleichgewicht (Kreisel).

1.5.2 Fragestellung. Die konkrete Fragestellung dieser Masterarbeit zum Thema «errorless und errorful learning bei einer Gleichgewichtsaufgabe» war die folgende:

1. Ist die Theorie des impliziten und expliziten Lernens (Bewegungslernen) auf einen Balance-Task anwendbar?
2. Erleiden die Probanden der Expliziten / Random Gruppe unter Zuzug eines Dual-Tasks gegenüber der impliziten Gruppe einen Leistungseinbruch?
3. Gibt es in diesem Studiendesign eine Taskspezifität?
 - Wenn ja
 - von der Wippe (anterior / posterior) auf welches andere Gerät (Kippe v/h (anterior / posterior), Kippe l/r (medio / lateral), Kreisel (multidirektional)) und warum?
 - Wenn nein
 - Warum?

2. Methoden

2.1 Studienpopulation

Um die oben genannten theoretischen Erkenntnisse in die Praxis umzusetzen, wurden in der vorliegenden Studie 32 Probanden (n=32) getestet.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren zwischen 21 und 28 Jahre alt (\bar{X} = 23,9) und wiesen keine gesundheitlichen Probleme oder chronische Krankheiten auf. Die Probanden wurden in drei verschiedene Gruppen eingeteilt. Diese Gruppen waren eine Implizit-Errorless-Gruppe (EL), eine Explizit-Errorful-Gruppe (ER) und eine Randomgruppe (Rand).

Die Gruppeneinteilung wurde homogen angesetzt, so dass die Anzahl der Frauen und Männer, sportlicher und weniger sportlicher Probanden und altersgemässe Einflüsse gleichmässig in die drei Gruppen verteilt wurden. Von den 32 Probanden wurden während der Intervention vier Personen aus gesundheitlichen oder persönlichen Gründen von den Messungen ausgeschlossen, wodurch sich die Studienpopulation auf 28 Probanden (n=28) reduzierte.

Bezüglich der Randomgruppe ist anzufügen, dass diese im Grunddesign dieser Studie nicht vorgesehen war. Aufgrund einer Fehlkalkulation der Federstärken wurden die Probanden, welche mit den falschen Federn trainierten, in eine dritte Gruppe, die Trainingsgruppe (Random) eingeteilt. Daraus entstand jedoch kein Problem, es ergab sich eher ein Mehrwert, da noch eine weitere Gruppe getestet werden konnte und somit ein breiteres Anwendungsfeld zur Verfügung stand. Die Trainings dieser Gruppe wurden randomisiert gestaltet, um keine impliziten oder expliziten Trainingsabläufe zu generieren.

Tabelle 3
Gruppeneinteilung

Gruppe	Lerninstruktion / Vorgabe
Errorless (n=11)	Startet mit leichtestem Niveau,
Errorful (n=10)	Startet mit schwerstem Niveau
Random (n=7)	Startet mit unterschiedlichen Niveaus

2.2 Studiendesign

Jeder Proband wurde dazu angehalten, sechs Messtermine wahrzunehmen. Diese Termine spielten sich im Optimalfall in einem Zeitraum von 2-3 Wochen ab und beinhalteten einen Pre-Test, vier gruppenspezifische Trainingseinheiten und einen Post-Test. Die Strukturierung der Termine ist aus Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4

Studiendesign und Verlaufsplan der 6 Messtermine

1. Termin	2. Termin	3. Termin	4. Termin	5. Termin	6. Termin
Pre-Messung: Kreisel Kippbrett AP Kippbrett ML Wippe 1.8	1. Training Errorless Federn: 2.8 Errorful Federn: 0 Random Feder: 0-2,8	2. Training Errorless Federn: 2.4 Errorful Federn: 1.0 Random Feder: 0-2,8	3. Training Errorless Federn: 2.25 Errorful Federn: 1.25 Random Feder: 0-2,8	4. Training Errorless Federn: 2.0 Errorful Federn: 1.4 Random Feder: 0-2,8	Post-Messung: Kreisel Kippbrett AP Kippbrett ML Wippe 1.8 Wippe 1.8 DT

2.2.1 Pre-Test. Der erste Messtermin für die teilnehmenden Probanden war der zu Beginn stattfindende Pre-Test. Dieser fungierte als Eingangsmessung und diente einer ersten Datenerhebung und somit als Basis der durchgeführten Studie. Die Testpersonen absolvierten dabei die in Tabelle 4 (1.Termin) aufgelisteten Testgeräte (Wippe mit Federstärke 1.8, Kippe v/h, Kippe l/r, Kreisel), welche randomisiert durchgeführt wurden. Somit wurde der Ablauf für jeden Probanden zufällig gewählt. Für jedes Gerät wurden 5 Messungen à 10 Sekunden vollzogen. Zwischen den Wiederholungen wurde eine Pause von 50 Sekunden absolviert, welche garantieren sollte, dass allfällige Ermüdung ausgeschlossen werden konnte. Zusätzlich unterbrach man die Serien mit einer Pause von 170 Sekunden, was dem Pre-Test eine totale Dauer von 28 Minuten zuschrieb. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erhielten zu jedem ihrer Versuche ein visuelles Feedback ihrer Leistung. Dieses Feedback wurde auf einem Bildschirm abgebildet (s. Punkt 2.4 Resultate und Feedback) und diente als Knowledge of Result (Resultatwissen).

Zudem mussten die Probanden vor Beginn der Messungen («Trigger») einen vor ihnen positionierten Stuhl greifen, um beim Drücken des «Triggers» in einer optimalen, stabilen Ausgangsposition zu sein. Bei Berühren des Stuhls während der Messzeit oder bei einem Absteigen / Herunterfallen vom Gerät wurde die Messung als ungültig erklärt, das Resultat als Extremwert abgetan und gelöscht. Um materialspezifischen Veränderungen entgegenzuwirken, wurden die Probanden zudem darauf hingewiesen, bei allen Tests und Trainings das gleiche Schuhwerk zu tragen.

2.2.2 Training. Nach Absolvierung des Pre-Tests wurden die vier Trainingstermine geplant und im Messplan vermerkt. Die Trainingseinheiten sollten im Optimalfall in einem Abstand von zwei Tagen stattfinden, wenn möglich nicht durch weitere Trainings (Krafttraining, Gleichgewichtstraining etc.) beeinflusst werden und innerhalb von zwei bis maximal drei Wochen durchgeführt werden. Eine Trainingseinheit, welche nur auf dem Trainingsgerät, der Wippe, absolviert wurde, beinhaltete 4 Serien à je 5 Versuchen von 10 Sekunden. Zwischen den Serien wurde eine Pause von 170 Sekunden absolviert. Somit dauerte eine Serie 7 Minuten und ein ganzes Training insgesamt 28 Minuten (siehe Tabelle 5).

Zu diesem Versuchsaufbau ist zu sagen, dass die Pausenlängen je nach Proband minimal variieren konnten. Einige Versuchspersonen benötigten längere Pausen zwischen den Serien (bis zu 4 Minuten), bei anderen, sportlicheren Probanden konnte die Pausenlänge auf 2 Minuten reduziert werden. Die Testpersonen wurden, wie beim Pre-Test, vor der Bewegungsausführung dazu aufgefordert, den bereitgestellten Stuhl zu fassen. So wurde bei allen eine optimale Anfangsposition gewährleistet. Wie auch im Pre-Test wurden Fehlversuche (Absteigen von der Wippe, Stuhl berühren) als Extremwerte abgespeichert und aussortiert.

Tabelle 5

Verlaufsplan einer Trainingseinheit

V1	Pause	V2	Pause	V3	Pause	V4	Pause	V5	Pause	Pause
10'	50'	10'	50'	10'	50'	10'	50'	10'	50'	120'

Je nach Gruppeneinteilung trainierten die Probanden mit verschiedenen Federstärken (s. Tabelle 6), welche den Schwierigkeitsgrad der zu absolvierenden Aufgabe erhöhten oder senkten und die implizite oder explizite Komponente des Trainings generierten. Wie beim Pre-Test bekamen die Probanden auch während der Trainings ein visuelles Feedback zu ihrer Leistung. Zudem wurden sie durch den Versuchsaufbau dazu angehalten, sich Hypothesen bezüglich ihrer Bewegungsausführung zu machen, wobei das visuelle Feedback (Kurve auf Bildschirm) eine entscheidende Rolle spielte. Dem Feedback war zu entnehmen, in welche Richtung (anterior / posterior) sich die Balance verlagerte, was nach Aussagen der Probanden bei der Durchführung eine grosse Hilfe war. Die Versuchspersonen wurden zudem laufend motiviert, um eine optimale motivationale Komponente zu schaffen. Dies war vor allem bei der expliziten Gruppe wichtig, da ihre Leistungen zu Beginn der Trainings eher schwach ausfielen, was einen Einbruch der Motivation mit sich brachte.

2.2.3 Post-Test. Beim abschliessenden Post-Test wurden die gleichen Messungen wie beim Pre-Test durchgeführt. Dabei absolvierte jeder Proband die Messungen in der gleichen Reihenfolge und mit den gleichen Zeitvorgaben wie beim Pre-Test (siehe 2.2.1 Pre-Test). Zusätzlich absolvierten die Testpersonen auf der Wippe einen zweiten Testdurchgang unter Zuzug eines Dual-Tasks. Diese Messung beinhaltete eine Serie mit 5 Wiederholungen à 15 Sekunden mit einer durchschnittlichen Pausenzeit von 50 Sekunden zwischen den Wiederholungen. Als Dual-task wurde ein «2-n-back-Task» verwendet, welcher unter Punkt 2.3.7.2 N-back-Task / Dual-Task beschrieben ist. Dieser diente dazu, den Aufmerksamkeitsfokus auf die Bewegungsdurchführung zu messen.

2.3 Material und Methoden

Um die Messungen durchzuführen und die damit verbundenen Resultate zu erhalten, wurden folgende Geräte eingesetzt:

Zur Messung des Gleichgewichts (anterior/posterior) wurden eine Wippe und eine Kippe v/h verwendet.

Zur Messung des medio-lateralen Gleichgewichts diente - wie für das anterior-posterior-Gleichgewicht - die Kippe. Das Gerät wurde in diesem Fall jedoch um 90° gedreht, um die Bewegungsrichtung (von der Sagitalachse auf die Querachse) zu verändern.

Als viertes Trainingsgerät fungierte ein Kreisel, welcher sich in einer multidirektionalen Richtung bewegte.

Die angesprochenen Trainingsgeräte werden im Verlauf dieses Teils der Arbeit genauer beschrieben und erklärt.

2.3.1 Wippe. Das Haupt-Test- und Trainingsgerät in der durchgeführten Studie war eine von der Universität Fribourg konstruierte Wippe (Abbildung 8).

Die Konstruktion, welche aus einem auf einer Metallachse befestigten Holzbrett besteht, ist mit einem Elektro-Goniometer (MP20, Megatron Elektronik, Putzbrunn, Germany) ausgestattet, welcher die Rotation der Achse anhand des Voltsignals des Goniometers berechnete und auf eine maximale Abweichung von 20° (Winkelgrad) programmiert wurde. Durch die angebrachte Metallachse beschränkte sich die Bewegungsfreiheit der Wippe auf ein Kippen von anterior nach posterior (von vorne nach hinten). Die Wippe war an den vier Ecken des Holzbretts mit Schraubösen versehen, an welchen die Zugfedern für die gruppenspezifischen Trainings (errorless, errorful, errorless/errorful) angebracht wurden. Die Probanden erhielten auf der Wippe ein visuelles Feedback in Form einer Kurve, auf welcher die durchschnittliche Abweichung

(während 10 Sekunden) zum Winkel 0° (Brett in horizontaler Richtung) berechnet und abgebildet wurde.

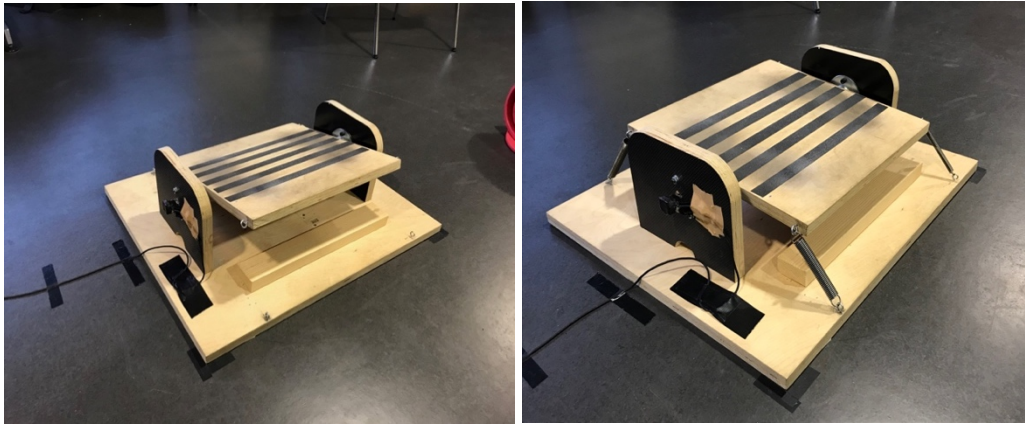


Abbildung 8. Trainingsgerät Wippe (anterior / posterior) mit und ohne Federn.

2.3.2 Kreisel. Bei diesem Testgerät handelt es sich um einen Kreisel aus Holz mit einer abgerundeten Standfläche, welcher auf einer Kraftmessplatte positioniert und während des Pre- und des Post-Tests eingesetzt wurde.

Das Gerät hatte eine Breite von 37cm und eine Höhe von ca. 10 cm. Durch die abgerundete Standfläche bewegte sich der Kreisel in einer multidirektionalen Richtung (in alle Richtungen). Somit trainierte man auf dem Kreisel sowohl das Gleichgewicht in anterior-posterior als auch in medio-lateraler Richtung. Das Gerät generiert drei verschiedene Schwierigkeitsgrade, welche durch verschieden grosse Standflächen gewährleistet werden. Im Falle dieser Studie entschied man sich für den mittleren Schwierigkeitsgrad. Dies geschah mit dem Hintergedanken, allen Probanden, auch den weniger sportlichen, die gleichen Ausgangsbedingungen zu schaffen. Gemessen wurden die durch die Kraftmessplatte aufgezeichneten Bewegungen des Centre



Abbildung 9. Testgerät Kreisel (multidirektionale Richtung).

<https://www.kuebler-sport.at/sport-und-therapiekreisel-mittel-p2746.html>

of Pressure (COP), welche den Probanden als visuelles Feedback in Form einer Kurve präsentiert wurden.

2.3.3 Kippe v/h. Die Kippe v/h (vorne/hinten), das dritte Testgerät, entspricht einer Holzplatte auf einer abgerundeten Standfläche, welche Ausgleichsbewegungen in anterior-posterior-Richtung (vorwärts / rückwärts) zulässt.

Wie der Kreisel, stand auch die Kippe auf der Kraftmessplatte, wobei die Messgrösse den aufgezeichneten Schwingungen des COP auf der Sagitalachse entsprach. Auch bei der Kippe gibt es verschiedene Schwierigkeitsgrade, welche anhand der Standfläche des Geräts variieren. Für diese Studie wurde, wie beim Kreisel, ein mittlerer Schwierigkeitsgrad ausgewählt, um einen optimalen Testzustand zu generieren.



Abbildung 10. Kippe v/h (anterior-posterior-Richtung) und Kippe l/r (medio-laterale Richtung).

2.3.4 Kippe l/r. Die Kippe l/r (links/rechts) entspricht dem Trainingsgerät unter Punkt 2.3.3 Kippe v/h. Der einzige Unterschied bezüglich dieser Apparatur war die Bewegungsausführung, welche in diesem Fall in einer medio-lateralen (links / rechts) und nicht in anterior-posterior (vorwärts / rückwärts) Richtung stattfand. Wie die Kippe v/h stand auch die Kippe l/r auf der verwendeten Kraftmessplatte, welche die Schwingungen des COP auf der Querachse aufzeichnete. Diese Aufzeichnungen der Resultate wurden, wie bei den anderen Trainingsgeräten, in ein visuelles Feedback (Knowledge of Result) umgewandelt, in einer Kurve dokumentiert und auf dem bereitgestellten Bildschirm abgebildet.

2.3.5 Federn und Federstärken. Um die angesprochenen gruppenspezifischen Trainings zu gewährleisten, wurde die Wippe an den vier Ecken (Schraubösen) mit Federn verstärkt. So konnte der Schwierigkeitsgrad der Aufgabe gesenkt oder erhöht werden. Die Art der verwendeten Federn und die entsprechenden Zugstärken sind aus Tabelle 6 zu entnehmen.

Die Errorless-Gruppe absolvierte ihre Trainingseinheiten mit abnehmenden Federstärken (1. Training 2.418 N/mm – 4. Training 0.992 N/mm), wobei sowohl der Pre- als auch der Post-Test mit einer Federstärke von 0.918 N/mm durchgeführt wurden.

Die Errorful-Gruppe trainierte mit zunehmenden Federstärken (1. Training 0 N/mm (keine Federn) – 4. Training 0.472 N/mm)). Sie absolvierten den Pre- und Post-Test mit den gleichen Federn wie die implizite Gruppe (0.981N/mm). Die Trainings der Randomgruppe wurden so gestaltet, dass die Federstärken stark variierten. So trainierten sie zum Beispiel während der ersten Trainingseinheit mit einer Federstärke von 2.418 N/mm, wonach sie im zweiten Training auf 0.124 N/mm gesenkt wurde. Diesbezüglich ist anzufügen, dass die Versuchspersonen der Randomgruppe niemals die gleiche Zuordnung / Reihenfolge der Federstärken zugesprochen bekam, was eine randomisierte Trainingseinheit generierte.

Tabelle 6

Federstärken der impliziten und expliziten Gruppen

Federn	1	1.25	1.4	1.8	2	
Zugkraft in N/mm	0.074	0.124	0.472	0.918	2.418	
	Pre-Test	Training 1	Training 2	Training 3	Training 4	Post-Test
Federn Errorful	1.8 0.918 N/mm	keine	1.0 0.074 N/mm	1.25 0.124 N/mm	1.4 0.472 N/mm	1.8 0.918 N/mm
	Pre-Test	Training 1	Training 2	Training 3	Training 4	Post-Test
Federn Errorless	1.8 0.918 N/mm	2.0 2.418 N/mm	1.8 + 1.4 1.39 N/mm	1.8 + 1.25 1.042 N/mm	1.8 + 1.0 0.992 N/mm	1.8 0.918 N/mm

2.3.6 Technisches Material. Die verwendete Kraftmessplatte des Modells OR6-7 Force Platform; Advanced Mechanical Technology Inc, Watertown, MA (508 × 464 mm), ist verbunden mit einem Umwandler, welcher die erhaltenen Daten von analog nach digital transkribierte. Die Kraftmessplatte war von einer Holzkonstruktion umgeben, welche die Umgebungsfläche der Plattform stark vergrößerte und somit das Verletzungsrisiko deutlich senkte. Des Weiteren wurde ein Screen (Sony) verwendet, auf welchem die erhaltenen Resultate in Form eines visuellen Feedbacks bereitgestellt wurden.

Während der Durchführung der Tests und Trainings wurden die 10 Sekunden dauernden, gemessenen Intervalle durch einen «Trigger» ausgelöst, welcher mit dem Computer/Rechner/Kraftmessplatte/Wippe verbunden war. Die Daten wurden mit dem Programm Imago-Records aufgenommen, im Programm MatLab umgewandelt und archiviert. Zudem wurde den

Probanden wie schon angesprochen ein Stuhl bereitgestellt, an welchem sie sich vor Beginn des Messstarts, «Triggers», festhalten konnten, um einen optimalen Start in die Trainings- und Testintervalle zu generieren.

2.3.7 Methoden.

Dual-Task. Nach Goh et al. (2012) ist der Dual-Task die gleichzeitige Durchführung zweier Aufgaben. Dabei ist die erste Aufgabe eine geschlossene Fertigkeit, während die zweite Aufgabe meistens darauf abzielt, auf ein vorgegebenes Signal zu reagieren.

Im Falle dieser Studie war die geschlossene Fertigkeit das Balancieren auf der Wippe und die zweite Aufgabe der unter Punkt 2.3.7.2 beschriebene 2-back-Task. Die Aufgabe des Dual-Tasks war es, den Aufmerksamkeitsfokus auf die Bewegungsdurchführung zu beeinträchtigen und das Arbeitsgedächtnis zu «überlasten» (Lopes 2011), um somit die Theorie der Resistenzfähigkeit von impliziten Lernprozessen unter Zuzug eines kognitiven Dual-Tasks zu prüfen.

N-back Task / 2-backTask. Um die Hypothese zu testen, ob explizit erlernte Gleichgewichtsaufgaben im Vergleich zu implizit trainierten Bewegungen unter Zuzug eines Dualtasks einen Leistungsabfall erleiden, wurde in dieser Studie ein N-back-Task verwendet. Dabei werden dem Probanden eine Reihe von Reizen präsentiert. Die Aufgabe besteht darin, anzuzeigen, wann der aktuelle Reiz mit dem Reiz, welcher vor n-Schritten in der Reihe vorkam, übereinstimmt.

In der vorliegenden Studie widerspiegelten sich die Reize in einer Reihe von 15 Zahlen, wobei $n=2$ war. Somit mussten die Probanden bei einer Zahlenreihe von z.B. «4-6-9-2-9-3», die Zahl 9 laut aussprechen, da sie sich in der Zahlenreihe in einem Abstand von zwei Zahlen wiederholt hat. Die Resultate wurden auf einem Kontrollblatt (Abbildung 11) angekreuzt, die Fehler vermerkt und pro Serie zusammengezählt.

	<div>3 1</div>	<div>2 2</div>	<div>3 3</div>	<div>1 4</div>	<div>2 5</div>	<div></div>	<div>1 T1</div>	<div>2 T2</div>
1	7	4	9	3	8		4	5
2	8	3	6	7	3		5	2
3	2	8	4	2	7		7	9
4	3	4	6 ✓	3	2		3	8
5	2 ✓	1	3	6	3		3	9 ✓
6	7	1	4	8	2 ✗		5	7
7	3	1 ✓	9	2	8		6	3
8	5	7	2	8 ✓	6		7	8
9	3 ✓	9	5	1	7		5	4
10	4	5	2 ✗	3	1		2	3
11	9	3	8	5	7 ✗		8	5
12	3	5 ✗	4	4	8		2 ✗	2
13	9 ✓	9	8 ✗	9	2		9	5 ✓
14	7	9	9	6	9		3	6
15	5	7	4 ✗	7	8		5	2 ✗
Fehler	0	1	3	0	2		1	1

Abbildung 11. Kontrollblatt des 2-back-Task. Die dunkel eingefärbten Ziffern entsprechen den sich wiederholenden Zahlen. Korrekt angesagte Wiederholungen wurden mit einem Häkchen versehen, wobei falsche Angaben durch ein Kreuz gekennzeichnet wurden. In der untersten Zeile wurde die totale Fehleranzahl pro Serie vermerkt.

2.4 Resultate und Feedback.

Die durchgeführten Messungen wurden mit Hilfe der Programme MATLAB und Imago-Records aufgezeichnet und die Resultate automatisch in probandenspezifische Excel-Dateien umgewandelt. Der von Dr. Michael Wälchli geschriebene Code in MATLAB erlaubte es, beim Drücken des «Triggers» die darauffolgenden 10 Sekunden und die damit verbundenen Resultate aufzuzeichnen. Die angesprochenen Resultate wurden bei den verschiedenen Test- und Trainingsgeräten auf verschiedene Weisen berechnet und visualisiert. Sie werden im weiteren Verlauf dieses Kapitels erläutert.

2.4.1 Resultate / Feedback Wippe. Die Resultate der Wippe wurden durch einen Elektro-Goniometer (MP20, Megatron Elektronik, Putzbrunn, Germany) aufgezeichnet, welcher die Rotation der Achse anhand des Voltsignals des Goniometers berechnete. Die maximale Abweichung des Winkels wurde dabei auf 20° festgelegt, was dem Bodenkontakt der Wippe (Standfläche) in der Vor- und der Rückwärtsbewegung entsprach. Das Feedback wurde auf dem bereitgestellten Bildschirm visuell dargestellt, wobei den Probanden die in Abbildung 11 abgebildete Kurve aufgezeigt wurde.

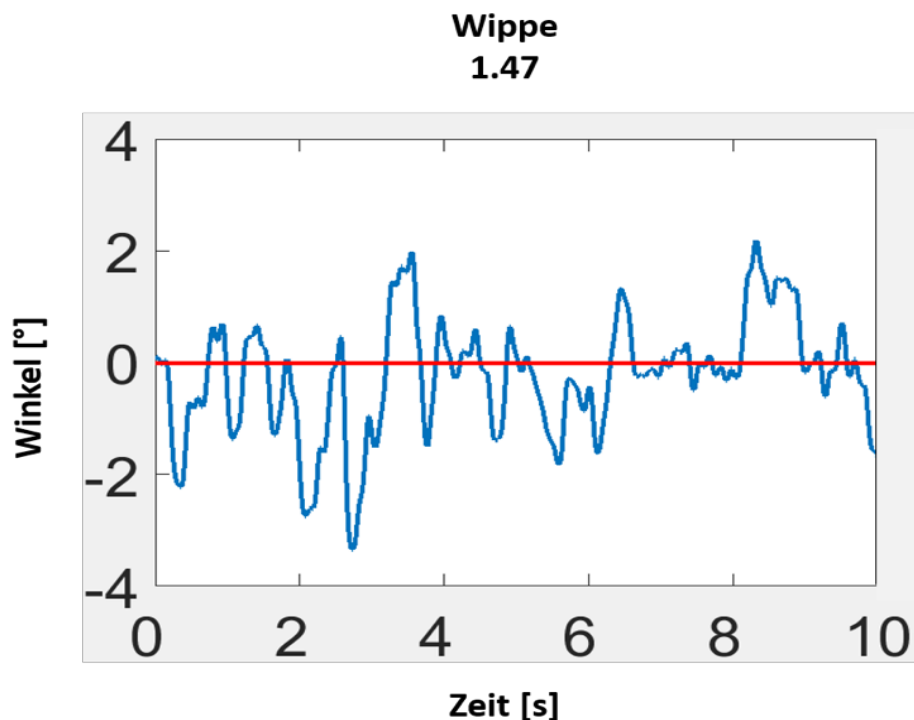


Abbildung 12. Feedback Wippe. Auf der Horizontalachse (x-Achse) wird die Zeit angezeigt (0-10 Sekunden), wobei auf der y-Achse die Abweichung zum Winkel Null (0° = Rote Linie = Wippe in horizontaler Position) abgebildet ist. Die Zahl 1.47 beschreibt die durchschnittliche Abweichung zum Winkel 0° (Abweichung pro 10 Sekunden).

2.4.2 Resultate / Feedback Kreisel. Die Resultate des Kreisels wurden durch die auf der Kraftmessplatte aufgezeichneten Schwingungen des COP gemessen. Dabei generierten die x- und die y-Achse ein Stabilogramm (nach Wälchli, Ruffieux, Mouthon, Keller & Taube 2018). Dieses bestand aus der Schwingung des COP (in cm) auf der Sagitalachse (y-Achse) und der Querachse (x-Achse). Die Schwingungen des COP wurden durch die Summe der durchlaufenen Distanz (in cm) berechnet (COP-Schwingung in cm / 10 Sekunden). Das daraus entstandene Feedback ist aus Abbildung 13 zu entnehmen.

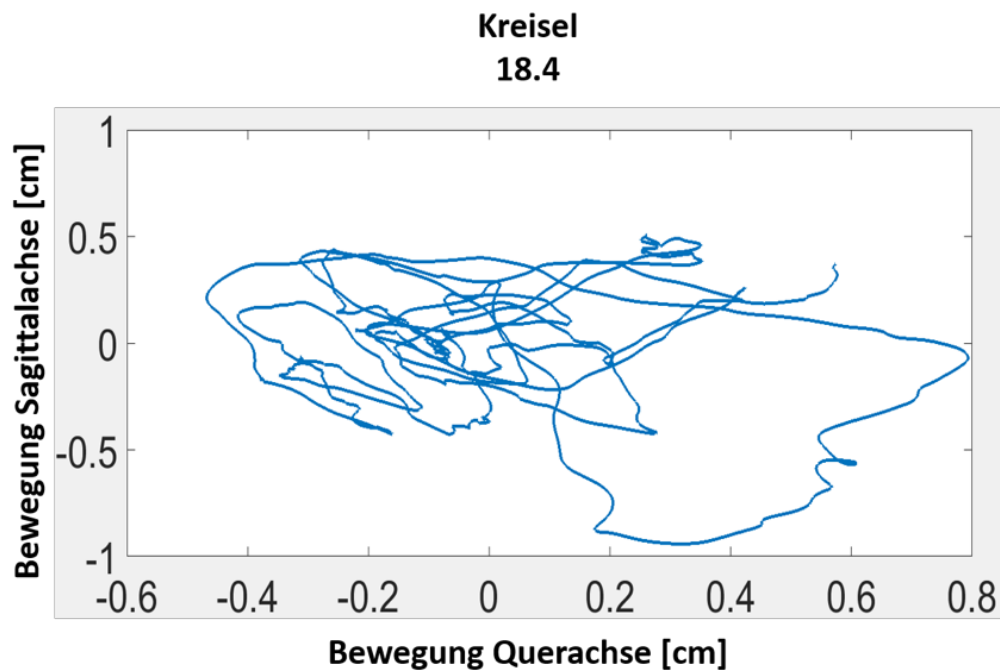


Abbildung 13. Feedback des Kreisels. Die blaue Linie entspricht den Schwingungen des COP (in cm) auf der Sagital- und Querachse während der 10 Sekunden dauernden Messzeit. Die Zahl 18.4 entspricht dabei der absolvierten Distanz des COP in Zentimetern.

2.4.3 Resultate / Feedback Kippen v/h und l/r. Die Resultate der Kippen v/h (anterior / posterior) und l/r (medio-lateral) wurden wie beim Kreisel durch die Schwingung des COP (Distanz in cm pro 10s) aufgezeichnet. Bei der Kippe v/h wurde die Schwingungen auf der Sagitalachse gemessen, wobei bei der Kippe l/r die Schwingungen auf der Querachse gemessen wurden. Das Feedback für diese zwei Testgeräte ist aus Abbildung 14 zu entnehmen.

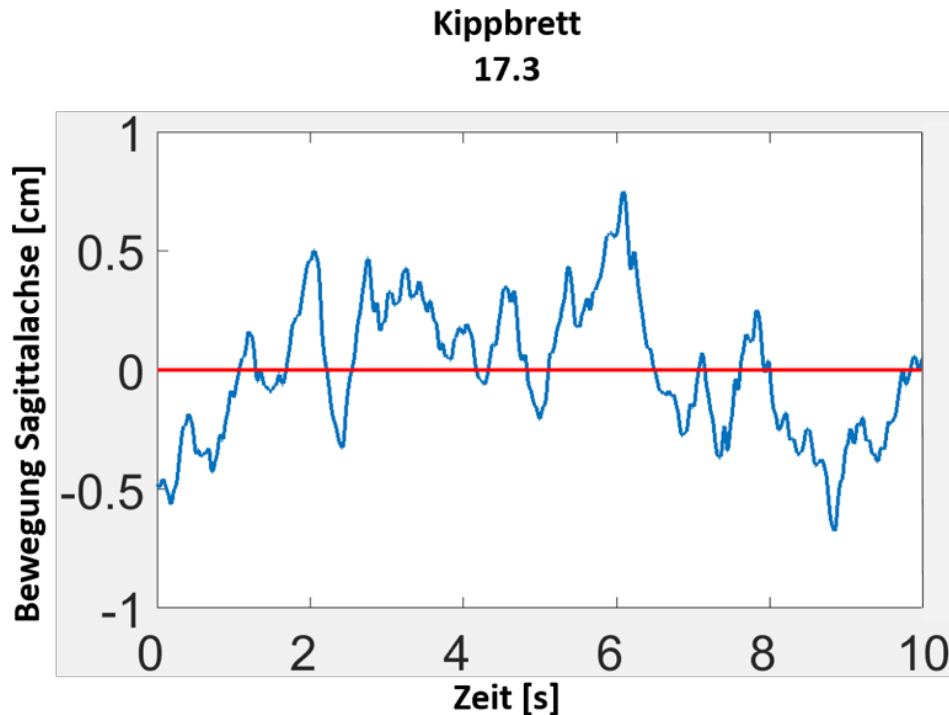


Abbildung 14. Feedback Kippe v/h (anterior-posterior). Die blaue Kurve entspricht den Schwingungen des COP auf der Sagittalachse. Die Zahl 17.3 beschreibt die durchlaufene Distanz des COP während der Messzeit von 10 Sekunden.

2.5 Statistische Analyse

Für die Datenanalyse wurden in den Excel-Dateien jedes Probanden die zwei Extremwerte (höchster und tiefster Wert) gelöscht, um einen optimalen Durchschnittswert zu erhalten. Da die Fehlversuche zu den Extremwerten zählten, wurden bei einigen Probanden die Resultate nach eigenem Ermessen bearbeitet, um die Resultate so genau wie möglich zu halten. Da die Resultate des Pre-Tests der verschiedenen Gruppen nicht normalverteilt waren (Shapiro-Wilk-Test), wurden diese Daten mittels Logarithmus transformiert (Log-Transformation). Zudem wurden die Unterschiede der Resultate von Pre- zu Post-Test für jede Gruppe und jede Aufgabe durch einen t-Test errechnet.

In einem weiteren Schritt wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen aller Gruppen errechnet, um in einem weiteren Schritt eine Varianzanalyse durchzuführen. Durch diese Analysen (Mixed design ANOVA with repeated measures) wurde getestet, ob die Varianz zwischen den Gruppen grösser ist als die Varianz innerhalb der Gruppen. So konnte aufgezeigt werden, ob die Trainingsintervention erfolgreich war.

Die durchgeführte 2x3 ANOVA war eine zweifaktorielle (Messzeitpunkt, Gruppe) Varianzanalyse mit Messwiederholungen auf einem Faktor (Messzeit). Alle diese Daten wurden Bonferroni korrigiert, um die Alphafehler-Kumulierung zu neutralisieren. Zudem wurde eine zweite,

mehrfaktorielle ANOVA durchgeführt, um den Einfluss des Dual-Tasks auf die Leistung im Post-Test zu berechnen. Dies war erneut eine 2x3 ANOVA (Messzeitpunkt, Gruppe), mit Messwiederholungen auf einem Faktor (Dual-Task). Dank dieser ANOVA konnte berechnet werden, inwiefern der Dual-Task die Leistung der drei Versuchsgruppen beeinflusste.

Um die Signifikanz der erhaltenen Resultate zu prüfen, wurden in einem weiteren Schritt post-hoc-Tests (mit Bonferroni-Korrektur) für die erhaltenen Mittelwerte der verschiedenen Gruppen und Trainingsgeräte durchgeführt.

3. Resultate

3.1 Resultate Wippe

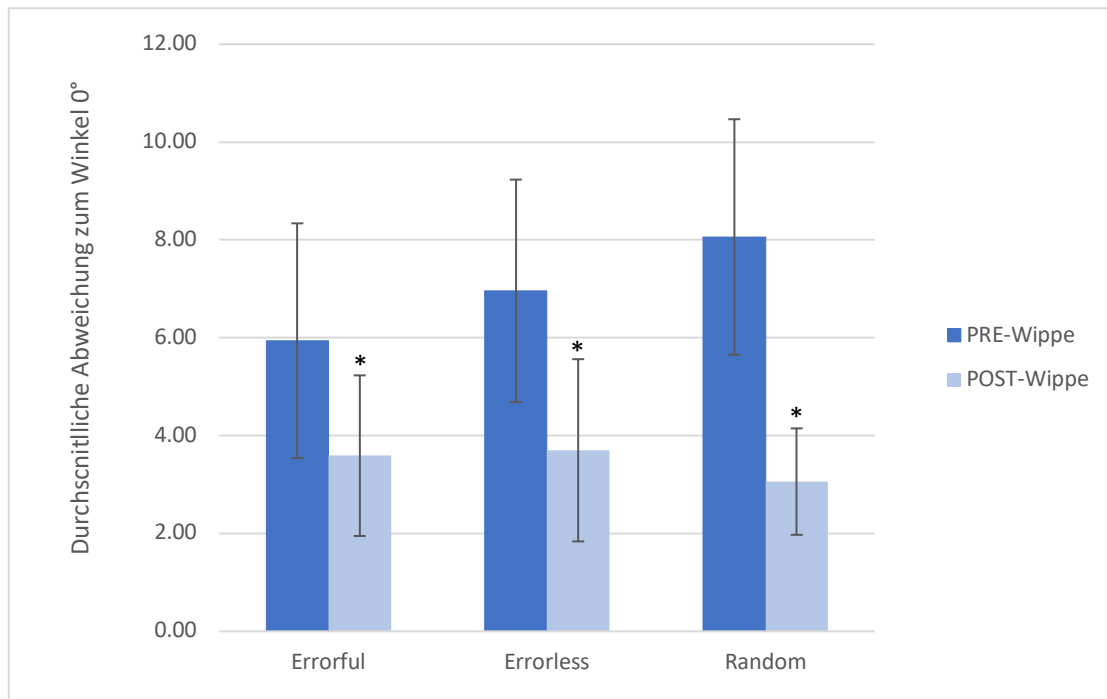


Abbildung 15. Unterschiede Pre-Wippe und Post-Wippe. Alle Gruppen erzielten einen signifikanten Leistungszuwachs vom Pre- zum Post-Test (* = $p < 0.05$).

Wie aus Abbildung 15 zu entnehmen ist, konnten alle Gruppen (EF, EL & Rand) ihre Leistung signifikant steigern ($F(1.25; 28) = 79.339$; $p < 0.001$). Diese Leistungssteigerung, egal in welcher Gruppe, ist als Lerneffekt zu sehen und entspricht den aufgestellten Hypothesen dieser Arbeit. Die EL-Gruppe verbessert sich um 3.26° , was sich in einer Signifikanz von $p = 0.001$ widerspiegelt und einem Zuwachs von 88.1 % entspricht. Die EF-Gruppe verbesserte sich um 2.4° (65.46% Leistungssteigerung) ($p = 0.002$) und die Rand-Gruppe um 5.0° . Dies entspricht einer Signifikanz von $p = 0.01$ und einer Leistungssteigerung von 163.4%. Es konnten jedoch keine signifikanten Resultate bezüglich der Interaktion ($F(1.25; 28) = 2.599$; $p = 0.094$) und Gruppe ($F(1.25; 28) = 0.241$; $p = 0.788$) gefunden werden.

3.2 Resultate Wippe / Wippe DT

Durch die Vergleiche der Resultate Post-Wippe mit den Resultaten Post-Wippe DT wurde der Einfluss des kognitiven Dual-Tasks auf die Leistung auf der Wippe gemessen. Die statistische Analyse ergab eine signifikante Veränderung der Resultate bezüglich des Zeitpunktes (Post-Wippe – Post-Wippe DT) der Durchführung ($F(1.25; 28) = 11.427$; $p = 0.002$). Entgegen der

Erwartungen aus der Literatur nahm die Leistung der EL-Gruppe unter Zuzug des Dual-Tasks signifikant ab (Winkel = 1.04° , $p = 0.002$). Diese Abweichung von 1.04° widerspiegelt sich in einem Leistungseinbruch von 28.1%. Die Leistung der EF-Gruppe nahm minim ab (Winkel = 0.09° , $p = 1.000$), was sich in einer Veränderung von 2.5% widerspiegelt aber statistisch gesehen nicht signifikant war. Die Leistung der Rand-Gruppe nahm durch die kognitive Zweit-aufgabe ebenfalls ab (p-Wert von $p = 0.246$, durchschnittliche Abweichung zum Winkel 0° von 0.85° , Leistungseinbruch von 27.8%).

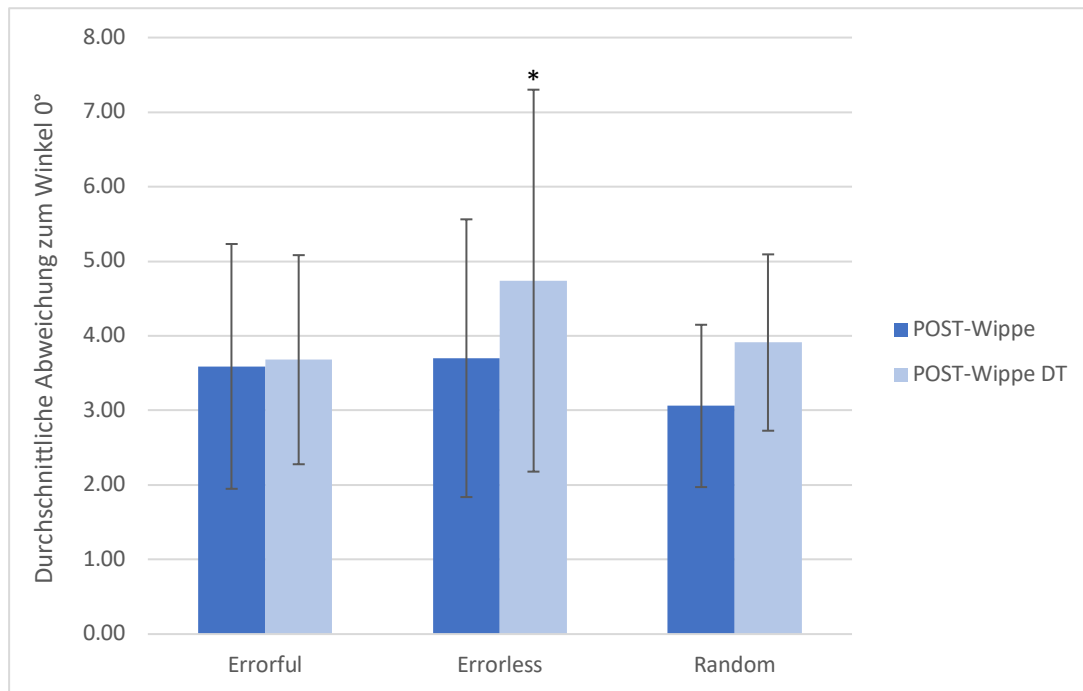


Abbildung 16. Vergleich Post-Wippe mit Post-Wippe DT. Die Leistung aller Gruppen nahm unter Zuzug des kognitiven Dual-Task ab. Die EL-Gruppe hatte einen signifikanten Leistungseinbruch ($F(1.25;28) = 11.427$; $p = 0.002$) im Vergleich mit der EF- und der Rand-Gruppe zu verzeichnen.

3.3 Resultate Kreisel

Wie aus Abbildung 17 zu entnehmen ist, steigerten die drei Gruppen (EF,EL,Rand) ihre Leistung vom Pre- zum Post-Test signifikant ($F(1.25;28) = 6.856$; $p = 0.015$). Somit konnte eine deutliche Steigerung der Leistung bezüglich des Zeitpunktes der Messung (Pre- und Post-Test) gefunden werden. Die post-hoc Tests mit Bonferronikorrektur ergaben folgende Resultate: Die EF-Gruppe verbesserte sich um 3.99 cm (Schwingung des COP auf der Sagital- und Querachse), was sich in einer Verbesserung von 8.7% ($p = 0.156$) widerspiegelt. Die EL-Gruppe konnte eine Leistungssteigerung von 3.08cm (6.4% Verbesserung, $p = 0.971$) verzeichnen, die Rand-Gruppe eine solche von 3.79 cm (7.7% Verbesserung, $p = 0.516$). Es konnten

jedoch keine signifikanten Unterschiede bezüglich Interaktion ($F(1.25;28) = 0.204$; $p = 0.817$) und Gruppe ($F(1.25;28) = 0.096$; $p = 0.909$) gefunden werden.

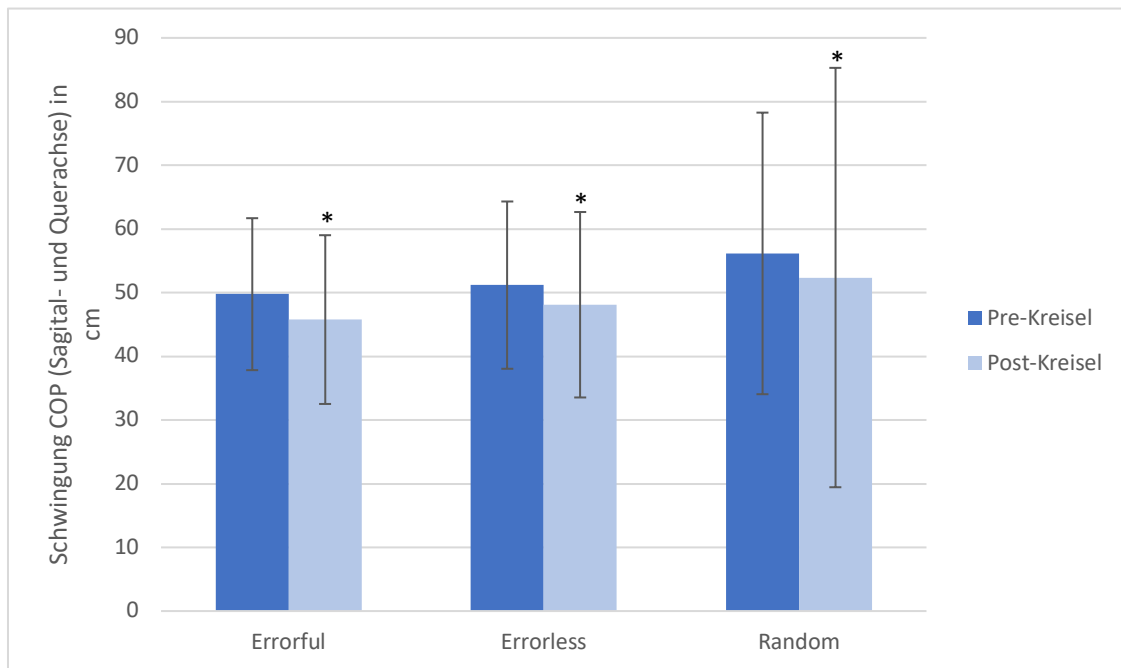


Abbildung 17. Unterschiede Pre-Kreisel zu Post-Kreisel. Die Gruppen EF, EL und Rand. verbesserten ihre Leistungen signifikant vom Pre-Test zum Post-Test ($F(1.25;28) = 6.856$; $p = 0.015$). Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Interaktion und der Gruppe gefunden werden.

3.4 Resultate Kippe v/h

Wie aus Abbildung 18 zu entnehmen ist, konnten die EF-Gruppe und die Rand-Gruppe ihre Leistung vom Pre- zum Post-Test steigern (EF = -7.2 cm (18,2% Anstieg), Rand = 23.46 cm (75.6% Anstieg). Die Rand-Gruppe verbesserte sich fast signifikant ($p = 0.053$), was in diesem Fall einem Trend entsprechen könnte, welcher in der Diskussion nochmals aufgegriffen wird. Durch die signifikante Interaktion ($F(1.25;28) = 6.926$; $p = 0.004$) von Zeit und Gruppe konnte bewiesen werden, dass sich die EL- und die Rand-Gruppe im Vergleich mit der EF-Gruppe klar verbesserten. Auch bei Messwiederholungen auf den Zeitpunkt zeigte sich eine deutliche Steigerung der EL-Gruppe und der Rand-Gruppe im Vergleich mit der EF-Gruppe ($F(1.25;28) = 10.613$; $p = 0.003$).

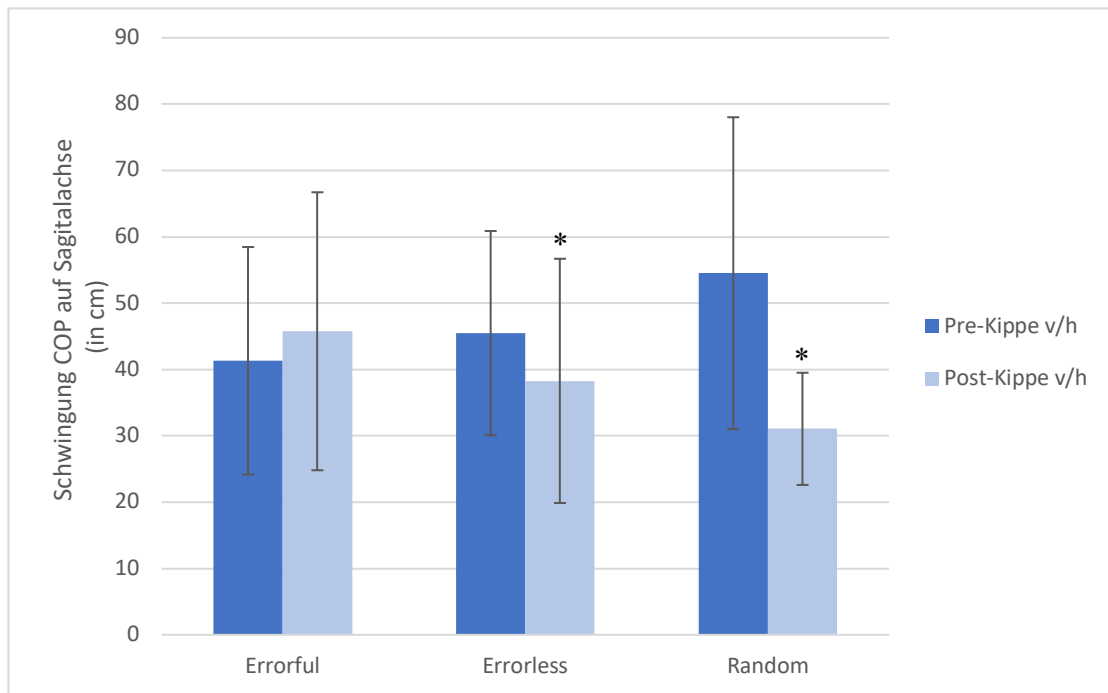


Abbildung 18. Unterschiede zwischen Pre-Test und Post-Test des Testgerätes Kippe v/h. Signifikante Interaktion zwischen den Gruppen bezüglich Messzeitpunkt und Gruppe ($F(1.25;28) = 6.926$; $p = 0.004$). Die EL- und die Rand-Gruppe verbesserten sich zudem deutlich von der Pre- zur Post-Messung ($F(1.25;28) = 10.613$; $p = 0.003$).

3.5 Resultate Kippe l/r

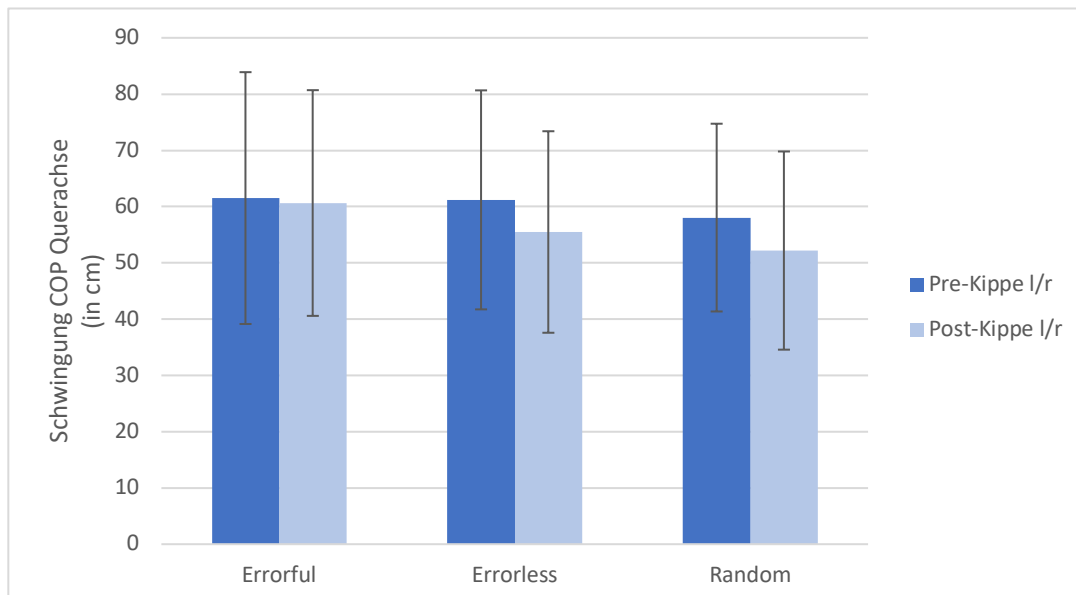


Abbildung 19. Vergleich von Pre-Kippe l/r und Post-Kippe l/r. Trotz der Leistungszunahme konnten keine auffallenden Resultate bezüglich Messzeitpunkt ($F(1.25;28) = 2.623$; $p = 0.118$) Gruppe ($F(1.25;28) = 0.121$; $p = 0.887$ und Interaktion gefunden werden ($F(1.25;28) = 0.614$; $p = 0.549$).

Aus Abbildung 19 sind die Resultate des Testgerätes Kippe l/r (medio-lateral) zu entnehmen. Wie man erkennen kann, nahm die Leistung aller drei Gruppen vom Pre- zum Post-Test zu. Es konnten jedoch keine signifikanten Resultate für Interaktion ($F(1,25;28) = 0.614$; $p = 0.549$), Zeitpunkt ($F(1,25;28) = 2.623$; $p = 0.118$) und Gruppe ($F(1,25;28) = 0.121$; $p = 0.887$) gefunden werden. Die Leistung der EF-Gruppe nahm durchschnittlich um 0.88cm zu (1.5% Verbesserung), diejenige der EL-Gruppe um 5.71 cm (10.3% Verbesserung) und bei der Rand-Gruppe um 5.86 cm (11.3% Verbesserung).

3.6 Trainingsverlauf

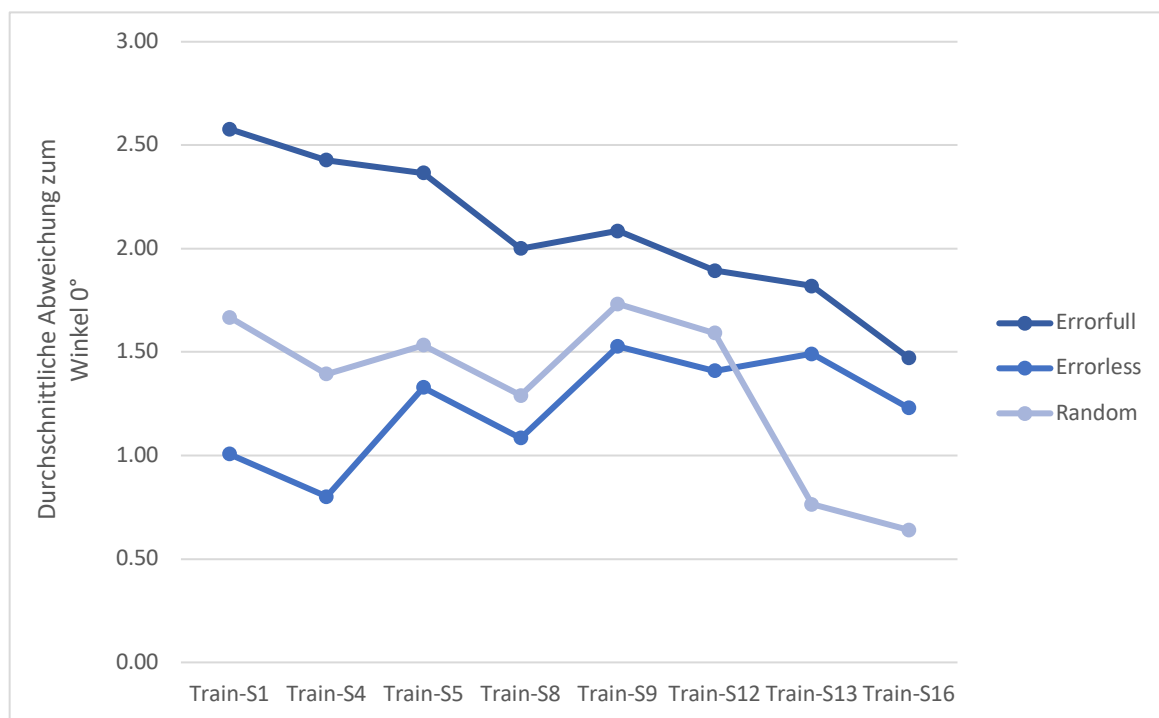


Abbildung 20. Typischer Trainingsverlauf der drei Versuchsgruppen (EL, EF & Rand). Die Leistung der EF-Gruppe nahm kontinuierlich zu, was auf die Trainingsform zurückzuführen ist, wobei die Leistung der EL-Gruppe durch diesen Faktor abnahm.

Aus Abbildung 20 ist der typische Trainingsverlauf der drei Versuchsgruppen zu entnehmen. Beim Vergleich der Trainingsserien (Train-S1-Train-S16) wurden signifikante Resultate bezüglich der Interaktion von Zeit (Pre- zu Post-Test) und Gruppe (EF,EL,Rand), ($F(1,25;28) = 15.983$; $p < 0.001$) gefunden. Wie zu erwarten war, steigerte die EF-Gruppe ihre Leistung klar, was auf die Trainingsmethode zurückzuführen ist. Die EL-Gruppe verzeichnete eine schlechtere Leistung von der ersten zur letzten Serie (Train-S1 – Train-S16). Dies lässt sich durch die gruppenspezifischen Trainings erklären, da die Schwierigkeit bei der EL-Gruppe kontinuierlich

gesteigert wurde und die durchschnittlichen Abweichungen zum Winkel 0° somit zunahmen. Die Post-hoc-Analysen der Trainings (Train-S1 – Train-S16) ergaben zudem deutliche Unterschiede ($p < 0.001$) für den Vergleich zwischen der EF und der EL-Gruppe und zwischen der EF- und der Rand-Gruppe ($p < 0.001$).

3.7 Resultate N-back-Task

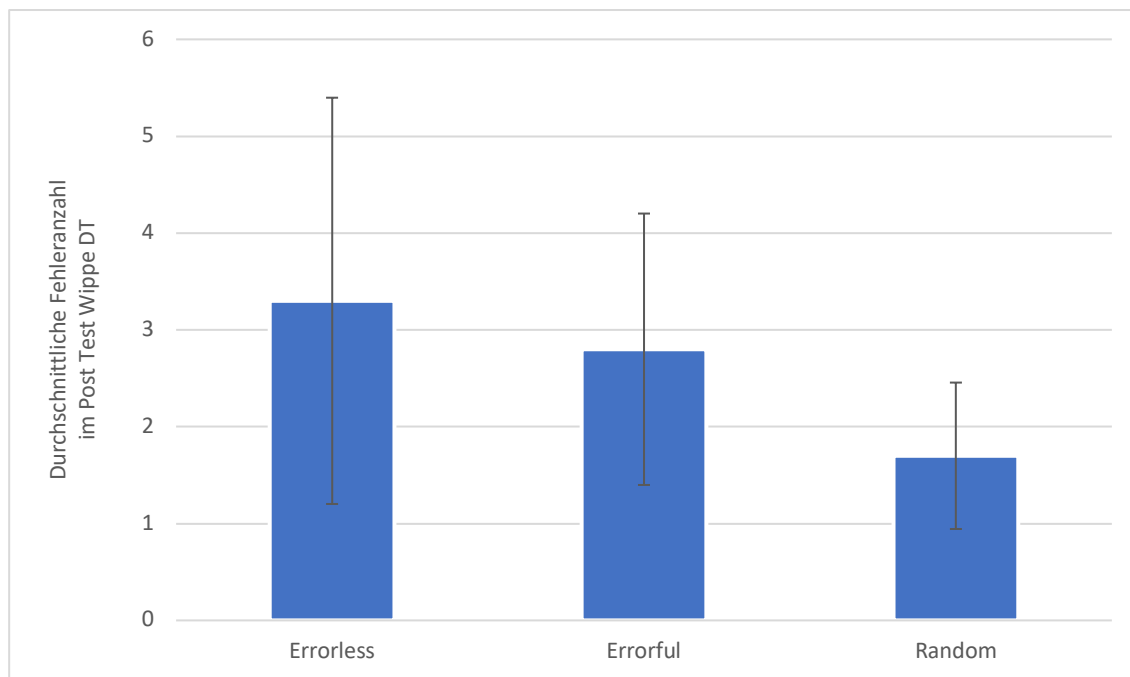


Abbildung 21. Resultate n-back-Task. Aus dem Diagramm sind die durchschnittlichen Fehlerraten bei der Durchführung des Post-Test Wippe unter Zuzug des 2-back-Task abgebildet. Die durchschnittliche Fehlerquote der EL-Gruppe lag bei 3.3 Fehlern pro Proband, diejenige der EF-Gruppe bei 2.8 Fehlern und die Resultate der Rand-Gruppe zeigten 1.7 Fehler pro Testperson auf.

In Abbildung 21 sind die durchschnittlichen Fehlerquoten bei der Durchführung des 2-back-Tasks abgebildet. Wie man erkennen kann, lag die Fehlerquote der EL-Gruppe bei 3.3 Fehlern während der Durchführung der fünf Testserien. Dies widerspiegelt sich in 95.6% richtigen Antworten. Deutlich bessere Resultate konnte die Rand-Gruppe verzeichnen, bei welcher die durchschnittliche Fehleranzahl bei 1.7 Fehlern pro 5 Testserien angesiedelt war (97.6% richtige Antworten). Die EF-Gruppe verzeichnete bei gleichem Testverfahren 2.8 Fehler pro Proband (96.3% richtige Antworten).

4. Diskussion

4.1 Errorless und Errorful Learning bei einer Gleichgewichtsaufgabe

Wie schon in vorhergehenden Studien aufgezeigt werden konnte, bringen implizite und explizite Trainingsformen positive Lerneffekte mit sich (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005, Capio et al., 2013). Dies war auch im Falle der vorliegenden Arbeit der Fall.

Aus den durch die statistische Analyse gewonnenen Daten kann man entnehmen, dass sich alle drei Gruppen (EL,EF,Rand) im Verlauf der Trainingsintervention und somit vom Pre- zum Post-Test signifikant steigern konnten. Diese Resultate stützen die Theorie von Orrell et al. (2004a) und Orrell et al. (2004b), welche besagt, dass implizites und explizites Lernen auf Gleichgewichtstasks übertragbar ist. Somit untermauert diese Arbeit auch die These des errorless und errorful Learnings bei Gleichgewichtsaufgaben.

Zudem konnte sich auch die Rand-Gruppe in ihrer Leistung steigern was beweist, dass sich Gleichgewichtstasks durch implizite, explizite aber auch randomisierte Trainingsmethoden trainieren und verbessern lassen.

4.2 Einfluss Dual-Task

Um die Hypothese zu testen, ob implizite Lernmethoden unter Zuzug eines kognitiven Dualtasks stabiler sind als explizite Lernprozesse (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005, Capio et al., 2013), wurde in der vorliegenden Studie ein 2-back-Task verwendet.

Wie bei Untersuchungen von Maxwell et al. (2001) Poolton et al. (2005) und Capio et al. (2013) bewiesen werden konnte, sind implizite Lernprozesse gegenüber expliziten Lernprozessen unter Zuzug eines kognitiven Dualtasks stabiler und bringen keinen Leistungseinbruch mit sich. Diese Theorie wurde von Orrell et al. (2004a) auf Gleichgewichtsaufgaben erweitert und in zwei Studien getestet. Entgegen der Erwartungen aus der Theorie wurden bei gesunden Probanden aber keine signifikanten Resultate erzielt. Erst als die Studie auf Schlaganfallpatienten ausgeweitet wurde, konnte die Theorie, welche schon von Maxwell et al. (2001) untersucht wurde, bestätigt und gemessen werden.

Diese Erkenntnisse und die positiven Resultate bezüglich der Resistenz gegenüber Leistungseinbrüchen unter Zuzug eines Dual-Tasks waren einer der Hauptgründe für die Durchführung der vorliegenden Studie und stellte zudem die Hauptfragestellung dieser Arbeit dar.

Den Resultaten in Abbildung 16 ist zu entnehmen, dass die Leistung aller Gruppen (EF,EL,Rand) unter Zuzug einer kognitiven Zweitaufgabe abgenommen hat. Was jedoch besonders heraussticht, sind die Vergleiche der Resultate der EL-Gruppe mit den Resultaten der EF- und der Rand-Gruppe. Dieser Vergleich zeigt auf, dass die Leistung der EL-Gruppe im

Post-Test Wippe gegenüber den Resultaten im Post-Test Wippe DT deutlich abgenommen hat, was sich in einem signifikanten p -Wert von $p = 0.002$ widerspiegelt.

In der Studie von Orrell et al. (2004a) mit gesunden Probanden konnte aufgezeigt werden, dass sowohl die Gruppen, welche einem impliziten Trainingsverlauf folgten als auch jene Gruppen, welche explizit trainierten, unter Zuzug eines kognitiven Dualtasks bessere Resultate erzielten als ohne kognitive Zweitaufgabe. Dieser Leistungszuwachs wurde damit begründet, dass alle Lernformen eher impliziten Charakters waren und somit unter Zuzug eines Dual-Tasks stabiler gegenüber Leistungseinbrüchen sind.

Diese Befunde von Orrell et al. (2004a) lassen sich jedoch nicht auf die vorliegende Studie übertragen, da die Leistung aller drei Interventionsgruppen unter Zuzug des kognitiven Dual-Tasks abgenommen hat.

Eine plausible Erklärungsvariante ist, dass der Schwierigkeitsgrad der Gleichgewichtsaufgabe in der Studie von Orrell et al. (2004a) zu niedrig war und somit keine Aufmerksamkeit benötigte. Durch diese fehlende Aufmerksamkeit auf die Bewegungsdurchführung spielte es somit keine Rolle ob man implizit oder explizit gelernt hatte, da der Aufmerksamkeitsfokus auf die durchzuführende Bewegung so klein war, dass die kognitive Zweitaufgabe den Gleichgewichtstasks nicht beeinflussen konnte.

Diese vorliegenden Leistungseinbrüche aller Versuchsgruppen konnte auch von Germanier (2018) in seiner Studie zu Dual-Task-Learning bei Gleichgewichtsaufgaben unter psychologischem Druck bewiesen werden. In seiner Studie untersuchte er die Theorie von Cottrell (1972), welche besagt, dass die Angst des Versagens zunimmt, wenn man bezüglich seiner Leistung evaluiert wird. Diese These wurde im Laufe der Zeit weiterentwickelt und auf implizite und explizite Lernformen übertragen.

Diese neueren Theorien gehen Hand in Hand mit der Theorie, welche besagt, dass implizit erlernte Bewegungen unter Zuzug eines Dual-Tasks und auch unter Druck stabiler gegenüber Fehlern sind als explizit erlernte Bewegungen (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005 & Capio et al., 2013). Dies ist auf die Aktivierung des Arbeitsgedächtnisses bei expliziten Lernprozessen und dessen Ansteuerung bei der Bewegungsausführung zurückzuführen (Lopes, 2011). Aus den erhaltenen Resultaten der Studie von Germanier (2018) ist zu entnehmen, dass sowohl die Kontrollgruppe als auch die Implizit-Gruppe (Dual-Task-Lernende) unter Druck schlechtere Resultate erzielten als bei den Messungen ohne psychologischen Druck.

Diese Resultate - wie auch die Resultate der vorliegenden Studie – widersprechen den Resultaten von Orrell et al. (2004b) und stellen deren Erkenntnisse in Frage. Weder in der Studie von Germanier (2018) noch in der vorliegenden Arbeit konnte bewiesen werden, dass implizit

erlernte Bewegungen unter Zuzug eines Dual-Tasks oder unter psychologischem Druck stabiler gegenüber Leistungseinbrüchen sind.

Zusammenfassend kann man bezüglich dem Errorless und dem Errorful Learning sagen, dass sich bei den Versuchsreihen für die vorliegende Arbeit alle drei Trainingsformen (implizit-errorless, explizit-errorful, randomisiert) positiv auf die Leistung im Post-Test ausgewirkt haben und sich alle drei Trainingsgruppen signifikant verbessern konnten. Entgegen der Erwartungen aus den Studien von Orrell et al. (2004b) konnten sich die Versuchsgruppen unter Einfluss eines kognitiven Dual-Tasks jedoch weder steigern, noch konnten sie ihre Leistung aufrechterhalten. Dies ist ein starkes Indiz dafür, dass die Theorie des Leistungseinbruchs unter Zuzug eines Dualtasks bei explizit erlernten Bewegungen (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005, Capio et al., 2013) nicht auf Gleichgewichtsaufgaben übertragbar ist. Zudem verschlechterte sich die EL-Gruppe im Vergleich mit der Rand- und der EF-Gruppe signifikant, was diese Hypothese nochmals untermauert.

Des Weiteren könnte es sein, dass Gleichgewichtsaufgaben – in diesem Falle die Wippe - wie schon angesprochen per se auf eher implizite Art erlernt werden. Grund dafür ist, dass es keine «guten», expliziten Anweisungen gibt wie man eine Gleichgewichtsaufgabe durchführen kann. Somit lässt sich suggerieren, dass die implizite Lernform die ohnehin implizite Bewegungsdurchführung bei Gleichgewichtsaufgaben eher negativ beeinflusste und somit zu Problemen führte. Die gleichen Erkenntnisse konnten auch von Germanier (2018) gemacht werden. In seiner Studie konnten sich die Dual-Task-Lernenden unter Zuzug des kognitiven Dual-Tasks ebenfalls weder verbessern noch konnten sie ihre Leistung aufrechterhalten was diese Annahme nochmals untermauert.

Bezüglich des kognitiven Dual-Tasks stellt sich die Frage, ob die erhaltenen Resultate der kognitiven Zweitaufgabe in Korrelation mit der Leistung auf der Wippe stehen. Maxwell et al. (2001) konnten in ihrer Studie beweisen, dass die Fehlerquote beim Dual-Task nicht mit der Leistung im eigentlichen Task (in diesem Fall Putts im Golf) korreliert. In seinem Putting-Experiment erreichten alle drei Versuchsgruppen im Dual-Task (kognitive Aufgabe) ähnliche Resultate. Dies ist im Falle der vorliegenden Studie jedoch nicht der Fall.

In dieser Studie konnte gemessen werden, dass die EL-Gruppe im Vergleich mit der EF- und der Rand-Gruppe mehr Fehler beging und ihre Leistung im Balancetask zudem signifikant abgenommen hat. Aus diesen Resultaten kann somit suggeriert werden, dass die Fehlerquote im Dual-Task mit der Leistung im Balancetask korreliert und sich eine höhere Fehlerzahl im Dual-Task in einer schlechteren Leistung widerspiegeln kann.

Um Klarheit bezüglich der aufgeworfenen Fragen schaffen zu können, müsste man die durchgeführten Studien jedoch erweitern. Es sollten, wie bereits angesprochen, Hilfsmittel wie Fragebögen eingesetzt werden, um zu testen, ob es möglich ist, Gleichgewicht auf explizite Art (errorful Learning) zu erlernen. Dies würde sich im Falle der Fragebogenmethode in mehr verbalisierten Bewegungsregeln bezüglich der erlernten Bewegung widerspiegeln. Zudem sollte genauer untersucht werden, ob es einen Zusammenhang zwischen der Fehlerquote beim Dual-Task und den erbrachten Leistungen in Testverlauf gibt. Um all dies zu messen und die Aussagekraft der durchgeführten Studie zu steigern, könnte man die Studienpopulation erhöhen, um eine grössere Stichprobe zu erhalten und somit aussagekräftigere Resultate erhalten.

4.3 Task-Spezifität / «Task-specificity»

Gehen wir nun auf die zweite Fragestellung dieser Masterarbeit ein, welche sich mit der Task-Spezifität bei Gleichgewichtsaufgaben beschäftigt.

Aus den Resultaten von Lubetzky-Vilnai und Kartin (2010), Sayenko et al. (2010) und Yavuzer et al. (2006) geht hervor, dass es bei «kranken» Probanden – Schlaganfallpatienten - durchaus Anpassungen von trainierten auf untrainierte Gleichgewichtstasks geben kann. Zudem wird die Gleichgewichtsfähigkeit in weiteren Theorien (Schnabel et al., 2014) als «General Skill» beschrieben. Diese Theorie besagt, dass Gleichgewicht eine generell trainierbare Fertigkeit ist und somit unspezifisch erlernt werden kann.

Neuere Studien und daraus abgeleitete Theorien sprechen jedoch vermehrt von einer Task-Spezifität, welche besagt, dass man Gleichgewicht spezifisch trainieren muss und es keine, respektive nur sehr kleine Anpassungseffekte zwischen verschiedenen Gleichgewichtstrainings und -arten gibt (Giboin et al., 2015, Kümmel et al., 2016, Kiss et al., 2018).

Diesbezüglich wurden in den Pre- und Post-Tests für diese Arbeit verschiedene Gleichgewichtsaufgaben und deren Korrelation getestet. Aus den Resultaten ging hervor, dass sich beim Testgerät Kreisel (multidirektional) alle drei Versuchsgruppen zusammen vom Pre- zum Post-Test signifikant verbessern konnten ($p = 0.015$). Dies entspricht - trotz der Theorie der Task-Spezifität - den Erwartungen dieser Studie.

Da alle Trainings auf der Wippe (anterior / posterior) durchgeführt und somit das Gleichgewicht in anterior-posterior-Richtung trainiert wurde, sind die Muskelpartien, welche die Bewegung kontrollieren, sehr ähnlich. Dies lässt darauf schliessen, dass die Steigerung der Leistung auf die trainierten Muskeln zurückzuführen ist, welche beim Balancieren auf dem Kreisel angesteuert werden. Durch das Trainingsprogramm trainierten die Probanden ihre muskuläre

Koordination so stark, dass damit ein Zuwachs an Kraft verbunden war, welcher sich in besseren Testleistungen beim Post-Test widerspiegelte. Diesbezüglich suggerieren auch Melzer, Benjuya, Kaplanski und Alexander (2009) und Yaggie und Campbell (2006), dass diese positiven Effekte auf eine Zunahme der Kraft in den Sprung- und Kniegelenken zurückzuführen sind. Diese Gelenke sind bei Balanceübungen in anterior-posterior-Richtung aktiv, was die Hypothese von Melzer et al. (2009) stützt.

Zudem ist anzufügen, dass der Grossteil der Probanden keine Erfahrungen mit Balanceübungen auf dem Kreisel hatte. Diese fehlende Erfahrung und die mehrfache Durchführung (5 Testserien beim Pre-Test, Familiarisationsbewegungen zu Beginn von Pre- und Post-Test) könnte als Familiarisation auf das Testgerät Kreisel gesehen werden und ein Indikator dafür sein, warum im Post-Test alle Versuchsgruppen bessere Resultate erzielen konnten als im Pre-Test.

Ähnliche Resultate konnten beim zweiten Trainingsgerät, der Kippe v/h (anterior / posterior), verzeichnet werden.

Wie aus Abbildung 18 zu entnehmen ist, konnten die Errorless-Gruppe und die Random-Gruppe ihre Leistung vom Pre- zum Post-Test steigern (EL = -7.2 cm, Rand = 23.46 cm). Die Randomgruppe verbesserte sich fast signifikant ($p = 0.053$), was in diesem Fall einem Trend entsprechen könnte. Dieser Trend besagt, dass sich die randomisierte Trainingsintervention positiv auf das Gleichgewicht in anterior-posterior-Richtung ausgewirkt und durchaus leistungssteigernd in den Lernprozess eingegriffen hat. Zudem konnte durch die signifikante Interaktion ($p = 0.004$) von Zeit und Gruppe bewiesen werden, dass sich die Errorless- und die Random-Gruppe im Vergleich mit der Errorful-Gruppe signifikant verbesserten.

Diesbezüglich könnte man suggerieren, dass sich der explizite Lernprozess negativ auf die Task-Spezifität ausgewirkt hat. Dies sollte jedoch nicht der Fall sein, da die Errorful-Gruppe auf dem Testgerät Kreisel beim Post-Test ebenfalls bessere Resultate erzielte als beim Pre-Test. Ein anderer Anhaltspunkt könnte sein, dass die Gruppen nicht normalverteilt waren. Somit ist es möglich, dass die Probanden der Implizit-Errorless- und der Random-Gruppe weniger gute Ausgangswerte hatten und sich durch die Trainingsintervention stärker verbessern konnten. Auch hier kann man die Transfereffekte anhand der Studien von Yaggie und Campbell (2006) und Melzer et al. (2009) erklären, welche die Leistungssteigerung im untrainierten Task als eine Zunahme der Kraft in den Gelenken der unteren Extremitäten und den damit verbundenen Muskeln erklären. Zudem konnte von Kümmel et al. (2016) bewiesen werden, dass es kleine Anpassungen von einem trainierten Task auf einen untrainierten Task mit gleicher Körperposition und gleicher Gleichgewichts-beeinträchtigung gibt, was im Falle der Wippe (anterior /

posterior) und der Kippe v/h (anterior / posterior) durchaus möglich erscheint, da beide Tasks in gleicher Körperposition und Bewegungsrichtung durchgeführt wurden.

In Bezug auf die Task-Spezifität konnten, wie bereits angesprochen, keine klaren Indizien gefunden werden, welche die Theorie der „Task-specificity of balance training“ stützen.

Diese Indizien widerspiegeln sich nebst den Resultaten des Kreisels und der Kippe v/h (anterior / posterior) auch in den Resultaten der Vergleiche von Pre- und Post-Test des Testgerätes Kippe l/r (medio / lateral). Wie aus Abbildung 19 zu entnehmen ist, nahm die Leistung aller drei Gruppen vom Pre- zum Post-Test zu. Es konnten jedoch keine signifikanten Resultate für Interaktion, Zeitpunkt und Gruppe gefunden werden. Die Leistung der EF-Gruppe nahm durchschnittlich um 0.88cm zu, diejenige der EL-Gruppe um 5.71 cm und jene der Rand-Gruppe um 5.86 cm.

Aus diesen Resultaten kann man schließen, dass bezüglich der Balancefähigkeit in medio-lateraler Richtung entgegen der Theorie ein Transfer vom Gleichgewicht anterior/posterior auf das medio-laterale Gleichgewicht stattgefunden hat. Diese Steigerung der Leistung ist ein Indiz dafür, dass Gleichgewicht nicht, wie von Giboin et al. (2015), Kümmel et al. (2016) und Kiss et al. (2018) beschrieben, einer Task-Spezifität unterliegt, sondern wie von Schnabel et al. (2014), Lubetzky-Vilnai und Kartin (2010), Sayenko et al. (2010), Yavuzer et al. (2006) und Yaggie und Campbell (2006) angenommen, eine teilweise generell trainierbare Fertigkeit ist und es durchaus zu Transfereffekten kommen kann.

Die durchgeführte Studie bestätigt also die wissenschaftlichen Befunde der Studien von Yavuzer et al. (2006), Yaggie und Campbell (2006), Sayenko et al. (2010) und Lubetzky-Vilnai und Kartin (2010) und spricht sich gegen eine Task-Spezifität bei Gleichgewichtsaufgaben aus.

Durch die Erkenntnisse aus der Theorie (Giboin et al., 2015, Kümmel et al., 2016 und Kiss et al., 2018), welche besagen, dass die Task-Spezifität existiert, könnte im Falle unserer Studie von einem Trend gesprochen werden. Wie von Kümmel et al. (2016) suggeriert, gibt es durchaus kleine Transfereffekte von trainierten auf untrainierte Gleichgewichtstasks, welche sich in diesem Fall in dem angesprochenen Trend widerspiegeln. Die Resultate dieser Studie sprechen sich klar für Transfereffekte aus, was aus den Resultaten des Vergleichs zwischen Pre-Test Kippe l/r, Post-Test Kippe l/r und Kiesel zu entnehmen ist. Auch die Transfereffekte vom Trainingsgerät Wippe (anterior / posterior) auf das Testgerät Kiesel (multidirektional) sprechen gegen eine vorhandene Task-Spezifität, da diese Theorie besagt, dass man das

Gleichgewichts spezifisch trainieren sollte und es keine, respektive nur kleine Anpassungen zwischen unterschiedlichen oder sich ähnelnden Gleichgewichtstasks gibt.

Abschliessend kann gesagt werden, dass es in der Theorie Indikatoren gibt, welche für eine «Task-specificity» sprechen und die erhaltenen Resultate dieser Studie als kleine Transfereffekte oder Trends bezeichnet werden könnten.

Andererseits gibt es jedoch auch starke Gegenargumente, die sich gegen die angesprochene Theorie aussprechen und welche besagen, dass die Transfereffekte von trainierten auf untrainierte Gleichgewichtstasks auf das Gleichgewicht als global erlernbare Fähigkeit zurückzuführen sind. Diese Transfereffekte / Leistungssteigerungen, welche sich in diesem Falle durch eine Zunahme der Kraft in den Fuss und Kniegelenken erklären lässt, sprechen in beiden Fällen für eine Zunahme der Leistung, gehen jedoch von einer unterschiedlichen theoretischen Grundlage aus.

4.4 Weiterführende Gedanken

Aus den Befunden der für diese Arbeit durchgeführten Studie kamen neue Fragen auf, welche in weiteren Studien behandelt werden sollten.

Bezüglich der Task-Spezifität ist dies ist zum einen die Frage, ob man bei Gleichgewichtstrainings wirklich von einer Task-Specificity sprechen kann und inwiefern diese vorhanden ist. Anders gesagt, müsste untersucht werden, inwiefern Gleichgewichtsfertigkeiten in anterior-posterior-Richtung mit dem medio-lateralen Gleichgewicht transferieren.

Die Resultate der vorliegenden Studie zeigen auf, dass es effektive Transfereffekte vom trainierten auf untrainierte Gleichgewichtsaufgaben gibt, was in der Theorie der Task-Spezifität bis anhin nur spärlich bewiesen werden konnte. Spannend wäre es auch, den Versuchsaufbau umzudrehen und zu untersuchen, ob sich medio-laterale Gleichgewichtstrainings positiv auf das Gleichgewicht anterior-posterior auswirken, da in dieser Studie der umgekehrte Effekt bewiesen werden konnte.

Ist von implizitem und explizitem Lernen die Rede, wurde für die vorliegende Arbeit mit der errorless- und der errorful-Methode gearbeitet. Dies sind ohne Zweifel zwei der bekanntesten Lernmethoden im Bewegungslernen, und sie wurden schon in mehreren Studien umgesetzt (Maxwell et al., 2001, Poolton et al., 2005, Capio et al., 2013). Sinnvoll wäre es jedoch, zusätzlich noch weitere Instrumente hinzuziehen, welche diese beiden Lernmethoden zu unterscheiden vermögen.

In diesem Falle sprechen wir von der Befragungsmethode (Shanks, 2005). Diese Methode verwendet Fragebögen, welche Aufschluss bezüglich der Bewegungsdurchführung und des

Aufzählens expliziter Regeln zum Bewegungsablauf geben können. Es würde dadurch klarer ersichtlich, ob eher implizit oder eher explizit gelernt wurde und ob die Theorie des impliziten und expliziten Lernens auf Gleichgewichtsaufgaben anwendbar ist.

Zusätzlich sollte untersucht werden ob Gleichgewichtstasks per se implizit trainiert werden und ob es in diesem Fall negative Interferenzen zwischen impliziten Trainingsmethoden und dem ohnehin implizit trainierbaren Gleichgewicht gibt.

5. Schlussfolgerung

Aus den erhaltenen Resultaten der durchgeführten Studie kann entnommen werden, dass alle Interventionsgruppen einen Leistungszuwachs auf dem Trainingsgerät Wippe verzeichnen konnten. Diese Verbesserungen sind jedoch als logische Trainingseffekte anzusehen und für die Forschung nicht von grosser Bedeutung.

Was hingegen Fragen aufwirft ist die signifikante Leistungsabnahme der Implizit-Erroless-Gruppe unter Zuzug des kognitiven 2-back-Tasks.

Entgegen der Erwartungen aus der Theorie von Orrell et al. (2004b) nahm die Leistung unter dieser Testkondition bei allen drei Gruppen ab. Diesbezüglich ist anzumerken, dass die Resultate ihrer Studie (Orrell et al., 2004b) erst durch eine Erweiterung der Studie auf Schlaganfallpatienten zu den gewünschten Resultaten führte. Somit lässt sich ihre Theorie in Frage und implizieren, dass die Theorie der Resistenzfähigkeit von impliziten Lernprozessen nicht auf Gleichgewichtsaufgaben übertragbar ist.

Dies konnte auch in der Studie von Germanier (2018) bewiesen werden, aus der zu entnehmen ist, dass sowohl die Kontrollgruppe als auch die Implizit-Gruppe (Dual-Task-Lerners) unter Druck schlechtere Resultate erzielten als bei den Messungen ohne psychologischen Druck. Diese Resultate, wie auch die Resultate der vorliegenden Studie, widersprechen den Resultaten von Orrell et al. (2004b) und stellen deren Erkenntnisse in Frage, da in keiner der beiden Studien bewiesen werden konnte, dass implizit erlernte Bewegungen unter Zuzug eines Dual-Tasks oder unter psychologischem Druck stabiler gegenüber Leistungseinbrüchen sind.

Auch bezüglich der Task-Spezifität von Gleichgewichtsaufgaben konnten keine Korrelationen zwischen den neusten theoretischen Erkenntnissen und den erhaltenen Resultaten der vorliegenden Studie gefunden werden. Diese sprechen sich gegen eine «Task-Specificity» aus, da starke Transfereffekte von trainierten auf untrainierte Gleichgewichtstask vorhanden waren. Dies stützt die Resultate von Yaggie und Campbell (2006), Yavuzer et al. (2006), Sayenko et al. (2010) und Lubetzky-Vilnai und Kartin (2010), welche in ihren Studien ebenfalls

Transfereffekte zwischen verschiedenen Gleichgewichtsarten und Gleichgewichtstasks messen konnten.

Abschliessend lässt sich sagen, dass die vorliegende Arbeit Grund dafür sein könnte, die Forschung im Bereich des impliziten und expliziten Lernens bei Gleichgewichtsaufgaben und der damit verbundenen Task-Spezifität zu forcieren, da die Resultate nicht mit den neusten Erkenntnissen aus der Theorie korrelieren.

Zum einen konnte bewiesen werden, dass die Theorie der Resistenzfähigkeit von impliziten Lernprozessen unter Zuzug eines kognitiven Dual-Tasks nicht auf Gleichgewichtsaufgaben übertragbar ist. Zum anderen wurden viele Evidenzen gesammelt, welche sich gegen eine Task-Spezifität bei Gleichgewichtsaufgaben aussprechen. Genügend Fragen also, welche in weiteren Untersuchungen und Studien untersucht werden könnten oder sollten.

Literaturverzeichnis

- Ata, S., Bund, A. & Wiemeyer, J. (2005). *Zum Kontext-Interferenz-Effekt beim Fertigkeitserwerb im Bodenturnen*. Hamburg: Czwalina
- Baumeister, R. F. (1984). Choking under pressure: self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance. *J Pers Soc Psychol*, 46(3), 610-20.
- Capio, C. M., Poolton, J. M., Sit, C.H., Holmstrom, M. & Masters, R. S. (2013). Reducing errors benefits the field-based learning of a fundamental movement skill in children. *Scand J Med Sci Sports*, 23(2), 181-188.
- Cleeremans, A. & Destrebecqz, A. (1998). Implicit learning: news from the front. *Trends in Cognitive Science*. 10(2), 406-416.
- Cottrell, N. B. (1972). Social facilitation. In C.G. McClintock (Hrsg.), *Experimental Social Psychology*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Deikman, A. J. (1966). Deautomatization and the Mystic Experience. *Psychiatry*, 29, 324–338.
- Eysenck, M. W. (1982). *Attention and Arousal : Cognition and Performance*. Berlin: Springer-Verlag.
- Germanier, A. (2018). *La stratégie d'apprentissage implicite dans un exercice d'équilibre* (Unveröffentlichte Masterarbeit). Departement für Sport und Bewegungswissenschaften an der Universität Fribourg.
- Giboin, L.S., Gruber, M. & Kramer, A. (2015). Task-specificity of balance training. *Hum. Mov. Science*, 44, 22–31.
- Giboin, L.S., Gruber, M. & Kramer, A. (2018). Additional Intra- or Inter-session Balance Tasks do Not Interfere with the Learning of a Novel Balance Task. *Frontiers in Psychology*, 9(1319), 1-7.
- Goh, H.T., Sullivan, K.J. & Gordon, J. (2012). Dual-Task practice enhances motor learning: a preliminary investigation. *Exp. Brain Res*, 222, 201–210.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Gschwind, Y.J., Pfenninger, B. & Kressig, R.W. (2014). Diagnostik und Training von Kraft und Gleichgewicht zur Sturzprävention im Alter. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 47, 513–526.

- Kal, E., Prosée, R., Winters, M. & van der Kamp, J. (2018). Does implicit motor learning lead to greater automatization of motor skills compared to explicit motor learning? A systematic review. *Plos One*, 13(9), e0203591. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203591>
- Kiss, R., Schedler, S. & Muehlbauer, T. (2018). Associations Between Types of Balance Performance in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology*, 9(1366), 1-25. doi: 10.3389/fphys.2018.01366
- Kleynen, M., Braun, S. M., Rasquin, S.M.C., Bleijlevens, M.H.C., Lexis, M.A.S. & Masters, R.S.W. (2014). Using a Delphi Technique to Seek Consensus Regarding Definitions, Descriptions and Classification of Terms Related to Implicit and Explicit Forms of Motor Learning. *Plos One*, 9(6). e100227.[doi.org/10.1371/journal.pone](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100227)
- Kleynen, M., Braun, S.M., Rasquin, S.M.C., Bleijlevens, M.H.C., Lexis, M.A.S., Halfens, J. & Beurskens, A. J. (2015). Multidisciplinary views on applying explicit and implicit motor learning in practice: An international survey. *PLoS One*, 10(8). e0135522. doi:10.1371/journal.pone.0135522
- Kümmel, J., Kramer, L. & Giboin, L.S. (2016). Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 46, 1261–1271.
- Lesinski, M., Hortobagyi, T. & Muehlbauer, T. (2015). Dose-response relationships of balance training in healthy young adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 45(4), 557–76.
- Liao, C.M. & Masters, R.S.W. (2001). Analogy learning: A means to implicit motor learning. *Journals of Sports Sciences*, 19, 307-319.
- Lopes, M.C. (2011). *Wirksamkeit von impliziten und expliziten Lernprozessen. Aneignung taktiler Kompetenzen und motorischer Fertigkeiten im Basketball*. (Unveröffentlichte Doktorarbeit). Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften der Universität Heidelberg.
- Lubetzky-Vilnai, A. & Kartin, D. (2010). The Effect of Balance Training on Balance Performance in Individuals Poststroke: A Systematic Review. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 34(3), 127–137.
- MacMahon, K.M.A. & Masters, R.S.W. (2002). The effects of secondary tasks on implicit motor skill performance. *International Journal of Sport Psychology*, 33, 307–324.

- McGuine, T.A., Greene, J.J., Best, T. & Levenson, G. (2000). Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med*, 10, 239–244.
- McKeon, P.O. & Hertel, J. (2008). Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing? *Journal of Athletic Training*, 43(3), 293–304.
- Masters, R.S.W., Polman, R.C.J. & Hammond, N.V. (1992). Reinvestment: A dimension of personality implicated in skill breakdown under pressure. *Personality and Individual Differences*, 14, 655–666.
- Masters, R.S.W. (2000). Theoretical aspects of implicit learning in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 31, 530–541.
- Masters, R.S.W., Poolton, J.M. & Maxwell, J.P. (2008). Stable implicit motor processes despite aerobic locomotor fatigue. *Conscious Cognition*, 17(1), 335–338.
- Masters, R.S.W. & Maxwell, J. (2008). The theory of reinvestment. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1, 160–183.
- Maxwell, J.P., Masters, R.S.W., Kerr, E. & Weedon, E. (2001). The implicit benefit of learning without errors. *Q J Exp Psychol*, 54(4), 1049–1068.
- Melzer, I., Benjuya, N., Kaplanski, J. & Alexander, N. (2008). Association between ankle muscle strength and limit of stability in older adults. *Age Ageing*, 38, 119–123.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (2018). *Bewegungslehre Sportmotorik: Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt*. Aachen: Meyer and Meyer.
- Moran, A.P. (2004). *Sport and exercise psychology: A critical introduction* (S.65-95). London: Routledge.
- Orrell, A.J., Eves, F.F. & Masters, R.S.W. (2004a). Implicit motor learning of a balancing task. *Gait & Posture*, 23, 9–16.
- Orrell, A.J., Eves, F.F. & Masters, R.S.W. (2004b). Implicit motor learning of a balancing task: Implicit Implications for stroke Rehabilitation. *Physical Therapy*, 86(3), 369–380.
- Poolton, J.M., Masters, R.S.W. & Maxwell, J.P. (2005). The relationship between initial errorless learning conditions and subsequent performance. *Hum Movement Sci*, 24(3), 362–378.
- Reber, A.S. (1992). The cognitive unconscious: An evolutionary Perspective. *Consciousness and Cognition*, 1(2), 93–133.

- Ringhof, S. & Stein, T. (2018). Biomechanical assessment of dynamic balance: Specificity of different balance tests. *Human Movement Science*, 58, 140-147.
- Robertson, E.M. (2007). The serial reaction time Task: Implicit motor skill learning. *The Journal of Neuroscience*, 27(38), 10073–10075.
- Sayenko, D.G., Alekhina, M.I., Masani, K., Vette, A.H., Obata, H. & Popovic, M.R. (2010). Positive effect of balance training with visual feedback on standing balance abilities in people with incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord*, 48(12), 886-893.
- Schnabel, G., Harre, H.D. & Krug, J. (2014). *Trainingslehre- Trainingswissenschaft: Leistung- Training-Wettkampf*. Aachen: Meyer and Meyer.
- Sekiya, H., Magill, R.A. & Anderson, D. I. (1996). The contextual interference effect in parameter modifications of the same generalized motor program. *Res. Q. Exerc. Sport*, 67, 59–68.
- Shanks, D.R. (2005). Implicit learning. In K. Lamberts & R. Goldstone (Hrsg.), *Handbook of cognition* (S. 202-220). London: SAGE.
- Shea, J.B., Morgan, R.L. (1979). Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5(2), 179-187.
- Shea, C.H., Kohl, R.M. & Indermill, C. (1990). Contextual interference: contributions of practice. *Acta Psychol*, 73, 145–157.
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. (2001). *Motor control: theory and practical applications* (S.157-212). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Sun, R., Mathews, R. C. & Lane, S. M. (2007). *Implicit and explicit processes in the development of cognitive skills: A theoretical interpretation with some practical implications for science education*. In E. M. Vargios (Hrsg.), *Educational Psychology: Research Focus* (S. 1-26). New York: Nova Science.
- Taube, W. (2013). Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurologie Neurochirurgie und Psychiatrie*, 14(2), 55-63.
- Taylor, J.A. & Ivry, R.B. (2012). *Implicit and explicit processes in motor learning*. (Dissertation). University of Carolina, Berkeley.

- Tielemann, N., Raab, M. & Arnold, A. (2008). Effekte von Instruktionen auf motorische Lernprozesse; Lernen durch Analogien oder Bewegungsregeln? *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 15(4), 118-128.
- Wälchli, M., Ruffieux, J., Mouthon, A., Keller, M. & Taube, W. (2018). Is Young Age a Limiting Factor When Training Balance? Effects of Child-Oriented Balance Training in Children and Adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 30(1), 178-186.
- Wiemeyer, J. (1998). Schlecht üben, um gut zu lernen? Narrativer und meta-analytischer Überblick zum Kontext-Interferenz-Effekt. *Psychologie und Sport*, 5, 82-105.
- Yaggie, J.A. & Campbell, B.M. (2006). Effects of balance training on selected skills. *J. Strength Cond. Res.*, 20, 422–428.
- Yavuzer, G., Eser, F., Karakus, D., Karaoglan, B. & Stam, H.J. (2006). The effects of balance training on gait late after stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 20(11), 960–969.
- Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F. & Pfeifer, K. (2010). Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *J. Athl Train*, 45, 392–403.

Dank

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Masterarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Dr. Michael Wälchli, welcher meine Masterarbeit betreut und begutachtet hat. Seine hilfreichen Anregungen, die konstruktive Kritik und vor allem seine Unterstützung bei der Datenanalyse und der Versuchsdurchführung haben viel zum Gelingen der vorliegenden Studie beigetragen.

Ein besonderer Dank gilt allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern meiner Studie, ohne die diese Arbeit nicht hätte entstehen können. Mein Dank gilt ihrer Teilnahmebereitschaft und ihren interessanten Beiträgen zum Thema meiner Arbeit. Vor allem gebührt Ihnen ein grosses Lob bezüglich ihrer positiven Einstellung, welche mich bei der Durchführung dieser Arbeit stets angespornt und motiviert hat.

Nicolas Keller

Fribourg, Dezember, 2018