

Effekte einer Voraktivierung durch eine Gleichgewichtsaufgabe auf die Sprunghöhe

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht

eingereicht von

Joël Hertig

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

in Zusammenarbeit mit der
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent
Prof. Wolfgang Taube

Betreuer
Michael Wälchli

Freiburg, September 2017

Zusammenfassung

Ein längerfristiges Gleichgewichtstraining kann dazu beitragen die Sprunghöhe zu verbessern. Ebenfalls sind einige kurzfristige Effekt eines solchen Trainings bekannt. Meines Wissens existiert noch keine Studie, welche die Effekte einer Voraktivierung bestehend aus einer Gleichgewichtsübung, auf die Sprunghöhe untersucht. In dieser Masterarbeit wird daher die akute Wirksamkeit einer Gleichgewichtsübung auf die Sprunghöhe anhand von verschiedenen Sprungformen (Drop Jumps, Counter Movement Jumps und volleyballspezifische Sprünge) untersucht und mit einer bekannten Voraktivierungsmethode verglichen. Nebst der eben genannten Methode, gab es eine weitere Interventionsmethode und eine Kombination der beiden Interventionsmethoden, welche analysiert wurden. Erstere bestand aus einer PAP-Generierung und Letztere aus der Kombination einer Gleichgewichtsübung mit darauffolgender PAP-Generierung. Des Weiteren wurde eine Kontrollmethode ohne Voraktivierung durchgeführt. Es wurden insgesamt 14 Amateurvolleyballspieler (8 männlich, 6 weiblich) rekrutiert, welche die Messungen mit unterschiedlichen Voraktivierungen sowie die Kontrollmessung an unterschiedlichen Terminen durchliefen. Dabei wurde die erzielte Sprunghöhe nach jeder einzelnen Voraktivierungsmethode mit einer jeweiligen Eingangsmessung (ohne Voraktivierung) verglichen.

Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Methoden ($F_{3,78} = 1.39$, $p = .260$; $\eta^2_p = .097$). Ebenfalls konnte keine Signifikanz für die Methode*Sprungform Interaktion ($F_{6,78} = 0.187$; $p = .980$; $\eta^2_p = .014$) beobachtet werden. Jedoch war die Methode mit einer Gleichgewichtsübung als Voraktivierung die einzige Methode, welche im Schnitt eine positive Veränderung der Sprunghöhe (1,46%) bewirken konnte. Indes gab es einen signifikanten Effekt für den Faktor Sprungform ($F_{2,78} = 9.365$; $p < .001$; $\eta^2_p = .419$). Post-Hoc Tests mit Bonferroni Korrektur zeigten, dass sich die durchschnittliche Sprunghöhe der Drop Jumps (+1.67%) im Vergleich zu den Counter Movement Jumps (-1.37%; $p = .003$) und den volleyballspezifischen Sprüngen (-0.74%; $p = .022$) signifikant positiv entwickelte.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
1. Einleitung	4
1.1 Wissenschaftlicher Hintergrund und Ausgangslage	5
1.2 Ziel und Fragestellung	21
2 Methode.....	22
2.1 Probanden	22
2.2 Ablauf der Datenerhebung.....	22
2.3 Studiendesign.....	22
2.4 Kontroll- und Interventionsmethoden	24
2.5 Statistisches Vorgehen.....	25
3 Resultate	26
3.1 Veränderung der Sprunghöhe bei unterschiedlicher Methode	26
3.2 Veränderung der Sprunghöhe bei unterschiedlicher Sprungform	27
3.3 Veränderung der Sprunghöhe bei unterschiedlichem Niveau	28
4 Diskussion	31
4.1 Analyse der Resultate	31
4.2 Beantwortung der Fragestellungen	35
4.3 Weiterführende Fragestellungen.....	35
5 Schlussfolgerung	37
Literaturverzeichnis.....	38
Abbildungsverzeichnis	42
Danksagung	43
Persönliche Erklärung und Urheberrechtserklärung	44

1. Einleitung

In fast jeder Sportart ist die körperliche Leistungsfähigkeit einer der zentralsten Aspekte um erfolgreich zu sein. Daher trainieren ambitionierte Athletinnen und Athleten gezielt auf sportartspezifische physische Anforderungen hin. Kraft-, Ausdauer- und Koordinationstraining werden somit unumgänglich. Eine Vielzahl von Trainingsmethoden hat sich bisher in diesen Gebieten etabliert.

Die Evidenz, dass Gleichgewichtstraining zu funktionellen Anpassungen führt, hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Studien konnten verschiedene positive Effekte von Gleichgewichtstraining aufzeigen, unter anderem eine Verbesserung der Standstabilität, eine Steigerung der Kraftfähigkeit sowie auch eine Steigerung der Sprungfähigkeit (für eine Übersicht siehe: Taube, Gruber & Gollhofer, 2008). Der Befund, dass ein Gleichgewichtstraining die Sprungfähigkeit optimieren kann, scheint im Besonderen für sprungetonte Sportsportarten von hoher Relevanz zu sein. Gerade beim Basket- oder Volleyball ist diese Fähigkeit massgebend für den sportlichen Erfolg. Aus diesem Grund ist es entscheidend, dass ein Athlet in der Wettkampfsituation seine höchstmögliche Sprungleistung abrufen kann. Nebst den langfristig geplanten Trainings werden ebenfalls Methoden angewendet, welche die Sprunghöhe akut verbessern können. Die Postaktivierungspotenzierung (PAP) ist eine bekannte Methode um das Schnellkraftvermögen kurzfristig zu erhöhen. Die Wirkung der PAP ist bei Sprüngen indes divergent (siehe: Seitz & Haff, 2015; Kümmel et al., 2015; Bergmann, Kramer & Gruber, 2013).

Da ein Gleichgewichtstraining die Sprungleistung offenbar langfristig verbessern kann und der akute PAP-Effekt für Sprünge unterschiedliche Resultate erzielte, kam mir der Gedanke, dass eine Voraktivierung bestehend aus einer Gleichgewichtsübung positive Auswirkungen auf das Sprungverhalten von Athleten einer sprungetonten Sportart, wie zum Beispiel bei Volleyballspieler und -Spielerinnen, haben könnte und dadurch möglicherweise eine Alternative zur PAP darstellen würde. Idealerweise konnte ich diese Idee im Rahmen meiner Masterarbeit, welche den letzten Schritt meiner Masterausbildung darstellt, vertiefen und erörtern.

1.1 Wissenschaftlicher Hintergrund und Ausgangslage

Gleichgewicht kann als die Fähigkeit angesehen werden, den gesamten Körper im Gleichgewichtszustand halten zu können und diesen auch bei Körperverschiebungen beizubehalten (Weineck, 2010). Das Gleichgewicht ist eine koordinative Fähigkeit, die in hohem Masse trainierbar ist. Amateure wie auch Spitzensportler profitieren von einem regelmässigen Gleichgewichtstraining und können so ihre sportliche Leistungsfähigkeit verbessern. Im folgenden Kapitel werden die positiven Effekte eines Gleichgewichtstrainings beschrieben. Nebst den vorteilhaften Eigenschaften eines Gleichgewichtstrainings wird ebenfalls der Gegenstand der Postaktivierungspotenzierung veranschaulicht. Denn eine akute Verbesserung der sportlichen Leistungsfähigkeit kann bekanntlich auch über eine Postaktivierungspotenzierung (PAP) erreicht werden. Leistungssteigerungen durch PAP sind unter anderem bei explosiven und reaktiven Bewegungen zu beobachten.

1.1.1 Gleichgewichtstraining. In einem ersten Teil dieses Kapitels wird auf die Wirkung eines Gleichgewichtstrainings eingegangen. Es werden unter anderem die Effekte eines langfristig geplanten Trainings, wie auch jene, eines einmaligen Trainings beschrieben.

Da es aber keine allgemeingültige Nomenklatur für Übungen, welche die posturale Kontrolle verbessern sollten, gibt, muss vorerst geklärt werden, was unter dem Begriff Gleichgewichtstraining verstanden wird.

Definition/Begriffsklärung Gleichgewichtstraining. In vielen modernen Studien werden vor allem die Begriffe Gleichgewichtstraining (balance training) und sensomotorisches Training (sensorimotor training) verwendet. Nach Taube (2013) ist der Begriff des sensomotorischen Trainings so weit gefasst, dass jede menschliche Bewegung darunter verstanden werden kann. Der Begriff „Gleichgewichtstraining“ hingegen bezeichnet ausschliesslich die Bewegungsaufgabe an sich, welche darin besteht das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten oder diese Fähigkeit durch Übungen zu verbessern. Bei einem Gleichgewichtstraining werden alle sensorischen Systeme involviert, welche die posturale Kontrolle unterstützen (Taube et al., 2008). Um die Natur der einzelnen Studien nicht zu verfälschen, werden in den folgenden Kapiteln beide Begriffe verwendet.

Effekte eines langfristigen Gleichgewichtstrainings. Ein langfristiges Gleichgewichtstraining hat viele unterschiedliche positive Effekte. In diversen Studien werden die funktionellen An-

passungen beschrieben. Diese Anpassungen beinhalten vor allem die Verbesserung der Standstabilität sowie die Steigerung der Kraft- und Sprungfähigkeit (Taube et al., 2008). Beispielsweise konnten Gruber und Gollhofer (2004) aufzeigen, dass ein vierwöchiges sensomotorisches Training mit insgesamt acht Trainingseinheiten, einen positiven Effekt auf den maximalen initialen Kraftanstieg generieren kann (+32.9%) wobei die Maximalkraft indes unverändert blieb. Ebenfalls nachgewiesene Effekte von Gleichgewichtstraining sind Veränderungen der neuromuskulären Kontrolle, diese kann durch das Training gar verbessert werden (Zech et al., 2010). Wie oben erwähnt, kann gezieltes Gleichgewichtstraining die Kraftfähigkeit von Sportlern verbessern, jedoch konnte bei professionellen Athleten und Freizeitsportlern keine signifikante Steigerung der Muskelkraft der unteren Extremitäten nachgewiesen werden. Bei Nichtathleten hingegen wurde eine Zunahme der kniegelenkumfassenden Muskulatur erfasst (Zech et al., 2010). Des Weiteren hat ein Gleichgewichtstraining eine verletzungsprophylaktische Wirkung (Myklebust et al., 2003).

Effekte eines langfristigen Gleichgewichtstraining auf die Sprungleistung. Für die vorliegende schriftliche Arbeit ist der Einfluss eines Gleichgewichtstrainings auf die Sprungleistung von grosser Relevanz. Die Evidenz, dass ein solches Training die Sprungleistung verbessert, hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Mehrere Studien beschreiben die positiven Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf die Sprungleistung. Besonders zentral scheint diese Erkenntnis vor allem für Sportarten zu sein, bei welchen die Sprungleistung ein wichtiger Bestandteil der sportlichen Leistung darstellt. Unter anderem wurde von Taube und Kollegen (2008) erwähnt, dass bereits mehrere Studien die positiven Effekte von einem Gleichgewichtstraining auf die Sprungleistung beweisen konnten.

Ob und in welchem Masse eine Trainingsmethode positive Effekte erzeugen kann, hängt oftmals mit dem Trainingszustand des Individuums zusammen. Aus diesem Grund muss geklärt werden, ob ein Gleichgewichtstraining die Sprunghöhe von Freizeitsportlern verbessern kann. Dazu wird die Studie von Kean, Behm und Young (2006) im untenstehenden Teil der Arbeit genauer beschrieben.

Die Absicht der Studie von Kean und Kollegen (2006) war es, die Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf einer unstabiler Unterlage und zusätzlich fixiertem Sprunggelenk mit denen eines funktionellen Gleichgewichtstrainings zu vergleichen. Die Effekte wurden anhand der Sprunghöhe, der Sprintzeit über 20 Meter und dem statischen Gleichgewicht getestet. Für die vorliegende Arbeit sind jedoch nur die Messungen der Sprunghöhe relevant. Daher wird auf

die Wiedergabe der Tests und Resultate für die Sprintzeit sowie das statische Gleichgewicht verzichtet.

An dieser Studie haben insgesamt 24 weibliche Probanden teilgenommen. Alle Teilnehmerinnen waren, zur Zeit der Intervention, in ihrer Freizeit sportlich aktiv (ca. dreimal wöchentlich während 1-2 Stunden), wiesen keine muskuloskelettale Verletzungen auf und hatten keine signifikanten Vorerfahrungen mit Gleichgewichtstraining.

Die Probandinnen wurden zufällig in drei Gruppen aufgeteilt. Diese bestanden aus einer Kontrollgruppe (6 Personen) und zwei Interventionsgruppen. In den Interventionsgruppen wurde entweder ein Gleichgewichtstraining auf einer instabilen Unterlage mit zusätzlich fixiertem Sprunggelenk (11 Personen), oder ein funktionelles Gleichgewichtstraining (7 Personen) durchgeführt. Die Interventionsstudie dauerte insgesamt sechs Wochen. Die Interventionsgruppen haben viermal pro Woche trainiert, wobei ein Training ungefähr 20 Minuten dauerte. Die Probandinnen der Kontrollgruppe wurden gebeten, während den sechs Wochen ihr Freizeitprogramm wie gewohnt weiterzuführen. Zusätzlich wurde mit allen Teilnehmerinnen ein Pre- und Post-Test durchgeführt.

Das funktionelle Gleichgewichtstraining der kleineren Interventionsgruppe bestand aus fünf Übungen, welche sich dadurch auszeichneten, dass nach einer Bewegungsausführung (Sprung oder Schritt) die Position für wenige Sekunden gehalten werden musste. Ein besonderer Fokus wurde bei den Übungen auf die Landetechnik gelegt. Bei jeder Übung mussten die Probandinnen sich gezielt auf ihre Landungstechnik konzentrieren. Sie wurden darauf hingewiesen, dass jeweils die Hüfte, das Knie sowie der Fuss bei der Landung stets vor dem Körper positioniert werden müssen und dies jeweils mit einer leichten Rotation der entsprechenden Gelenke. Nach jedem Training bekamen die Probandinnen Rückmeldungen bezüglich ihrer Landungstechnik sowie Verbesserungsvorschläge wie sie diese optimieren können.

Für das Gleichgewichtstraining mit fixiertem Sprunggelenk wurde als instabile Unterlage ein Wackelbrett (Modell und Hersteller sind unbekannt) gewählt. Das Training für die entsprechende Interventionsgruppe beinhaltete wiederum fünf Übungen. Hierbei mussten die Probandinnen jeweils ein- oder zweibeinig auf dem Wackelbrett stehen und dabei vorgegebene Bewegungen (u.a. Squats) durchführen.

Vor und nach der sechswöchigen Intervention wurde die maximale vertikale Sprunghöhe jeder Probandin gemessen. Die Sprunghöhen wurden anhand von Counter Movement Jumps (CMJ) getestet und verglichen. Um die Knieflexion von 90° für den Pre- und Post-Interventionstest zu standardisieren wurde eine regulierbare Stufe hinter die Probandinnen gestellt. Sobald eine Pro-

bandin, während des Sprungs, diese Stufe mit dem Gesäss berührte, musste sie, ohne zu pausieren, so hoch wie möglich springen. Dieser Test wurde dreimal wiederholt, jedoch wurde ausschliesslich der höchste Sprung verwendet.

Nach dem Vergleich zwischen dem Pre- und dem Post-Test konnte erkannt werden, dass die Sprunghöhe der Interventionsgruppen um 5,3% gesteigert werden konnte. Jedoch konnte ein grösserer Unterschied in der Sprunghöhe (9,5%) zwischen Pre- und Post-Test bei der Gruppe, welche auf unstabiler Unterlage trainiert hat, festgestellt werden, als bei der anderen Interventionsgruppe.

Mit dieser Studie konnten Kean und Kollegen (2006) zeigen, dass ein sechswöchiges Gleichgewichtstraining die Sprunghöhe verbessert. Die Verbesserung könnte nach Kean und Kollegen (2006) damit zusammenhängen, dass gewisse Übungen mit der unstabilen Unterlage, ähnliche bilaterale Bewegungsabläufe aufweisen wie die CMJ. Daraus könnte die positive Auswirkung auf die Sprunghöhe resultieren. Ein weiterer Grund dafür, dass im Post-Test höher gesprungen wurde, könnte jener sein, dass ein stabiler Körperschwerpunkt, die Kraftausrichtung für einen vertikalen Sprung optimiert. Wie bereits erwähnt, waren die Teilnehmerinnen nur in der Freizeit sportlich aktiv und daher keine Spitzenathletinnen. Die Autorin dieser Studie geht davon aus, dass ein Gleichgewichtstraining mit fixiertem Sprunggelenk auf einer instabilen Unterlage, vor allem für Freizeitsportler oder für wenig aktive Personen geeignet ist.

Ähnlich positive Resultate wie Kean und Kollegen (2006) konnten Boccolini, Brazziti, Bonfanti und Alberti (2013) aufzeigen. Sie untersuchten die Wirkung eines Gleichgewichtstrainings auf die Sprunghöhe bei CMJ. Dabei durchliefen elf junge Basketballspieler (15-jährig, drei Basketballtrainings pro Woche) über 12 Wochen ein Gleichgewichtstraining, welches zweimal pro Woche während je 30 Minuten durchgeführt wurde. Vor und nach der Intervention wurde die Sprunghöhe der CMJ bei jedem einzelnen Proband gemessen. Der Vergleich der beiden Datenerhebungen ergab, dass die Sprunghöhe bei den Ausgangsmessungen signifikant höher war (beidbeinig +8.1%; rechtes Bein +13.5%; linkes Bein +12.5%). Anhand dieser Studie konnten Boccolini und Kollegen (2013) aufzeigen, dass ein Gleichgewichtstraining die Sprunghöhe von jungen Amateursportler steigern kann.

Trotz den positiven Beobachtungen von Kean und Kollegen (2006) wie auch von Boccolini und Kollegen (2013), gibt es dennoch Studien, welche die positiven Effekte eines Gleichgewichtstrainings auf die Sprunghöhe nicht nachweisen konnten. Zech und Kollegen (2010) erwähnen in einer Übersichtsarbeit, dass keine Veränderung der Sprunghöhe nach einem Gleichgewichtstraining zu beobachten sei. Ebenfalls berichten Bruhn, Kullman und Gollhofer (2004), dass die

Sprunghöhe bei Squat Jumps durch ein sensomotorisches Training nicht signifikant verbessert werden konnte.

Bezüglich dem Effekt eines Gleichgewichtstrainings auf die Sprunghöhe von Freizeit- und Amateursportler, scheinen die Meinungen unterschiedlich zu sein. Nun stellt sich die Frage, ob ein Gleichgewichtstraining bei Spitzenathleten, welche regelmässig trainieren, funktionelle Adaptionen generieren kann. Taube und Kollegen (2007) haben bei jugendlichen Spitzensportlern (Skispringen, nordische Kombination) unter anderem untersucht, ob ein sensomotorisches Training Veränderungen in der Sprunghöhe erzielen kann. Die Jugendlichen wurden entweder in eine Krafttrainingsgruppe oder in eine sensomotorische Trainingsgruppe eingeteilt. Es wurde über sechs Wochen dreimal die Woche trainiert. Vor und nach der sechswöchigen Intervention wurde jeweils die Sprunghöhe gemessen. Anhand verschiedener Sprungarten (Squat Jump, Counter Movement Jump, Drop Jump von 24 und 32 cm) wurde die Sprunghöhe sowie der Leistungsindex der Probanden erfasst und verglichen.

Der Vergleich ergab, dass sowohl die Krafttrainingsgruppe, wie auch die sensomotorische Trainingsgruppe die Sprunghöhe bei allen Sprungarten verbessern konnte (Abb.1, Abb.2). Jedoch waren die Resultate der sensomotorischen Trainingsgruppe bei den Drop Jumps (DJ) nicht signifikant.

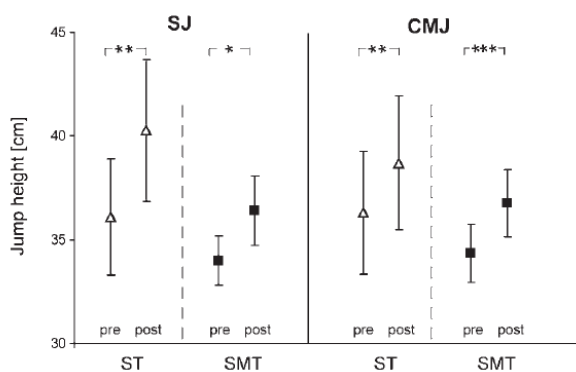


Abb. 1: Das sensomotorische Training (SMT) wie auch das Krafttraining (ST) konnten die Sprunghöhe von Squat Jumps (SJ) und Counter Movement Jumps (CMJ) signifikant verbessern. (Taube et al., 2007)

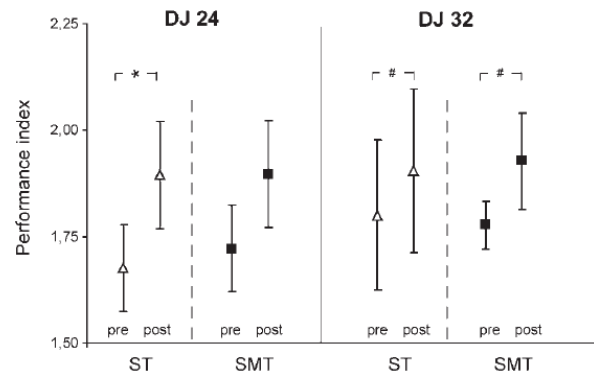


Abb. 2: Das sensomotorische Training (SMT) wie auch das Krafttraining (ST) konnten den Leistungsindex (PI) bei den Drop Jumps verbessern. Jedoch waren die Unterschiede des PI vom SMT bei den Drop Jumps von 24cm nicht signifikant unterschiedlich. (Taube et al., 2007)

Mittels dieser Studie konnte gezeigt werden, dass bei jungen Spitzenathleten funktionelle Anpassungen nach einem sechswöchigen sensomotorischen Training generiert werden kann. Diese Erkenntnis ist laut den Autoren deshalb relevant, weil eine Alternative zum Krafttraining gefunden werden konnte, welche dazu geeignet ist die Sprunghöhe bei Athleten, welche bereits in hohem Masse trainiert sind, zu verbessern. Von Vorteil zu sein scheint diese Feststellung

insbesondere für jugendliche Sportler, welche häufig und intensiv trainieren. Ein sensomotorisches Training belastet das tendomuskuläre System weniger als ein Krafttraining, auf diese Weise kann das Verletzungsrisiko durch Überbeanspruchung vermindert werden (Taube et al., 2007). Jedoch existiert meines Wissens nach keine Studie, welche die Effekte eines sensomotorischen Trainings auf die Sprunghöhe von erwachsenen Elitesportler untersucht hat.

Akute Effekte eines sensomotorischen Trainings. Die bisher erwähnten Studien haben stets die Effekte eines länger andauernden (mindestens vier Wochen) Gleichgewichts- oder sensomotorischen Trainings beschrieben. Dabei wurde ersichtlich, dass die Sprunghöhe durch spezifische Trainings verbesserte werden konnte. Zum momentanen Zeitpunkt ist mir jedoch keine Studie bekannt, welche die akuten Effekte eines Gleichgewicht- oder eines sensomotorischen Trainings bezüglich der Sprunghöhe beschreibt. Dennoch ist bereits erwiesen, dass ein einmaliges sensomotorisches Training die Standstabilität wie auch die Reflexphysiologie in höherem Masse beeinflussen kann (Bollinger, Bubeck, Brown & Alt, 2016). Aufgrund ihrer Relevanz für die vorliegende Arbeit, wird die Studie von Bollinger und Kollegen (2016), welche erstmals die akuten Effekte eines sensomotorischen Trainings auf die Explosivkraft untersuchte, im Folgenden ausführlicher beschrieben.

Die Absicht dieser Studie war es, zu überprüfen, ob ein sensomotorisches Training akute Effekte generieren kann, die sich positiv auf den initialen Kraftanstieg bei maximaler isometrischen Kontraktion in der Beinpresse auswirken. Weiter wurde untersucht, ob diese Effekte von neuromuskulären Anpassungen der kniegelenkumgreifenden Muskulatur begleitet wurden. Insgesamt nahmen an der Studie 28 Sportstudenten und -Studentinnen teil. Die Teilnehmer wiesen keine akuten Verletzungen der unteren Extremitäten auf. Sie wurden zufälligerweise entweder in eine Kontrollgruppe (13 Personen), oder in eine Interventionsgruppe (15 Personen) eingeteilt. Die Probanden haben insgesamt zwei Maximalkrafttests der unteren Extremitäten in einer Beinpresse durchgeführt. Dies geschah in einem zeitlichen Abstand von einer Woche. Jeder Maximalkrafttest begann mit einem standardisierten Warm-up, gefolgt von drei submaximalen isometrischen Kontraktionen. Anschliessend wurden drei isometrische Maximalkontraktionen ausgeführt und gemessen. Die Kontraktionen wurden stets bilateral durchgeführt. Die Probanden wurden darauf hingewiesen, die höchste Streckkraft möglichst schnell zu erreichen und diese während drei bis fünf Sekunden aufrecht zu erhalten. Die Studienteilnehmer der Kontrollgruppe folgten beim zweiten Messtermin (Post-Test) dem gleichen Ablauf wie beim ersten Termin (Pre-Test). Die Interventionsgruppe hingegen, hat beim zweiten Messzeitpunkt, vor der

Messung der isometrischen Maximalkontraktionen, ein konditioniertes sensomotorisches Training absolviert (Abb. 3).

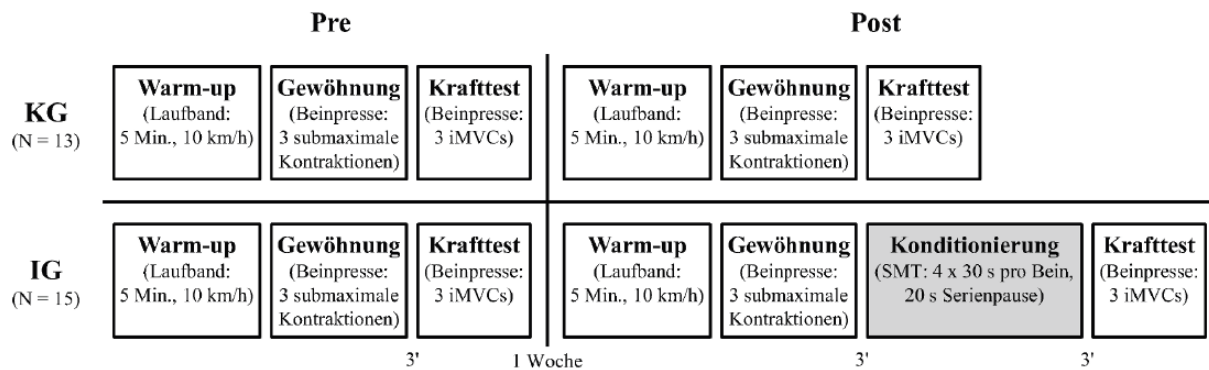


Abb. 3: Studiendesign. Die Interventionsgruppe (IG) führte beim zweiten Messtermin (Post) unmittelbar vor den isometrischen Maximalkontraktionen (iMVCs) ein konditioniertes sensomotorisches Training (SMT) durch. (Bollinger et al., 2016).

Das sensomotorische Training bestand aus einer Gleichgewichtsübung und wurde auf einer instabilen Unterlage (Aerostep XL, Togu, Prien-Bachham, Deutschland) durchgeführt. Dabei standen die Studienteilnehmer zunächst einbeinig und aufrecht auf dem Trainingsgerät und versuchten das Gleichgewicht zu stabilisieren. Anschliessend wurden die Arme auf Schulterhöhe gestreckt und zusammengeführt. Das Kniegelenk des Standbeines wurde in einem Winkel von ca. 30° gebeugt. Von dieser Position aus sollten die Probanden Oberkörperrotationen ausführen. Das Training bestand aus vier Serien pro Bein mit einer Belastungsdauer von 30 Sekunden und einer Serienpause von 20 Sekunden.

Der initialer Kraftanstieg nahm bei der Interventionsgruppe beim zweiten Messtermin, verglichen mit dem ersten Messtermin, um 15% zu. Bei der Kontrollgruppe stieg er ebenfalls, jedoch nur um 6% (Abb. 4). Zudem wird erwähnt, dass der Wert der Kontrollgruppe, aufgrund der hohen Variabilität, kein statistisch signifikantes Niveau erreichte.

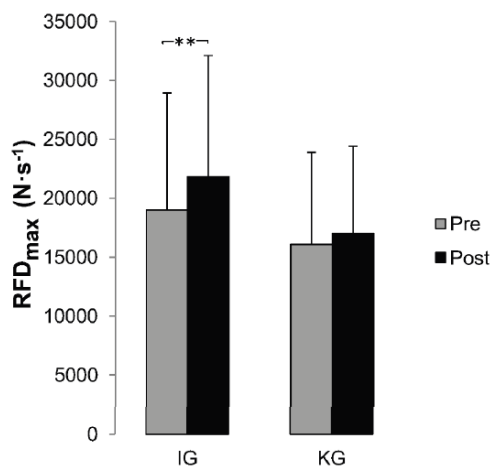


Abb. 4: Die Interventionsgruppe (IG) konnte den maximalen initialen Kraftanstieg (RFD_{max}) im Ausgangstest (Post) um 15% erhöhen. Die Erhöhung der Kontrollgruppe (KG) lag bei 6%, war aber statistisch nicht signifikant. (Bollinger et al., 2016)

Nennenswert ist unter anderem, dass das sensomotorische Training insbesondere in den frühen Phasen der Kontraktion zu einer deutlichen Steigerung des Kraftstosses führte. Die Zunahme im Zeitintervall von 50-100 ms lag bei der Interventionsgruppe bei 5% und jene im Intervall von 100-200 ms bei 6%. Des Weiteren wurde während der Tests die neuromuskuläre Aktivität durch ein Oberflächen-EMG gemessen. Dadurch wurden die Muskelpotenziale des M. biceps femoris, des M. rectus femoris und des M. vastus medialis untersucht. Es konnten Veränderungen zwischen dem ersten und zweiten Messtermin ausgemacht werden. Diese fielen in der Versuchsgruppe differentiell aus. Es konnte eine stark reduzierte Aktivität des M. biceps femoris beobachtet werden. Die Reduktion war bei der Kontrollgruppe im Kraftstossintervall von 50-100 ms (-27%) und in der Interventionsgruppe in den Intervallen von 50-100 ms (-28%) und 100-200 ms (-16%) stark ausgeprägt. Hingegen fiel die Aktivität des M. rectus femoris bei der Kontrollgruppe in der Ausgangsmessung, mit Ausnahme des Intervalls von 30-50 ms, deutlich unter jene der Eingangsmessung. Bei der Interventionsgruppe konnte jedoch eine Zunahme der Aktivität in allen Intervallen beobachtet werden. Im Intervall von 30-50 ms wurde sogar eine Erhöhung von 33% gemessen (Abb. 5). Für den M. vastus ergaben sich keine nennenswerten Veränderungen. Nach der Interpretation der Autoren deuten die neuromuskulären Aktivitäten nach dem sensomotorischen Training darauf hin, dass der Anstieg des initialen Kraftanstieg und dadurch auch der Anstieg der Explosivkraft, in einer Zunahme der agonistischen Muskelaktivierung und einer Reduktion der antagonistischen Koaktivierung begründet ist. Daher würde ein sensomotorisches Training sowohl die Intra-, als auch die Intermuskuläre Koordination akut verbessern.

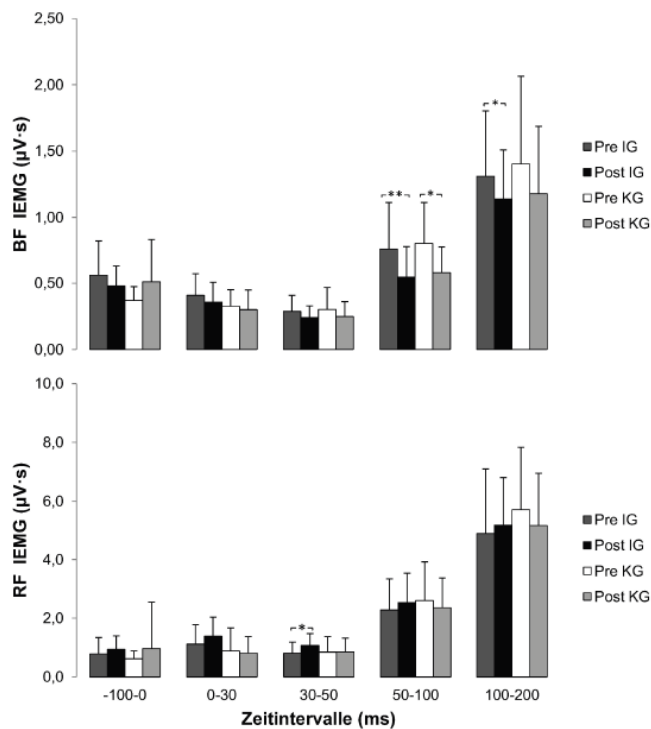


Abb. 5: Integriertes Elektromyogramm (IEMG) der untersuchten Muskeln (RF: M. rectus femoris; BF: M. biceps femoris) (Bollinger et al., 2016)

Die Studie von Bollinger und Kollegen (2016) konnte erstmals zeigen, dass ein einmaliges sensomotorisches Training positive akute Effekte auf den initialen Kraftanstieg erzeugen kann. Die Zunahme des initialen Kraftanstiegs bei der Interventionsgruppe fiel mehr als doppelt so hoch aus wie bei der Kontrollgruppe. Des Weiteren führte das sensomotorische Training vor allem in den frühen Phasen des Kraftstosses, welche in direkter Verbindung mit der Bewegungsgeschwindigkeit von nicht isometrischen Bewegungen stehen, zu einer Steigerung. Daher scheinen die Resultate eine hohe funktionelle Bedeutung für die sportliche Leistungsfähigkeit zu haben. Die Veränderung des initialen Kraftanstiegs geht mit einer veränderten Muskelinnervation einher. Wie bereits erwähnt, war die muskuläre Aktivität des M. biceps femoris bei der Ausgangsmessung von beiden Gruppen stark reduziert. Jedoch war die Abnahme in der Interventionsgruppe deutlicher und erreichte in zwei Intervallen des Kraftstosses (50-100 ms / 100-200 ms) ein signifikantes Niveau. Weiter konnte in der Interventionsgruppe eine Erhöhung der Aktivität des M. rectus femoris beobachtet werden.

Neuromuskuläre Unterschiede von Krafttraining und sensomotorischen Training. Die Studie von Taube und Kollegen (2007) konnte zeigen, dass sowohl ein Krafttraining, wie auch ein sensomotorisches Training sich erfolgreich auf die Sprunghöhe auswirken. Im folgenden Abschnitt soll kurz auf die neuromuskulären Unterschiede von sensomotorischem Training und

Krafttraining eingegangen werden. Nach Bruhn und Kollegen (2004) bewirkt ein hochintensives Krafttraining der unteren Extremitäten vor allem positive Veränderungen bei konzentrischen Sprüngen, wie beispielsweise dem Squat Jump. Diese Veränderung wird durch die Verbesserung der intramuskulären Koordination hervorgebracht, welche dazu führt, dass der initiale Kraftanstieg, wie auch die maximale isometrische Kraft, verbessert werden. Diese zwei Faktoren ermöglichen den Probanden einen höheren initialen Impuls während der konzentrischen Sprungart. Die Effekte eines Krafttrainings können insbesondere den efferenten Nervenbahnen des sensomotorischen Systems zugeschrieben werden. Ein sensomotorisches Training hingegen, kann vor allem reaktive Sprungarten, wie zum Beispiel DJ, tendenziell verbessern (Bruhn et al., 2004). Diese Art von Training verändert hauptsächlich das sensorische Feedback, welches von der Peripherie zum zentralen Nervensystem gelangt, also die afferenten Nervenbahnen. Aus diesem Grund wird die Stiffnessregulation der relevanten Muskeln optimiert und die Muskelaktivität direkt nach dem Bodenkontakt erhöht. Auf diese Weise wird die Leistung bei reaktiven Sprüngen verbessert. Des Weiteren wird von Zech und Kollegen (2010) erwähnt, dass ein Gleichgewichtstraining Veränderungen der H-Reflex-Regulierung durch Verringerung der spinalen Reflexe hervorrufen kann und dadurch eine verbesserte Bewegungskontrolle bei instabilen Situationen erlaubt. Im Gegensatz zum Krafttraining optimiert das sensomotorische Training die intermuskuläre Koordination (Bruhn et al., 2004).

Die Erkenntnis, dass ein hochintensives Krafttraining vor allem die intramuskuläre und ein sensomotorisches Training die intermuskuläre Koordination optimiert, könnte nach den Bruhn und Kollegen (2004) dahingehend relevant sein, dass durch eine Kombination der beiden Trainingsmethoden, die Vorteile beider Trainingsarten kumuliert werden können.

1.1.2 Postaktivierungspotenzierung. Viele Trainingsmethoden und Studien beschreiben, wie die sportliche Leistung verbessert werden kann. Meistens handelt es sich dabei um längerfristig geplante Methoden. Jedoch gibt es eine grosse Anzahl von Aktivierungen um die sportliche Leistung kurzfristig zu verbessern. Die Leistung kurzfristig steigern zu können, spielt insbesondere unmittelbar vor einem Wettkampf eine wichtige Rolle. Mittels der Postaktivierungspotenzierung (PAP) kann die muskuläre Leistungsfähigkeit durch vorausgehende, intensive Kontraktionen desselben Muskels, oder derselben Muskelgruppe, akut gesteigert werden (Kümmel et al., 2015). Viele Studien zur PAP beschreiben hauptsächlich die Effekte von Voraktivierungen durch Übungen mit grossen Widerständen oder durch maximale, willkürliche isometrische Kontraktionen. Jedoch scheint auch eine Voraktivierung durch plyometrische Bewegungen eine Erhöhung der PAP auslösen zu können (Seitz & Haff, 2015).

Im nachfolgenden Teil der Arbeit werden die Effekte einer PAP bezüglich der Sprunghöhe beschrieben und dargestellt. Jedoch ist zu bemerken, dass sich die PAP auch für andere Bewegungen, wie zum Beispiel für Schläge im Kampfsport, für Stösse und Würfe oder für die Startbeschleunigung beim Sprint eignet (Güllich & Schmidtbleicher, 1995).

Effekte der PAP auf die Sprunghöhe. Diverse Autoren haben die Wirksamkeit einer Voraktivierung, welche eine PAP auslöst, auf die Sprunghöhe untersucht. Die Resultate der verschiedenen Studien weisen auf unterschiedliche Effekte der PAP auf die Sprunghöhe hin. So konnten beispielsweise Titton und Franchini (2017) keine signifikante Verbesserung der Sprunghöhe aufgrund einer PAP bei CMJ ausmachen. In der Metaanalyse von Seitz und Haff (2015) konnte insgesamt nur einen leicht positiven Effekt einer Voraktivierung auf die Sprunghöhe festgestellt werden (Abb. 6).

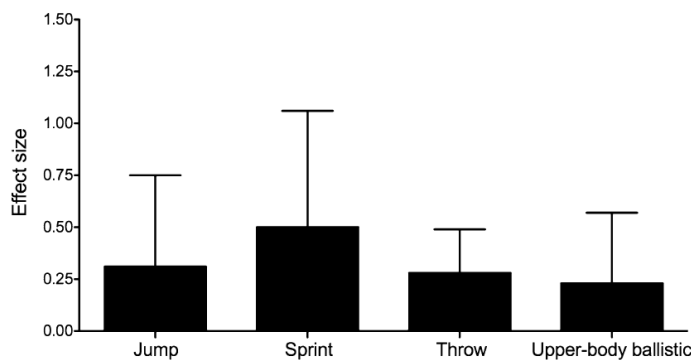


Abb. 6: Effektgrösse (ES) der PAP auf unterschiedliche Aktivitäten (ES <0.2= vernachlässigbar; ES 0.2-0.5= klein; ES 0.5-0.8= moderat; ES >0.8= gross). Bei den Sprüngen konnte eine Effektgrösse von ES=0.31 festgestellt werden (Seitz & Haff, 2015).

Es gibt aber durchaus auch Studien, die einen bemerkenswerten Effekt der PAP auf die Sprunghöhe nachweisen konnten. So haben Bergmann und Kollegen (2013) wie auch Kümmel und Kollegen (2015) das Sprungverhalten nach einer reaktiven Voraktivierung untersucht. Der Unterschied der beiden Studien liegt darin, dass Erstere das Sprungverhalten bei Freizeitsportlern untersucht hat und Letztere dasselbe bei Spitzenathleten. Im Folgenden wird daher verglichen, wie sich eine reaktive Voraktivierung auf die Sprunghöhe bei Probanden mit unterschiedlichem sportlichem Niveau auswirkt.

Auswirkung einer PAP auf die Sprunghöhe von Freizeitsportlern. Das Ziel der Studie von Bergmann und Kollegen (2013) war es, die Wirksamkeit von Hops, als reaktive Voraktivierung um eine PAP hervorzurufen, zu untersuchen. Zudem wollten sie erörtern, ob eine Verbesserung

der Leistung bei DJ erreicht werden kann. Diese Fragestellungen wurden anhand von 12 Probanden untersucht. Jene waren in der Freizeit sportlich tätig (5 +/- 2 Stunden moderat intensive, physische Aktivität pro Woche) und hatten keinerlei nennenswerte Vorerfahrungen mit DJ.

Sieben Tage bevor die eigentliche Intervention stattfand, mussten die Probanden ein Gewöhnungsprogramm durchlaufen. Dieses bestand aus fünf Serien mit jeweils zehn zweibeinigen Hops und zehn DJ aus einer Höhe von 26 cm. Die darauffolgende Intervention bestand aus zwei Teilen, wobei der erste Teil für die vorliegende Arbeit irrelevant ist. Im zweiten Teil der Intervention wurden die Teilnehmenden angewiesen 16 DJ ohne, und 16 DJ mit einer Voraktivierung durchzuführen. Die Voraktivierung bestand dabei, wie bereits erwähnt, aus zehn maximalen Hops, welche vor jedem einzelnen Sprung durchgeführt wurden. Das Zeitintervall zwischen den DJ betrug jeweils eine Minute, wobei nach acht Sprüngen eine fünfminütige Pause eingelegt wurde. Die Pause zwischen der Voraktivierung und den DJ betrug 30 Sekunden. Bei beiden Bedingungen (Sprünge mit oder ohne Voraktivierung) wurden acht DJ mit einer peripheren Nervenstimulation durchgeführt, um den neuronalen Beitrag, im Falle einer Verbesserung, zu bewerten. Gegensätzlich dazu wurden die anderen acht DJ ohne Nervenstimulation durchgeführt, um die isolierten Effekte der Voraktivierung zu bewerten.

Die Sprunghöhe fiel bei einer Voraktivierung durch zehn maximale Hops 12% höher aus, als wenn es keine Voraktivierung vor den DJ gab. Die Bodenkontaktzeit konnte nicht verändert werden. Der Leistungsindex bei der Bedingung mit einer Voraktivierung wurde im Vergleich zur Bedingung ohne Voraktivierung um 4% erhöht, erreichte aber kein signifikantes Niveau. Ebenfalls kein statistischer Unterschied zwischen den beiden Bedingungen wurde bei der neuronalen Aktivität beobachtet.

Auswirkung einer PAP auf die Sprunghöhe von Spitzenathleten. In der Studie von Kümmel und Kollegen (2015) wurde ebenfalls die Wirksamkeit von Hops als Voraktivierung untersucht. Dies taten die Autoren anhand der Sprunghöhe, der maximalen Leistung (Watt/kg) bei DJ (46 cm) und der Sprintzeit über 30 m. Da für die vorliegende Arbeit ausschliesslich die Sprunghöhe relevant ist, wird im Folgenden der Schwerpunkt auf den betreffenden Teil der Studie gelegt. An der Intervention nahmen fünf Spitzenathleten (Bobsport) teil, welche auf internationalem Niveau tätig sind. Es wurden drei verschiedene Bedingungen getestet. Bei der PAP-Bedingung wurden vor jedem der acht DJ zehn repetitive und maximale Hops durchgeführt. Zwischen der Voraktivierung und den DJ lag jeweils ein Pausenintervall von zehn Sekunden. Die Kontrollbedingung war beinahe identisch mit der PAP-Bedingung, jedoch wurden die Hops vor den Sprüngen weggelassen. Zusätzlich wurde eine Messung unter der Bedingung einer internalen

Bewegungsvorstellung durchgeführt. Die Messungen mit den unterschiedlichen Bedingungen fanden jeweils an separaten Tagen statt.

Die mittlere Sprunghöhe der Probanden konnte von der Kontrollbedingung zur PAP-Bedingung um 11% gesteigert werden. Alle Teilnehmenden konnten ihre Sprunghöhe durch die PAP erhöhen, wobei die individuellen Verbesserungen zwischen 3-27% variierten. Ebenfalls konnte die maximale Sprungleistung bei vier von fünf Probanden erhöht werden. Diese erhöhte sich, je nach Proband, um 6-31%.

Vergleich der beiden Studien. Bei beiden Studien konnte gezeigt werden, dass eine reaktive Voraktivierung durch zehn maximale Hops eine akute Steigerung der Sprunghöhe und des Leistungsindex bei DJ ermöglicht. Die Ergebnisse der Sprunghöhe bei Kümmel und Kollegen (2015) entsprachen denjenigen von Bergmann und Kollegen (2013). Jedoch gab es einige Unterschiede bezüglich des Untersuchungsdesigns der jeweiligen Studien. Einerseits lag die Fallhöhe der DJ bei Bergmann und Kollegen (2013) deutlich unter jener bei Kümmel und Kollegen (2015), andererseits gab es auch eine Differenz im Pausenintervall zwischen der Voraktivierung und den DJ. Des Weiteren wurden die Hops bei Kümmel und Kollegen (2015) repetitiv und maximal durchgeführt bei Bergmann und Kollegen (2013) hingegen nur maximal. Diesen Unterschiedlichkeiten zum Trotz unterstreichen die Ergebnisse, dass eine reaktive Voraktivierung durch zehn maximalen Hops die Sprunghöhe bei Freizeitsportlern, wie auch bei Spitzenathleten deutlich steigern kann.

Einflussfaktoren auf PAP. Dass die PAP einen akuten Effekt auf die sportliche Leistung haben kann, scheint bis dahin geklärt zu sein. In den soeben beschriebenen Studien wurde die PAP durch eine reaktive Voraktivierung generiert. Viele Studien haben bereits die Effekte einer PAP untersucht, jedoch wurden unterschiedliche Methoden oder Voraktivierungen angewandt um diese zu erzeugen. Grundsätzlich kann jede beliebige Art von kontraktile Aktivität eine PAP auslösen (Sale, 2004). Es spielen allerdings unterschiedliche Faktoren eine Rolle, wenn die sportliche Leistung durch eine vorausgehende Aktivierung gesteigert werden soll. Im folgenden Teil der Arbeit werden einige Faktoren beschrieben, welche die Wirksamkeit der PAP beeinflussen. Hierfür wird zu einem grossen Teil auf die systematische Übersichtarbeit und Metaanalyse von Seitz und Haff (2015) Bezug genommen, welche sich auf 47 verschiedene Studien bezieht.

Einfluss des Kraftlevels und der Krafttrainingserfahrung. Die Metaanalyse weist darauf hin, dass Individuen mit einem grösseren Kraftlevel grundsätzlich auch eine grössere PAP aufweisen können als jene mit einem niedrigeren Kraftlevel. Dieses Erkenntnis wird durch die Tatsache erklärt, dass stärkere Individuen möglicherweise einen höheren Prozentsatz an Typ-2-Muskelfasern aufweisen, welche eine wichtige Rolle bei den Mechanismen des PAP spielen (Aagaard & Andersen, 1998). Darüber hinaus sollen stärkere Individuen eine grössere Ermüdungsresistenz gegenüber hohen Belastungen aufweisen. Diese Resistenz beeinflusst das Gleichgewicht zwischen der Ermüdung und der Potenzierung nach einer Voraktivierung (Hamada, Sale & Macdougall, 2000). Zudem weisen Individuen mit Krafttrainingserfahrung einen grösseren PAP-Effekt auf, als solche ohne Krafttrainingserfahrung (Seitz & Haff, 2015). Dies könnte daran liegen, dass Personen die keine oder kaum Erfahrung mit Krafttraining haben, auch ein geringeres Kraftlevel vorweisen.

Einfluss des Pausenintervalls zwischen Voraktivierung und anschliessender Aktivität. Das Zeitintervall zwischen der Aktivierung und der darauffolgenden Aktivität kann sich entscheidend auf die Leistung auswirken. Die muskuläre Leistung kann gesteigert werden, wenn die PAP dominiert und die Ermüdung, welche aus der Voraktivierung entstanden ist, reduziert wird. Sie bleibt aber unverändert wenn die PAP und die Ermüdung auf gleichem Niveau sind (Rassier & Macintosh, 2000). Dominiert die Ermüdung, kann es sogar zu einer Leistungsreduktion kommen. Der grösste positive PAP-Effekt kann nach langen Pausen, von fünf bis sieben Minuten, erzielt werden. Im Gegensatz dazu bewirken kürzere Pausenintervalle (0,3-3 Minuten), dass der PAP-Effekt eher tief ausfällt (Seitz & Haff, 2015). Dies liegt daran, dass bei zu kurzen Pausen die Ermüdung stärker ausgeprägt ist als die PAP. Nach langen Pausen hingegen wurde die Ermüdung reduziert und dadurch die PAP dominierend. Das optimale Pausenintervall hängt jedoch auch mit dem Typus der Voraktivierung zusammen. Bei einer plyometrischen Art der Voraktivierung beispielsweise, konnte der grösste PAP-Effekt nach 0,3-4 Minuten hervorgerufen werden. Des Weiteren benötigen stärkere Individuen kürzere Pausenintervalle als eher schwächere Individuen (Seitz & Haff, 2015).

Einfluss der Aktivierungsart. Der grösste PAP-Effekt kann durch eine Aktivierung aus einer plyometrischen Übung erzielt werden. Einen leicht tieferen, aber dennoch wirksamen Effekt kann eine hochintensive Voraktivierung erzeugen. Die untersuchten Effekte bei einer moderat intensiven Aktivierung fielen jedoch eher tief aus und jene bei einer maximal isometrischen Aktivierung sogar negativ (Seitz & Haff, 2015). Die höhere Wirkung einer plyometrischen

Voraktivierung steht unter anderem mit der Begünstigung der Rekrutierung von Typ-2-Muskelfasern zusammen (Desmedt & Godau, 1977), welche ein zentraler Aspekt ist, um eine PAP zu generieren (Güllich & Schmidtbleicher, 1996). Eine weitere Erklärung für den positiven PAP-Effekt von plyometrischen Voraktivierungen ist, dass jene, im Vergleich zu einer Kraft betonten Übung, eine geringere Ermüdung erzeugen und dadurch der PAP-Effekt hoch ausfallen kann. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass viele Studien die Wirkung einer traditionellen, Kraft betonten Voraktivierung, wie zum Beispiel einer Beinpressübung, untersuchten und weniger diejenigen einer plyometrischen Übung. Bezüglich den Voraktivierungen durch eine Kraftübung ist, wie bereits erwähnt, eine hochintensive Methode einer moderat intensiven zu bevorzugen. Dies ist im Allgemeinen für trainierte und weniger trainierte Personen gültig. Hier liegt es abermals daran, dass bei einer hochintensiven Übung die Rekrutierung von Typ-2-Muskelfasern favorisiert wird (Henneman & Olson, 1965).

Einfluss der Belastung während der Voraktivierung. Die Metaanalyse von Seitz und Haff (2015) zeigt, dass wenn während der Voraktivierung eine Übung mit einem Einwiederholungsmaximum (one repetition maximum) gewählt wird, eine grössere PAP beobachtet werden kann, als wenn die Belastung mehrere Wiederholungen zulässt. Dies gilt insbesondere für leistungsstarke Individuen, da diese im Vergleich zu leistungsschwachen Individuen, eine grössere Ermüdungsresistenz gegenüber hohen Belastungen aufweisen. Der grössere PAP-Effekt durch eine Übung mit einem Einwiederholungsmaximum liegt wiederum darin, dass dadurch die Rekrutierung von Typ-2-Muskelfasern erleichtert wird (Henneman & Olson, 1965).

Mechanismen der PAP. Die PAP kann eine leistungserhöhende Wirkung bezwecken. Dies konnte inzwischen durch diverse Studien und anhand von Messdaten gezeigt werden. In einem weiteren Teil soll nun geklärt werden, welche Prozesse, die die Leistungssteigerung durch eine Voraktivierung auslösen, hierbei eine wichtige Rolle spielen. Dabei geht Völzke (2014) von zwei ursächlich physiologischen Prozessen aus. Der erste Prozess ist jener der erhöhten Erregbarkeit des Nervensystems. Dabei wird die synaptische Übertragung der α -Motoneuronen auf Rückenmarksebene verbessert und dies äussert sich in erhöhten postsynaptischen Potentialen bzw. Reflexaktivitäten. Der zweite Prozess beschreibt die verbesserte Phosphorylierung der leichten Myosinketten. Diese entsteht durch einen vermehrten, kontraktionsbedingten Kalziumeinstrom in das Sarkomer und einer erhöhten Sensibilität von Aktin und Myosin gegenüber dem Kalziumeinstrom. Dies bezweckt eine quantitative Erhöhung der Myosinquerbrückenaktivität und dadurch auch eine erhöhte kontraktile Kraftgenerierung (Bergmann et al., 2013).

Nicht nur physiologische Veränderungen können durch eine Voraktivierung ausgelöst werden, es gibt auch neuromuskuläre Aspekte. Ein solcher Aspekt beschreibt den Mechanismus, bei dem es zu einer reziproken Hemmung der antagonistischen Muskulatur kommt und dadurch die intermuskuläre Koordination zwischen Agonist und Antagonist verbessert (Vötzke, 2014). Hierbei wird von einem dreiphasigen Aktivitätsmuster der motorischen Einheiten ausgegangen, welches vor allem bei schnellen Bewegungen der Extremitäten zur Anwendung kommt. Dieses beginnt mit einem grossen Aktivitätsimpuls der Agonisten, gefolgt von einem kurzen Bremsimpuls der Antagonisten. Die letzte Phase ist wiederum eine Aktivierung der Agonisten. Der Mechanismus der PAP basiert hierbei vor allem auf die Erhöhung des Erstimpulses, während die Veränderung der Antagonistentätigkeit die Länge des Bremsimpulses beeinflusst. Dadurch verändert sich auch die Gesamtleistungsabgabe.

1.2 Ziel und Fragestellung

Das Ziel dieser Studie ist es zu untersuchen, ob eine Voraktivierung durch eine Gleichgewichtsaufgabe bei Volleyballspielern und -Spielerinnen einen positiven Effekt auf die Sprunghöhe hat. Des Weiteren wird überprüft, ob die Voraktivierung durch eine Gleichgewichtsaufgabe die Sprungleistung stärker verbessern kann als die bekannte Methode der PAP. Abschliessend soll geklärt werden, ob die Effekte einer Kombination aus einer Voraktivierung durch eine Gleichgewichtsaufgabe mit nachfolgender PAP-Generierung zu einer noch grösseren Sprungleistungssteigerung führt als eine PAP-Generierung alleine. Die Effekte werden mittels verschiedener Sprungarten (DJ, CMJ, volleyballspezifischer Sprung) gemessen. Dadurch ergeben sich folgende Fragestellungen:

Kann eine Voraktivierung durch eine Gleichgewichtsaufgabe die Sprungleistung von Volleyballspieler/innen verbessern?

Kann eine Voraktivierung durch eine Gleichgewichtsaufgabe mit darauffolgender PAP die Sprunghöhe von Volleyballspieler/Innen in einem grösseren Ausmass steigern, als wenn nur die PAP vor den Sprüngen durchgeführt wird?

2 Methode

2.1 Probanden

Für die Messungen der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 16 Probanden rekrutiert. Aus verletzungsbedingten Gründen konnten zwei der Teilnehmenden die Datenerhebung nicht abschliessen. Für die Auswertung der Daten wurden daher die Werte von 14 Probanden (6 Frauen und 8 Männer) untersucht. Das Durchschnittsalter der Probanden betrug 27,6 Jahre, wobei die Divergenz zwischen der jüngsten und der ältesten Teilnehmerin 34 Jahre betrug. Bei den Studienteilnehmenden handelte es sich um Freizeit- und Amateurvolleyballspieler-innen (0-3 Trainingseinheiten pro Woche) mit einem ausgeprägten volleyballspezifischen Wissen und Bewegungsmuster.

2.2 Ablauf der Datenerhebung

Jeder Proband erschien an vier unterschiedlichen Messterminen mit einem zeitlichen Abstand von jeweils ca. 7 Tagen zwischen zwei Terminen. Jeder einzelne Termin begann mit einem standardisierten Aufwärmen gefolgt von einer Eingangsmessung (je zwei DJ, zwei CMJ und zwei volleyballspezifische Sprünge (VSJ)). Danach folgte der Interventionsteil, welcher aus denselben Sprüngen wie die Eingangsmessung bestand, jedoch zusätzlich eine Voraktivierung vor jedem einzelnen Sprung beinhaltete. Für die Voraktivierung wurden zwei Interventionsmethoden, eine Methode bestehend aus einer Kombination der Interventionsmethoden und eine Kontrollmethode untersucht. Bei der Kontrollmethode wurde indes keine Voraktivierung durchgeführt. Bei jedem Messtermin wurde nur eine einzelne Methode untersucht, so dass jeder Proband nach den vier Terminen die unterschiedlichen Methoden an unterschiedlichen Daten durchgeführt hat. Die Reihenfolge der Sprünge und der Methoden wurden randomisiert.

2.3 Studiendesign

Sprungformen. Für jeden einzelnen Sprung wurde die Sprunghöhe mit einem Optogait (Microgait GmbH, Bozen, Italien) erfasst. Die Sprunghöhe wurde dabei aus der gemessenen Flugzeit errechnet. Wie oben erwähnt, wurden drei unterschiedliche Sprungformen untersucht. Der DJ zeichnet sich durch einem kurzen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus ($<200\text{ms}$) aus. Die DJ wurden jeweils von einer Erhöhung von 30 cm initiiert. Der CMJ hingegen weist einen eher langen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus ($>200\text{ms}$) auf und wird vom Boden aus ausgeübt. Bei beiden Sprungarten wurden die Teilnehmenden darauf hingewiesen, dass die Hände während dem Sprung an der Hüfte gehalten werden sollten, damit ein möglicher Armschwung verhindert

werden kann. Der VSJ bestand darin die Bewegung einer Volleyballangriffsauslösung mit anschließendem Sprung zu imitieren. Dieser Sprung unterscheidet sich von den anderen hauptsächlich dadurch, dass er sehr sportartspezifische technische Elemente beinhaltet.

Standardisiertes Aufwärmen. Das Standardisierte Aufwärmen bestand aus folgenden Übungen:

- a) Seilspringen, 3 Minuten (beidbeinig, alternierend).
- b) Seilspringen, 2 Minuten (einbeinig, alle 20'' wird das Sprungbein gewechselt).
- c) Mobilisieren, 3 Minuten (Sprunggelenk 1' / Kniegelenk 1' / Hüftgelenk 1').
- d) Ausfallschritte vorwärts während 2 Minuten.
- e) Alle Sprungarten werden dreimal submaximal ausgeführt.

Teil a) und b) dienten dazu das Herz-Kreislauf-System anzuregen und die unteren Extremitäten auf die bevorstehende Belastung vorzubereiten. Bei Teil c) und d) wurden die Gelenke wie auch die Muskulatur der unteren Extremitäten intensiver auf die Sprünge vorbereitet. Der letzte Teil diente dazu den Probanden an die unterschiedlichen bevorstehenden Sprungarten zu gewöhnen. Die Teilnehmer wurden bei jedem Aufwärmen von der Betreuungsperson instruiert was zu tun war.

Eingangsmessung. Die Eingangsmessung bestand aus den oben beschriebenen drei Sprüngen. Jede Sprungform wurde zweimal nacheinander gemessen, wobei die Reihenfolge der Sprungformen randomisiert wurde. Das heisst, insgesamt wurden sechs Sprünge pro Eingangsmessung durchgeführt und aufgezeichnet. Der zeitliche Abstand zwischen den Sprüngen betrug jeweils eine Minute. Die erhobene Sprunghöhe diente als Richtwert für die darauffolgende Intervention.

Intervention. Der zweite Teil jedes Termins bestand wiederum aus sechs Sprüngen mit der gleichen Reihenfolge wie in der vorausgegangenen Eingangsmessung. Jedoch wurde an drei der vier Messtermine je eine unterschiedliche Interventionsmethode als Voraktivierung vor jedem einzelnen Sprung durchgeführt. Bei einem Termin fand eine Kontrollmessung ohne Voraktivierung statt. Der zeitliche Abstand zwischen den Sprüngen betrug wiederum eine Minute, wobei das Pausenintervall bei einer Interventionsmethode auf 70 Sekunden erhöht werden musste.

2.4 Kontroll- und Interventionsmethoden

Es wurden insgesamt zwei verschiedene Interventionsmethoden sowie eine Methode bestehend aus einer Kombination der Interventionsmethoden als Voraktivierung getestet. Während der Interventionsphase wurde jeweils eine von drei unterschiedlichen Methoden der Voraktivierung getestet. Diese sahen wie folgt aus:

Methode mit Gleichgewichtsübung:

Der Proband versuchte einbeinig auf einer instabilen Unterlage (Mobilo Luftkissen, Vistawell AG, Bôle, Schweiz) den Stand zu stabilisieren, während er die ausgestreckten Arme auf Schulterhöhe zusammenführte und zeitgleich versuchte Oberkörperrotationen auszuführen. Der Kniewinkel sollte dabei möglichst 30° Grad betragen. Die Gleichgewichtsübung wurde jeweils während 20 Sekunden pro Bein durchgeführt. Danach folgte eine Pause von 20 Sekunden, bevor der Sprung getätigt wurde (Abb. 7). Die Gleichgewichtsübung basiert auf dem Gleichgewichtstraining von Bollinger und Kollegen (2016), welches einen positiven akuten Effekt auf die Explosivkraftsteigerung erzeugen konnte, jedoch mit fünf Minuten erheblich länger dauerte.

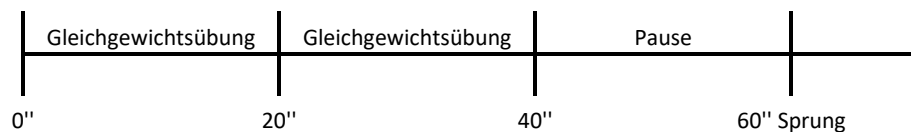


Abb. 7: Zeitliche Abfolge der Methode mit einer Gleichgewichtsübung

PAP-Methode:

Bei dieser Methode führte der Proband zehn maximale und repetitive Hops aus. Danach folgte eine Pause von 30 Sekunden, bevor der Sprung durchgeführt wurde. Zwischen dem Sprung und der nächsten Hops-Serie wurde wiederum eine Pause von 30 Sekunden eingelegt (Abb. 8). Diese reaktive Voraktivierung um eine PAP zu generieren wurde in Anlehnung an die Voraktivierung bei Kümmel und Kollegen (2015) konstruiert. In dieser Studie konnte jene Aktivierung einen positiven Effekt auf die Sprunghöhe bei DJ generieren.

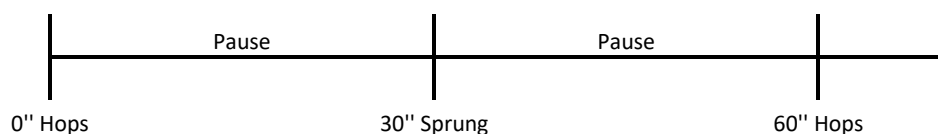


Abb. 8: Zeitliche Abfolge der PAP-Methode

Methode mit einer Gleichgewichtsübung und darauffolgender PAP :

Diese Methode bestand aus einer Kombination der zwei oben beschriebenen Methoden. Dabei wurde zuerst die Gleichgewichtsübung ausgeführt und unmittelbar danach wurden zehn maximale repetitive Hops getätigt. Anschliessend wurde 30 Sekunden pausiert bevor der Sprung ausgeführt wurde (Abb. 9).

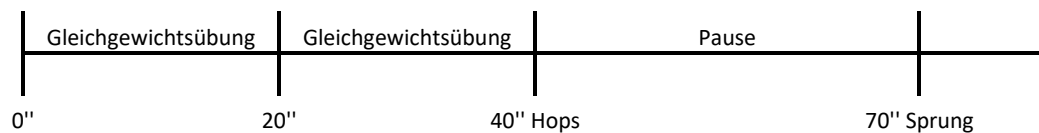


Abb. 9: Zeitliche Abfolge der Methode mit einer Gleichgewichtsübung und darauffolgender PAP

Kontrollmethode:

Bei der Kontrollmethode fand keine Voraktivierung statt. Der Ablauf war nahezu derselbe wie bei der Eingangsmessung. Der einzige Unterschied bestand darin, dass bevor die sechs Sprünge gemessen wurden, die Teile a) und d) des standardisierten Aufwärmens einmalig und verkürzt (jeweils um eine Minute) wiederholt wurden.

2.5 Statistisches Vorgehen

Mittels den Softwares SPSS Statistics (IBM, Armonk, Vereinigte Staaten) und Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Vereinigte Staaten) wurde aus den erhobenen Daten, die entsprechenden Faktoren berechnet. Es wurden zuerst die Mittelwerte der Eingangs- und der Ausgangsmessungen, bezüglich den unterschiedlichen Methoden jedes einzelnen Probanden berechnet. Per zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung und Post-Hoc Tests mit Bonferroni Korrektur wurden anschliessend die Faktoren Sprungform, Methode und Niveau untersucht.

3 Resultate

Im folgenden Teil der Arbeit wird die Datenerhebung ausgewertet und anhand von Grafiken optisch dargestellt. In einem ersten Teil wird die Veränderung der Sprunghöhe bezüglich den unterschiedlichen Methoden analysiert. Des Weiteren werden die Unterschiede der verschiedenen Sprungarten untersucht. Zum Schluss wird noch ein Vergleich zwischen den leistungsstärksten und leistungsschwächsten Probanden vorgenommen.

3.1 Veränderung der Sprunghöhe bei unterschiedlicher Methode

Bezüglich der prozentualen Veränderung der Sprunghöhe von allen Eingangsmessungen (Pre) zu jener der Sprüngen mit einer Voraktivierungen (Post), konnte kein statistischer Unterschied für die Methode*Sprungform Interaktion ($F_{6,78} = 0.187$; $p = .980$; $\eta^2_p = .014$; Abb. 10) und zwischen den Methoden ausgemacht werden ($F_{3,78} = 1.39$, $p = .260$; $\eta^2_p = .097$; Abb. 11). Jedoch schien die Interventionsmethode mit einer Gleichgewichtsübung als Voraktivierung die einzige Methode gewesen zu sein, welche im Schnitt eine positive Veränderung (+1,46%; Abb.11) hervorgebracht hat.

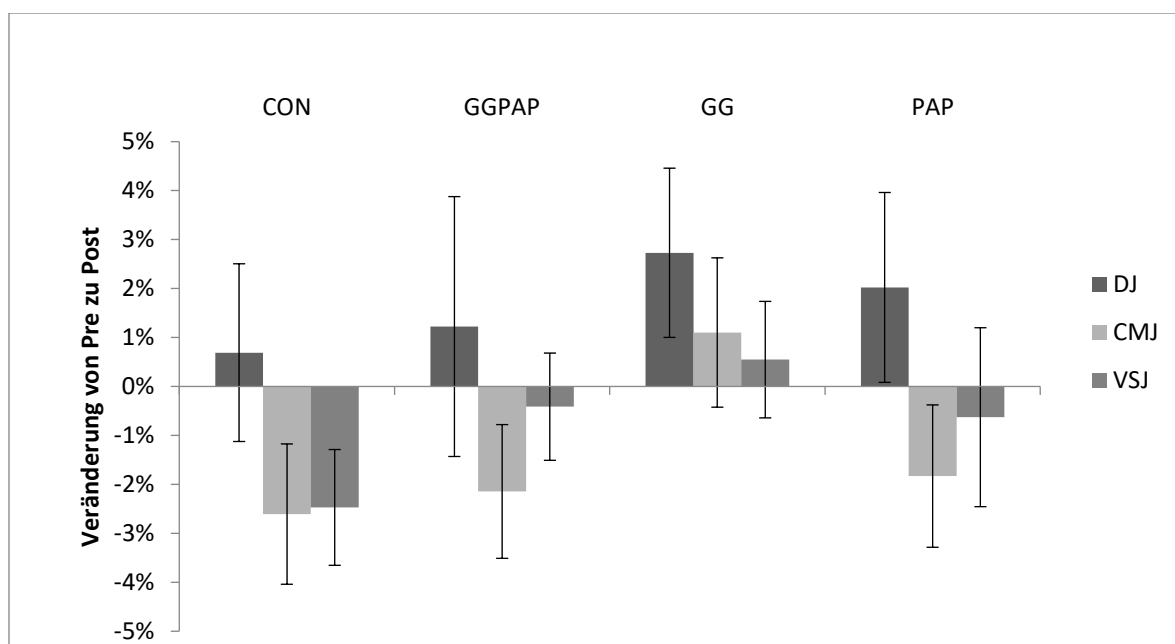


Abb. 10: Prozentuale Veränderung der Sprunghöhe der unterschiedlichen Sprungformen während den unterschiedlichen Methoden. (DJ = Drop Jump, CMJ = Counter Movement Jump, VSJ = Volleyballspezifischer Sprung, CON = Kontrollmethode, GGPAP = Methode mit Gleichgewichtsübung mit anschliessendem PAP, GG = Methode mit Gleichgewichtsübung, PAP = Methode mit PAP)

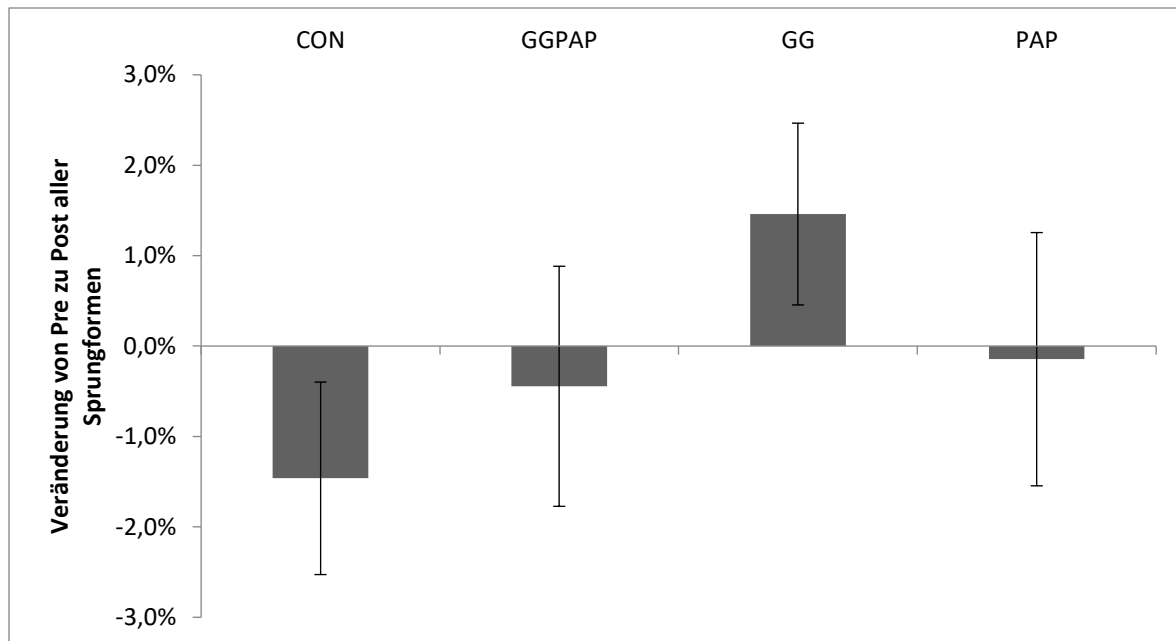


Abb. 11: Prozentuale Veränderung der Sprunghöhe bezüglich den Methoden. (CON = Kontrollmethode, GGPAP = Methode mit Gleichgewichtsübung mit anschliessendem PAP, GG = Methode mit Gleichgewichtsübung, PAP = Methode mit PAP)

3.2 Veränderung der Sprunghöhe bei unterschiedlicher Sprungform

Die zweifaktorieller ANOVA mit Messwiederholung ergab jedoch einen signifikanten Effekt für den Faktor Sprungform ($F_{2,78} = 9.365$; $p < .001$; $\eta^2_p = .419$; Abb. 12). Post-Hoc Tests mit Bonferroni Korrektur zeigten, dass sich die durchschnittliche Sprunghöhe der DJ (+1.67%) im Vergleich mit den CMJ (-1.37%; $p = .003$) und den VSJ (-0.74%; $p = .022$) signifikant positiv entwickelte (Abb.12). Zudem zeigte der Post-Hoc-Test, dass die Sprunghöhe der CMJ verglichen mit jener der VSJ sich nicht signifikant ($p = 1$) unterschiedlich verändert hat. Ebenfalls war der DJ die einzige Sprungform, welche sich im Schnitt über alle Methoden verbessert hat (Abb. 10). Die Sprunghöhe der CMJ und die der VSJ konnten nur bei der Methode mit einer Gleichgewichtsübung als Voraktivierung im Schnitt positiv verändert werden (Abb. 10).

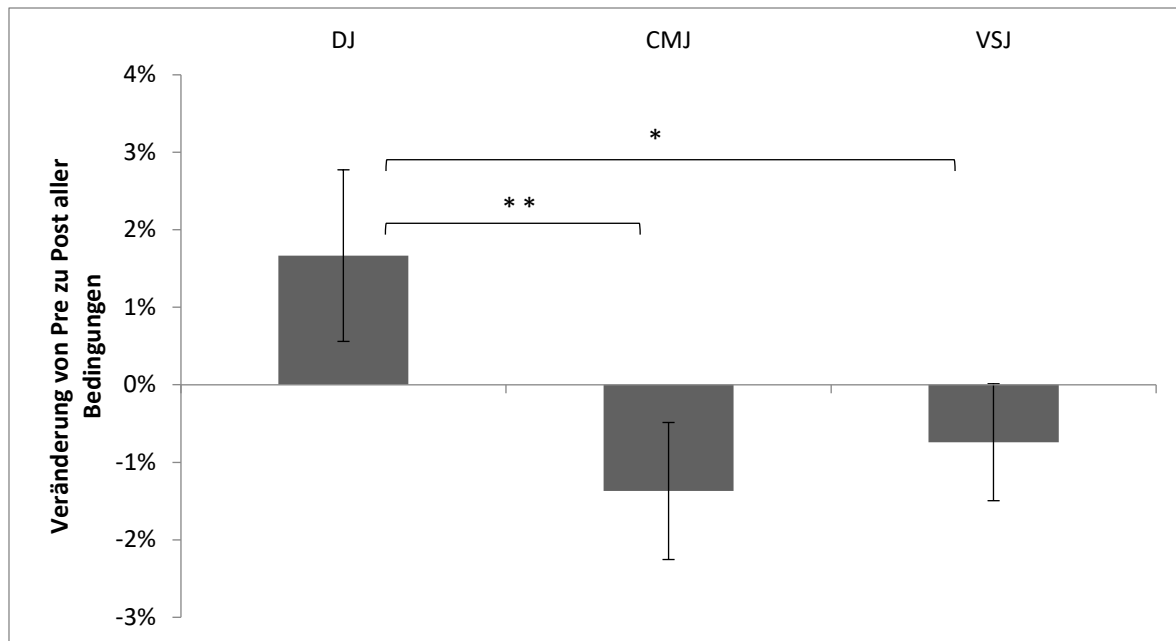


Abb. 12: Prozentualer Veränderung der Sprunghöhe der Sprungarten. (DJ = Drop Jump, CMJ = Counter Movement Jump, VSJ = Volleyballspezifischer Sprung)

3.3 Veränderung der Sprunghöhe bei unterschiedlichem Niveau

Ebenfalls konnte ein statistischer Unterschied für die Niveau*Methode Interaktion ($F_{3,78} = 3.024$; $p = .042$; $\eta^2_p = .201$; Abb. 13) beobachtet werden. Des Weiteren konnte die Sprunghöhe der leistungsschwächsten Probanden bei beiden Interventionsmethoden sowie bei der Methode bestehend aus einer Kombination beider Interventionsmethoden im Schnitt positiv verändert werden (Abb. 13), wobei jene der leistungsstärkeren Probanden nur bei der Methode mit einer Gleichgewichtsübung als Voraktivierung im Schnitt positiv verändert wurde (Abb. 13). Jedoch zeigten Post-hoc Tests, dass es bei den einzelnen Methoden keinen signifikanten Unterschied (CON: $p = .489$; GGPAP: $p = .067$; GG: $p = .785$; PAP: $p = .112$; Abb. 13) für den Faktor Niveau gibt.

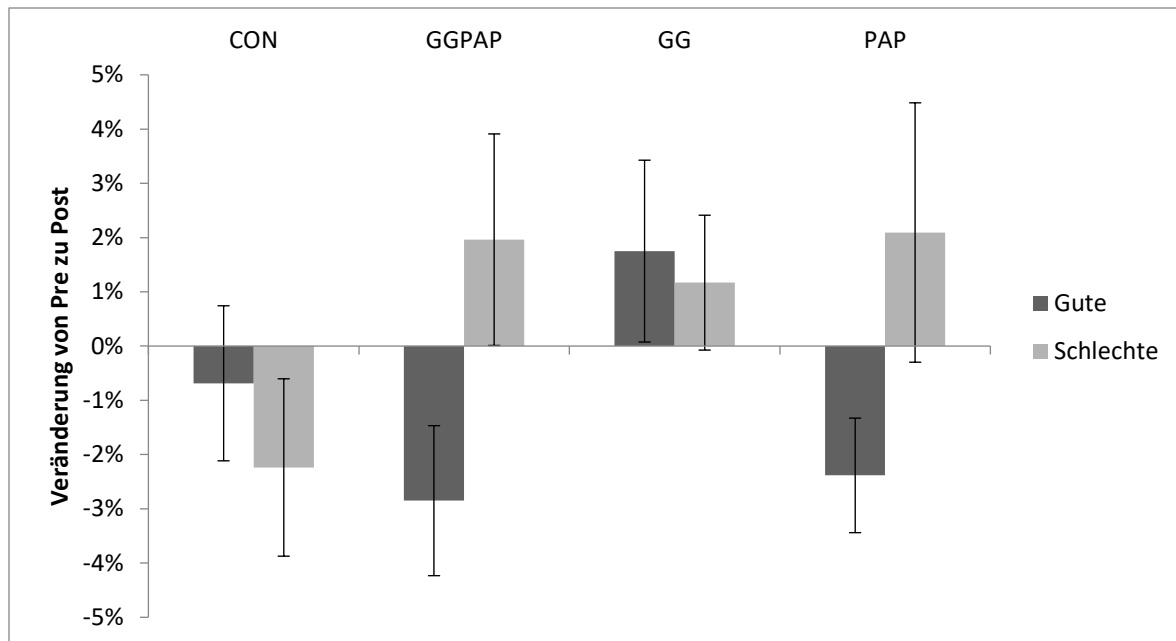


Abb. 13: Prozentuale Veränderung der Sprunghöhe aufgeteilt in gute Springer (die besten vier männliche und die besten drei weiblichen Probanden) und schlechte Springer (die schlechtesten vier männlichen und die schlechtesten drei weiblichen Probanden) und nach Methode.

Auch bei den DJ ergab sich ein statistischer Unterschied für die Niveau*Methode Interaktion ($F_{3,78} = 3.276$; $p = .032$; $\eta^2_p = .214$; Abb. 14). Die leistungsschwächsten Probanden konnten die Sprunghöhe bei beiden Interventionsmethoden und bei der Kombinationsmethode im Schnitt verbessern wobei sie bei der Kontrollmethode schlechter ausfiel (Abb. 14). Die leistungsstärksten Probanden konnten die Sprunghöhe bei der Kontrollmethode sowie bei der Methode mit einer Gleichgewichtsübung als Voraktivierung erhöhen, jedoch verschlechterte sie sich bei den anderen zwei Methoden (Abb. 14). Ein Zweistichproben-t-Test ergab, dass es keinen statistischen Unterschied für den Faktor Niveau bei den einzelnen Methoden gab (CON: $p = .095$, GGPAP: $p = .054$; GG: $p = .807$; PAP: $p = .284$; Abb. 14). Bei den anderen zwei Sprungformen konnten keine signifikant unterschiedliche Entwicklung (CMJ: $F_{3,78} = .968$; $p = .418$; $\eta^2_p = .075$; VSJ: $F_{3,78} = 1.582$; $p = .211$; ; $\eta^2_p = .116$) bezüglich der oben genannter Interaktion beobachtet werden.

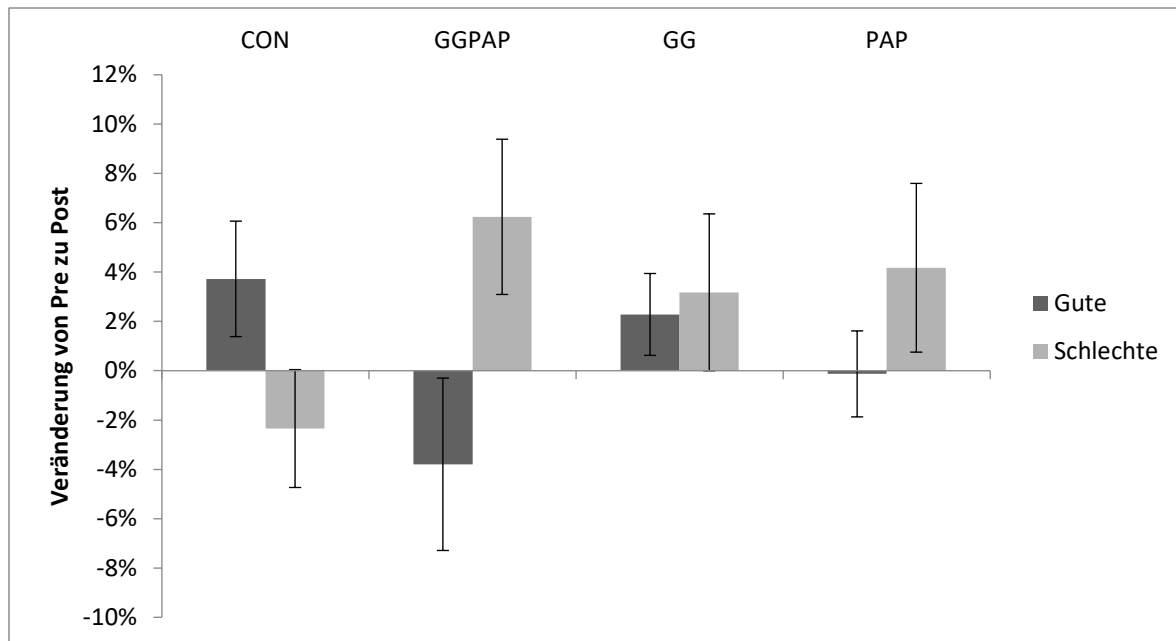


Abb. 14: Prozentuale Veränderung der Sprunghöhe nach Niveau und Methode bei Drop Jumps.

Keine signifikante Sprungform*Niveau Interaktion ($F_{2,78} = .312$; $p = .735$; $\eta_p^2 = .025$; Abb. 15) konnte beobachtet werden. Weitere zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholungen ergaben ebenfalls keine signifikante Unterschiede für den Faktor Niveau (DJ: $p = .32$; CMJ: $p = .547$; VSJ: $p = .208$; Abb. 15) bezüglich den einzelnen Sprungformen. Jedoch war der DJ die einzige Sprungform, bei welcher die Sprunghöhe beider Niveaus positiv verändert wurde und der CMJ jene, bei welcher sich die Sprunghöhe beider Niveaus negativ verändert hat (Abb. 15).

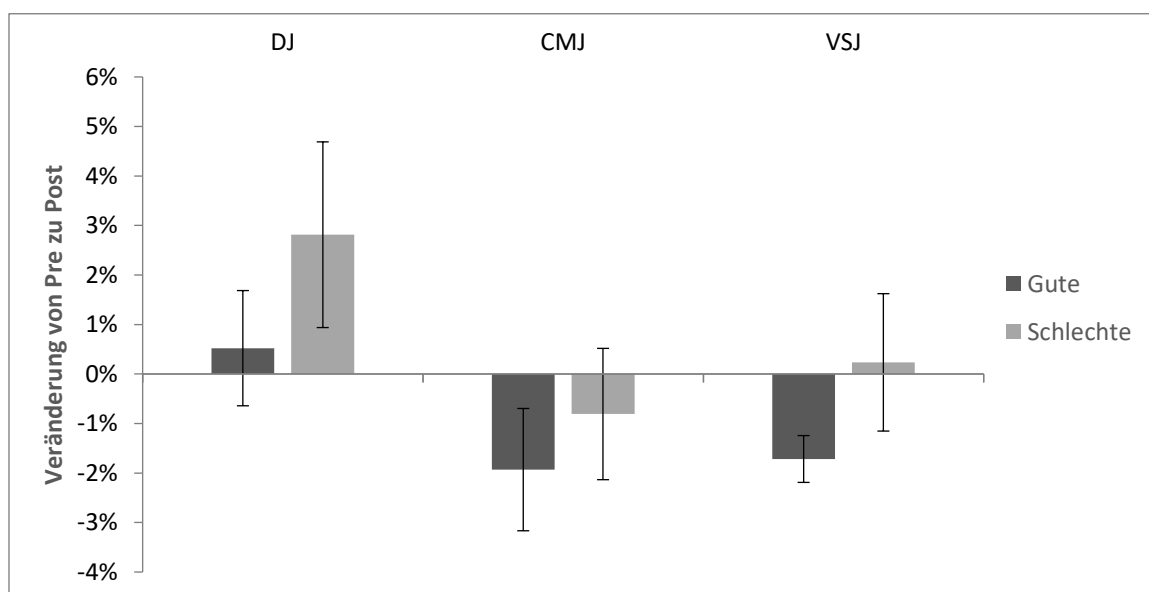


Abb. 15: Prozentuale Veränderung der Sprunghöhe der leistungsstärkeren und -schwächeren Probanden nach Sprungform

4 Diskussion

4.1 Analyse der Resultate

Einfluss der Voraktivierungsmethode. Die akuten Effekte eines sensomotorischen Trainings werden in der Literatur kaum beschrieben. Jedoch wird der initiale Kraftanstieg der unteren Extremitäten durch ein einmaliges sensomotorisches Training erhöht (Bollinger et al., 2016). Die vorliegende Arbeit untersuchte unter anderem die Effekte einer Voraktivierung, bestehend aus einer Gleichgewichtsübung, auf die Sprunghöhe und verglich diese mit der PAP-Methode sowie mit einer Kombination der beiden Interventionsmethoden und mit einer Kontrollmethode. Bei diesem Vergleich konnte kein statistischer Unterschied, bezüglich der Veränderung der Sprunghöhe, zwischen den unterschiedlichen Methoden ausgemacht werden. Jedoch zeigen die Resultate, dass die Interventionsmethode mit einer Gleichgewichtsübung als Voraktivierung, die einzige Methode war, welche die Sprunghöhe im Durchschnitt verbessern konnte. Die Verbesserung belief sich dabei auf 1,46%. Ebenfalls war dies die einzige Methode, die sich positiv auf alle drei Sprungarten auswirkte. Da es momentan jedoch keine Studie gibt, welche die Effekte einer Voraktivierung, in Form einer Gleichgewichtsübung, auf die Sprunghöhe beschreibt, ist der Erfolg dieser Methode schwer einzuordnen. Jedenfalls konnten Bollinger und Kollegen (2016) zeigen, dass ein einmaliges sensomotorisches Training bei aktiven Personen eine Veränderung der Muskelinnervation generiert und dadurch den initialen Kraftanstieg in der Beinpresse akut steigern (15%) kann. Diese Erkenntnis unterstreicht die positiven Effekte einer Gleichgewichtsübung als Voraktivierung auf die Sprunghöhe, da eine Steigerung des initialen Kraftanstieges wahrscheinlich auch die Sprungleistung verbessern kann. Wie bereits erwähnt konnte die Sprunghöhe in der vorliegenden Arbeit durch die Gleichgewichtsübung gesteigert werden, jedoch ist der Unterschied nicht signifikant. Die Gleichgewichtsübung der vorliegenden Arbeit entsprach derjenigen von Bollinger und Kollegen (2016), mit der Ausnahme, dass der Umfang der Aktivität kleiner war. Möglicherweise war die Dauer der Voraktivierung zu kurz um die Sprunghöhe signifikant steigern zu können.

Die Studie von Taube und Kollegen (2007) zeigte, dass ein sensomotorisches Training über sechs Wochen, die Sprunghöhe bei DJ längerfristig verbessert. Ebenfalls konnten Kean und Kollegen (2006) wie auch Boccolini und Kollegen (2013) die positiven Effekte eines Gleichgewichtstrainings von sechs bzw. zwölf Wochen bei CMJ aufzeigen. Daraus könnte geschlossen werden, dass ein besseres Gleichgewicht die Sprunghöhe bei DJ, wie auch bei CMJ, steigern kann. Zech und Kollegen (2010) wie auch Bruhn und Kollegen (2004) haben jedoch keine signifikant positive Veränderung von einem Gleichgewichtstraining bzw. sensomotorischen

Training auf die Sprunghöhe ausmachen können. Dadurch lässt sich der Effekt eines sensomotorischen Trainings auf die Sprunghöhe nicht abschliessend bestätigen. In der vorliegenden Arbeit konnte die Sprunghöhe der DJ und CMJ durch die Gleichgewichtsübung prozentual leicht gesteigert werden, allerdings ist die Steigerung statistisch nicht signifikant. Jedoch wurde nicht untersucht, ob durch die Voraktivierung, in Form einer Gleichgewichtsübung, das Gleichgewicht akut verbessert wird. In einem weiteren Schritt müssten nun die akuten Folgen (z.B. neuromuskuläre oder physiologische Veränderungen) dieser Voraktivierung untersucht werden, welche die Steigerung der Sprunghöhe auslösen könnten. Zusammenfassend konnte die vorliegende Arbeit zeigen, dass eine Voraktivierung, bestehend aus einer Gleichgewichtsübung, die Sprunghöhe steigern kann. Die Gründe für diese Steigerung sind indes noch zu klären.

Mit Hilfe der Methode, bei welcher eine PAP generiert wurde, konnte nur die Sprunghöhe der DJ gesteigert werden (2,02%). Dass es zu einer Steigerung der DJ kam, entspricht den Beobachtungen von Bergmann und Kollegen (2013) und Kümmel und Kollegen (2015). Erstere Studie konnte mit einer sehr ähnlichen Aktivierung wie in der vorliegenden Arbeit, eine Verbesserung der Sprunghöhe von 12% und Letztere, ebenfalls mit einer ähnlichen Aktivierung, eine Verbesserung von 11% bei DJ erzeugen. Jedoch ist die Ausprägung der Sprunghöhenzunahme bei den genannten Studien offensichtlich stärker als jene der vorliegenden Arbeit. Wobei die Befunde, bezüglich der mässigen Sprunghöhenveränderung bei den DJ, der vorliegenden Arbeit, der Feststellung eines geringen PAP-Effekts für Sprünge von Seitz und Haff (2015) entsprechen (vgl. Kapitel 2.1.1). Gleichermassen hat sich die Sprunghöhe der CMJ, durch die PAP-Methode, nicht signifikant verändert. Ebenso konnten Till und Cooke (2009) sowie Esformes, Cameron und Bampouras (2010) keinen signifikanten Unterschied der Sprunghöhe bei CMJ durch eine vorausgehende PAP beobachten. Tobin und Delahunt (2014) konnten indes eine statistisch relevante Verbesserung der Sprunghöhe von CMJ aufzeigen, wenn vor den Sprüngen eine PAP generiert wurde. Bei dieser Studie wurden für die Aktivierung unter anderem Hürdensprünge (Hurdle Hops) durchgeführt, welche dem Bewegungsablauf eines CMJ ähneln. Dadurch entsteht die Vermutung, dass die Ähnlichkeit der Voraktivierung und des darauffolgenden Sprunges eine Rolle spielt, damit der PAP-Effekt optimiert wird und die daraus resultierende Sprunghöhe verbessert werden kann. Diese Vermutung wird von Tillin und Bishop (2009), welche in ihrer Studie unterschiedliche Variablen der PAP diskutiert haben, geteilt. Es wäre eine Möglichkeit, in einem weiteren Schritt zu testen, ob positivere Effekte für die CMJ sowie für die VSJ generiert werden könnten, wenn die Bewegungsabläufe der Voraktivierung mit den darauffolgenden Sprüngen identischer wären.

Die Ergebnisse der Methode, bei welcher die Voraktivierung aus einer Gleichgewichtsübung und zehn repetitiven maximalen Hops bestand, sind jener der PAP-Methode sehr ähnlich. D. h. die Kombination der Gleichgewichtsübung und der PAP-Generierung konnte insgesamt keinen zusätzlich positiven Effekt auslösen. Verglichen mit den zwei Interventionsmethoden, war sie sogar ein wenig schlechter, wenn es darum ging die Sprunghöhe akut zu verbessern. Anhand von Bemerkungen der Probanden kann vermutet werden, dass diese Methode möglicherweise zu anstrengend war, um positiv auf die Sprunghöhe einwirken zu können. In einem weiteren Schritt müsste untersucht werden, ob eine längere Pause zwischen der Voraktivierung und dem jeweiligen Sprung die Sprunghöhe positiv verändern könnte. Oder, ob der Umfang der Voraktivierung reduziert werden müsste, d.h. weniger Hops durchgeführt werden.

Die Kontrollmethode ist, obwohl nicht signifikant unterschiedlich, jene Methode, welche insgesamt die negativsten Ergebnisse hervorgebracht hat. Möglicherweise lässt sich das negative Ergebnis der Kontrollmethode auf die Motivation der Probanden zurückführen, welche vermutlich erkannt haben, dass es sich hierbei um die Kontrollmethode, welche keine Voraktivierung beinhaltet, gehandelt hat. Verglichen damit, lassen sich die nachteiligen Resultate der beiden Methoden mit einer PAP-Generierung sogar als kleinen Erfolg werten.

Sprungformen. Bezüglich der Sprungformen wurde ersichtlich, dass der DJ die einzige Sprungart war, welche sich über alle Methoden hinweg signifikant positiv entwickelt hat. Die CMJ und die VSJ hingegen, konnten lediglich bei der Methode mit einer Gleichgewichtsübung positive Veränderungen erzielen. Die Vermutung, weshalb sich die Sprunghöhe aller Sprungformen bei der soeben erwähnten Methode positiv verändert hat, wurde bereits geklärt (siehe oben). Die negative Veränderung bei der anderen Interventionsmethode und bei der Kombinationsmethode kann durch die fehlende Ähnlichkeit zwischen der Voraktivierung und dem darauffolgenden Sprung erklärt werden. Wie bereits erwähnt, wird von Tillin und Bishop (2009) die Meinung geteilt, dass die Übereinstimmung der Voraktivierung und der darauffolgenden Aktivität entscheidend ist, um den PAP-Effekt zu optimieren. In der vorliegenden Arbeit scheint die Übung, welche die PAP generieren sollte, dem Bewegungsablauf der DJ am ähnlichsten zu sein, wobei die Bewegungsmuster der anderen zwei Sprungformen sich vergleichsweise stark von dieser Übung unterscheiden. Dies könnte eine Erklärung für die positive Veränderung der Sprunghöhe der DJ sowie für die negative Veränderung der CMJ und der VSJ bei den zwei Methoden mit einer PAP darstellen. Eine plausible Erklärung bezüglich der unterschiedlichen Entwicklung der Sprunghöhen während der Kontrollmethode, scheint momentan nicht möglich.

Die Leistungsstärksten vs. die leistungsschwächsten Springer. Keinen signifikanten Unterschied der Sprunghöhenveränderung für die einzelnen Methoden konnte bei der Unterscheidung zwischen den leistungsstärksten und leistungsschwächsten Probanden ausgemacht werden. Till und Cooke (2009) haben in ihrer Studie ebenfalls die besseren mit den schlechteren Probanden verglichen und keinen statistischen Unterschied bei der Sprunghöhenveränderung beschreiben können. Jedoch fällt in vorliegender Studie auf, dass die leistungsstärkeren Probanden bei beiden Methoden, bei welchen eine PAP erzeugt wird, ihre Sprunghöhe im Schnitt nicht positiv verändern konnten. Die Leistungsschwächeren indes konnten eine Steigerung dieser erreichen. Seitz und Haff (2015) kommen in ihrer Metaanalyse zum Schluss, dass stärkere Individuen eine kürzere Pause zwischen der Voraktivierung und der darauffolgenden Übung benötigen als schwächere Individuen um einen möglichst hohen PAP-Effekt entstehen lassen zu können. Der Unterschied zwischen den zwei Niveaus könnte in der vorliegenden Arbeit darin begründet sein, dass die schwächeren Probanden mehr von dem Pausenintervall von 30 Sekunden profitieren konnten als die besseren Probanden. Diese Vermutung wird von den Ergebnissen aus der Studie von Kümmel und Kollegen (2015) unterstützt. In jener Studie bestanden die Probanden aus Spitzensportlern. Zudem wurde die gleiche Voraktivierung ausgeführt wie in der vorliegenden Arbeit, mit dem Unterschied, dass das Pausenintervall nur 10 Sekunden betrug.

Bei der Methode mit der Gleichgewichtsübung haben beide Gruppen beinahe gleich viel profitiert. Der Unterschied von den leistungsstarken zu den leistungsschwachen Probanden beträgt lediglich 0,58%. Daher scheint bei dieser Methode das Niveau der Probanden wahrscheinlich keine Rolle zu spielen. Bei der Kontrollmethode hingegen, war augenscheinlich, dass sich die Sprunghöhe der leistungsstärkeren Probanden weniger negativ als jene der leistungsschwächeren verändert hatte. Gründe für diesen Unterschied müssten anhand weiterer Messungen geklärt werden.

Obwohl die Veränderung der Sprunghöhe der zwei Niveaus bei den unterschiedlichen Methoden nicht signifikant unterschiedlich war, sticht dennoch heraus, dass die leistungsschwächeren Probanden von den zwei Interventionsmethoden und der Kombinationsmethode profitieren konnten. Die leistungsstärkeren Probanden haben hingegen nur bei der Methode mit einer Gleichgewichtsübung positive Ergebnisse erzielt.

4.2 Beantwortung der Fragestellungen

Die erste Fragestellung der vorliegenden Arbeit, jene ob eine Gleichgewichtsübung die Sprunghöhe von Volleyballspieler und –Spielerinnen verbessern kann, kann positiv beantwortet werden. Durch die Voraktivierung mittels einer Gleichgewichtsaufgabe konnte, wenn auch in geringem Ausmass und nicht signifikant, die Sprunghöhe von Volleyballspieler und –Spielerinnen verbessert werden.

Die zweite Fragestellung, welche die Effekte einer Kombination aus Gleichgewichtsübung und PAP-Generierung untersuchte, ist nur bedingt positiv zu beantworten. Die Voraktivierung, bestehend aus einer Gleichgewichtsaufgabe und darauffolgender PAP, konnte, verglichen mit jener, bestehend aus einer PAP-Generierung, lediglich bei den leistungsschwächeren Probanden bei den DJ die Sprunghöhe in einem höheren Ausmass steigern. Bezüglich der weiteren beiden Sprungformen konnte die Voraktivierung mittels einer PAP-Generierung stets positivere, bzw. weniger negative Effekte auf die Sprunghöhe erzeugen.

4.3 Weiterführende Fragestellungen

Die wichtigste Erkenntnis dieser Arbeit ist, dass eine Voraktivierung, bestehend aus einer Gleichgewichtsübung, die Sprunghöhe von DJ, CMJ und VSJ bei Volleyballspielern und -Spielerinnen verbessern kann. Da die Veränderung der Sprunghöhen jedoch nicht signifikant war, muss diese Feststellung mit Vorsicht betrachtet werden. Viele Studien haben Voraktivierungen untersucht, welche deutlich grössere Effekte auf die Sprunghöhe nachweisen konnten. Daher ist die Erkenntnis der vorliegenden Arbeit für die Praxis noch wenig relevant. Des Weiteren gibt es keine mir bekannte Studie, welche die Effekte einer Voraktivierung bestehend aus einer Gleichgewichtsübung auf die Sprunghöhe untersuchte. Dadurch lässt sich der Erfolg dieser Aktivierung schwer einschätzen. Es müssten weitere Untersuchungen folgen, welche sich mit dieser Voraktivierung, bezogen auf die Sprunghöhe, beschäftigen. Bezüglich des Untersuchungsdesigns könnten diverse Änderungen vorgenommen werden, um zu ermitteln ob andere Effekte möglich wären. Unterschiedliche Probandengruppen, zum Beispiel Spitzensportler oder Nicht-Sportler, könnten getestet werden. Ebenfalls liesse sich die Gleichgewichtsaufgabe anders gestalten. Beispielsweise könnte der Umfang vergrössert oder grundsätzlich eine andere Gleichgewichtsaufgabe gestellt werden, um positivere Resultate zu erzielen. Über dies hinaus sollte ermittelt werden, ob physiologische oder neuromuskuläre Veränderungen durch die Voraktivierung auftreten und, ob diese einen Einfluss auf die Sprunghöhe haben könnten. Folglich gibt

es einige Aspekte, welche in weiterführenden Recherchen ermittelt werden müssten, um einschätzen zu können, ob eine Gleichgewichtsaufgabe als Voraktivierung geeignet ist um die Sprunghöhe von Volleyballspielern und –Spielerinnen zu erhöhen.

5 Schlussfolgerung

Eine wichtige Erkenntnis dieser Studie ist einerseits, dass eine Voraktivierung bestehend aus einer Gleichgewichtsübung positive Effekte auf die Sprunghöhe bei Volleyballspieler und -Spielerinnen hat. Jedoch waren die Effekte dieser Methode nur so gering ausgeprägt, dass sich keine gewinnbringende Konsequenz daraus ergibt. Andererseits resultierte die Erkenntnis, dass eine Voraktivierung durch eine Gleichgewichtsübung mit darauffolgender PAP nur bedingt positivere Effekte als eine Voraktivierung bestehend nur aus einer PAP, auf die Sprunghöhe bei Volleyballspieler und -Spielerinnen hat. Daraus ergibt sich, dass eine Voraktivierung bestehend aus einer PAP-Generierung einer Voraktivierung durch eine Gleichgewichtsübung mit darauffolgender PAP zu bevorzugen ist.

Diese Studie befasste sich meines Wissens nach, erstmals mit den Effekten einer Voraktivierung bestehend aus einer Gleichgewichtsübung auf die Sprunghöhe. Um zusätzliche Kenntnisse bezüglich dieser Voraktivierung erzielen zu können müssten weitere Studien folgen, welche sich diesem, noch wenig erforschten Gebiet hingeben.

Literaturverzeichnis

- Aagaard, P. & Andersen, J.L. (1998) Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(8), 1217-1222.
- Bergmann, J., Kramer, A. & Gruber, M. (2013) Repetitive hops induce postactivation potentiation in triceps surae as well as an increase in the jump height of subsequent maximal drop jumps. *Plos One*, 8(10), 1-8.
- Boccolini, G., Brazziti, A., Bonfanti, L. & Alberti, G. (2013) Using balance training to improve the performance of youth basketball players. *Sports Sciences for Health*, 9, 37-42.
- Bollinger, R., Bubeck, D., Brow, N. & Alt, W. (2016) Explosivkraftsteigerung durch sensomotorisches Training: Eine Untersuchung akuter Effekte. *Swiss Sports & Exercise Medicine*, 64 (1), 47-53.
- Bruhn, S., Kullmann, N. & Gollhofer, A. (2004) The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance. *International Journal of Sports Medicine*, 25, 56-60.
- Desmedt, J. & Godau, E. (1977) Ballistic contractions in man: characteristic recruitment pattern of single motor units of the tibialis anterior muscle. *The Journal of Physiology*, 264(3), 673-693.
- Esformes, J.I., Cameron, N. & Bampouras, T.M. (2010) Postactivation potentiation following different modes of exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1911–1916.
- Gruber, M. & Gollhofer, A. (2004) Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 98-105.
- Güllich, A. & Schmidtbleicher, D. (1995) Kurzfristige Veränderung von Schnellkraftleistungen durch maximale willkürliche Kontraktionen. *Leistungssport*, 25, 30-35.

- Güllich, A. & Schmidtbleicher, D. (1996) MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics*, 11(4), 67-81.
- Hamada, T., Sale, D.G. & Macdougall, J.D. (2000) Postactivation potentiation in endurance trained male athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2), 403-411.
- Henneman, E. & Olson, C.B. (1965) Relations between structure and function in the design of skeletal muscle. *Journal of Neurophysiology*, 28(3), 581-598.
- Kean, C.O., Behm, D.G. & Young, W.B. (2006) Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women. *Journal of Sport Science and Medicine*, 5, 138-148.
- Kümmel, J., Bergmann, J., Prieske, O., Krüger, T., Granacher, U. & Gruber, M. (2015) Verbesserung der reaktiven Bewegungsleistung durch Postactivation Potentiation (PAP) und Motor Imagery (MI) bei Spitzenathletinnen und -athleten im Bobsport. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.) *BISp-Jahrbuch-Forschungsförderung 2013/2014*. Köln: Sportverlag Strauss.
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Braekken, I.H., Skjølberg, A., Olsen, O.E. & Bahr, R. (2003) Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three season. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13 (2), 71-78.
- Rassier, D. & Macintosh, B. (2000) Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(5), 499-508.
- Sale, D. (2004) Postactivation potentiation: role in performance. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 386-387.
- Seitz, L.B., de Villarreal, E.S. & Haff, G.G. (2014) The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(3), 706-715.

- Seitz, L.B. & Haff, G.G. (2015) Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw and upper-body ballistic performances: a systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231-240.
- Taube, W., Kullmann, N., Leukel, C., Kurz, O., Amtage, F. & Gollhofer, A. (2007) Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 999-1005.
- Taube, W., Gruber, M., & Gollhofer, A. (2008) Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta Physiologica*, 193, 101-116.
- Taube, W. (2013) Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurochirurgie und Psychiatrie*, 14(2), 55-63.
- Till, K. A. & Cooke, C. (2009) The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1960–1967.
- Tillin, N. A. & Bishop, D. (2009) Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39, 147-166.
- Titton, A. & Franchini, E. (2017) Postactivation potentiation in elite young soccer players. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 13(2), 153-159.
- Tobin, D. P. & Delahunt, E. (2014) The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 367–372.
- Völzke, M. (2014). *Experimentelle Untersuchungen methodischer Alternativen im Schnellkrafttraining mit Volleyballspielerinnen (erste Bundesliga)* (Dissertation). Friedrich-Schiller-Universität Jena, Deutschland.

Weineck, J. (2010). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (16. durchgesehene Aufl.). Balingen: Spitta-Verlag.

Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F. & Pfeifer, K. (2010) Balance training for neuromuscular control and performance enhancement: a systematic review. *Journal of Athletic Training*, 45(4), 392-403.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aus Taube et al., 2007.....	9
Abb. 2: Aus Taube et al., 2007.....	9
Abb. 3: Aus Bollinger et al., 2016.....	11
Abb. 4: Aus Bollinger et al., 2016.....	11
Abb. 5: Aus Bollinger et al., 2016.....	13
Abb. 6: Aus Seitz und Haff, 2015	15
Abb. 7: Zeitliche Abfolge der Methode mit Gleichgewichtsübung	24
Abb. 8: Zeitliche Abfolge der PAP-Methode	24
Abb. 9: Zeitliche Abfolge der Methode mit einer Gleichgewichtsübung und darauffolgender PAP.....	25
Abb. 10: Prozentuale Veränderung der Sprunghöhe der unterschiedlichen Sprungformen während den unterschiedlichen Methoden	26
Abb. 11: Prozentuale Veränderung der Sprunghöhe bezüglich den Methoden	27
Abb. 12: Prozentualer Veränderung der Sprunghöhe der Sprungarten	28
Abb. 13: Prozentuale Veränderung der Sprunghöhe aufgeteilt in gute Springer und schlechte Springer und nach Methode	29
Abb. 14: Prozentuale Veränderung der Sprunghöhe nach Niveau und Methode bei Drop Jumps	30
Abb. 15: Prozentuale Veränderung der Sprunghöhe der leistungsstärkeren und -schwächeren Probanden nach Sprungform	30

Danksagung

Ein grosser Dank gebührt Michael Wälchli, Doktorand an der Universität Freiburg. Er war mir bei der Planung und Durchführung meiner Masterarbeit stets eine grosse Hilfe. Ebenfalls möchte ich mich bei Lena Müller für das Korrekturlesen bedanken. Zudem bedanke ich mich bei allen Probanden, die keinen Aufwand gescheut haben um an meiner Masterarbeit teilzunehmen.

Persönliche Erklärung und Urheberrechtserklärung

Persönliche Erklärung

„Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Veröffentlichungen oder aus anderweitig fremden Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.“

Ort, Datum

Unterschrift

Urheberrechtserklärung

„Der/die Unterzeichnende anerkennt, dass die vorliegende Arbeit ein Bestandteil der Ausbildung, Einheit Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität Freiburg ist. Er/sie überträgt deshalb sämtliche Urhebernutzungsrechte (dies beinhaltet insbesondere das Recht zur Veröffentlichung oder zu anderer kommerzieller oder unentgeltlicher Nutzung) an die Universität Freiburg.“

Die Universität darf dieses Recht nur im Einverständnis des/der Unterzeichnenden auf Dritte übertragen.

Finanzielle Ansprüche des/der Unterzeichnenden entstehen aus dieser Regelung keine.

Ort, Datum

Unterschrift