

Korrelation von Flexibilität und Reichweite im Y-Balance Test

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades Bachelor of Arts in Sporttherapie und Prävention (B.A.) an der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam

Eingereicht von:	Erstgutachter:
Sebastian Witte	
	Zweitgutachter:
E-Mail:	
Matrikelnummer:	
Abgabedatum:	

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Theoretischer Hintergrund
2.1 Y-Balance Test (YBT)
2.2 Flexibilität
3. Methode
3.1 Stichprobe
3.2 Messinstrument
3.2.1 Y-Balance Test (YBT)
3.2.2 Goniometer 8
3.3 Durchführung9
3.4 Statistik
4. Ergebnisse
5. Diskussion
6. Schlussfolgerung
Literaturverzeichnis
Selbstständigkeitserklärung
AnhangII
Abbildungsverzeichnis II
TabellenverzeichnisV

1. Einleitung

Das Gleichgewicht hat einen großen Einfluss in alltäglichen Situationen wie auch im Sport. Um das Gleichgewicht halten bzw. herstellen zu können, arbeiten verschiedene Systeme in komplexer Weise zusammen. Dabei muss der Körper ständig auf Änderungen der Umwelt eingehen und sich und seine Position im Raum neu einschätzen und ggf. Anpassungen vornehmen (Faigenbaum, Bagley, Boise et al., 2015). Man unterscheidet das statische und dynamische Gleichgewicht. Im Gegensatz zum statischen Gleichgewicht, ist das dynamische Gleichgewicht immer dann aktiv ist, sobald sich der Körper in Bewegung befindet. Dies gelingt, indem man den Schwerpunkt innerhalb der Stützfläche lässt. (Lee & Ahn, 2008). Systeme die dabei helfen sind das visuelle, vestibuläre, neurologische und muskuloskelletale System (Knuchel & Schädler, 2004). Allgemein kann gesagt werden, dass unter dem Gleichgewicht die Fähigkeit verstanden wird, den Körper im Raum zu stabilisieren. Um das dynamische Gleichgewicht aufrechtzuerhalten bedarf es der Kombination aus verschiedenen Faktoren wie Kraft, Gleichgewicht und Flexibilität (Lee & Ahn, 2018). Doch welcher dieser Faktoren hat die größte Bedeutung? Das dynamische Gleichgewicht ist bei den verschiedensten Tätigkeiten im Alltag als auch beim Sport sowie der Sturzprophylaxe essenziell (Faigenbaum et al., 2015).

Aufgrund dieser Komplexität ist es nicht einfach das dynamische Gleichgewicht zu messen. Die Stabilometry ist ein valides und zuverlässiges (reliables) Instrument, wenn es darum geht das dynamische Gleichgewicht zu messen (Pollock, 2010). Dies ist jedoch sehr aufwendig und teuer. Auf der Suche nach einem geeigneten Verfahren wurde der Star Excursion Balance Test (SEBT) entwickelt. Aus dem SEBT entstand durch Reduzierung der acht Testrichtungen in nur noch drei Richtungen der Y-Balance Test (YBT) (Hertel, Braham, Hale & Olmsted-Kramer, 2006; Plisky, Rauh, Kaminski & et al., 2006). Eine weitere Methode ist die Berg-Balance Skala, die aufgrund eines höheren Risikos eines "ceiling effects" als unpassend eingestuft wurde (Lee & Ahn, 2018). Sowohl für den SEBT als auch den YBT konnte nachgewiesen werden, dass es geeignete Messverfahren zur Überprüfung des dynamischen Gleichgewichts sind (Gribble, Hertel & Plisky, 2012). Im Fokus dabei und Teil von mehreren Studien sind der SEBT und der hier benutzte YBT. Wie groß der Einfluss dieser Faktoren auf Ergebnisse im SEBT, YBT oder auch für das dynamische Gleichgewicht ist, konnte noch nicht vollständig geklärt werden. Der SEBT hat sich als gutes Messinstrument des dynamischen Gleichgewichts beweisen können, speziell beim Vergleich von gesunden Personen und Probanden mit chronischer Instabilität des Sprunggelenks (Gribble, Hertel, Denegar & et al., 2004). Die Neuromuskuläre Kontrolle ist ein wichtiger Bestandteil während der Ausführung des YBT, weshalb dieser gut geeignet ist, um das dynamische Gleichgewicht zu testen (Hertel, Miller & Denegar, 2000).

-

¹ Deckeneffekt, beschreibt eine Art von Messfehler, bei der der Messbereich überschritten wird und so immer ein maximales Ergebnis anzeigt.

Flexibilität, als ein Teil der das dynamische Gleichgewicht beeinflusst, ist bei vielen Aktivitäten im Alltag sowie bei sportlichen Aktivitäten wichtig. Eine gute Flexibilität der unteren Extremitäten, kann die Gefahr von Verletzungen selbiger verringern (Overmoyer & Reiser, 2015). Bisher wurden Aussagen über Flexibilität und Reichweiten im YBT oft nur bei Sportlern oder Probanden mit Beeinträchtigungen² überprüft (Greenberg, Barle, Glassmann & et al., 2019; Ko, 2016; Plisky et al., 2006).

Noch ist nicht vollends geklärt, wie diese Faktoren die Reichweiten und die Ergebnisse im YBT beeinflussen, schafft man es das herauszufinden, kann man leichter Aussagen über Verletzungsanfälligkeit treffen, als auch Hinweise für den Trainingsalltag liefern.

In vorherigen Studien wurde sich zum Beispiel schon mit dem Zusammenhang der Kraft und der Reichweite im YBT auseinandergesetzt (Wilson, Robertson, Burnham & et al., 2018). Dabei konnte ein Zusammenhang zwischen der isometrischen Kraft der Hüftaußenrotatoren und der Reichweite in posteromedialer Richtung festgestellt werden. Der größte Zusammenhang konnte bei der Kraft während der Hüftabduktion und allen drei Bewegungsrichtungen nachgewiesen werden (Wilson et al., 2018). Es konnte ein erhöhtes Risiko für Verletzungen festgestellt werden, wenn sich die Reichweiten im YBT der beiden Seiten unterscheiden oder von den Normwerten abweichen. Ziel dieser Arbeit ist es einen möglichen Zusammenhang der Reichweite im YBT und der Flexibilität darzustellen. Unter Umständen gelingt es die Bedeutung der Flexibilität, als einer der beteiligten Faktoren, für das dynamische Gleichgewicht besser einschätzen zu können. Dafür werden bisherige Erkenntnisse der Flexibilität und Forschungsergebnisse des YBT beschrieben und bei der Auswertung berücksichtigt. Gribble und Robinson (2008a) untersuchten den Zusammenhang von Flexibilität und Reichweite im SEBT. Overmoyer und Reiser (2015) untersuchten die Reichweiten im YBT unter Berücksichtigung der Flexibilität und konnten einen Zusammenhang zwischen Dorsalextension und Hüftflexion mit der Reichweite feststellen. Bisher konnte gezeigt werden, dass ein schlechtes dynamisches Gleichgewicht die Gefahr für Verletzungen erhöht, weshalb es von großer Bedeutung sein kann, wenn man gute Testinstrumente hat, die dieses messen können und der Zusammenhang der einzelnen Faktoren erklärt werden kann (Butler, Lehr, Plisky & et al., 2013).

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Zusammenhang zwischen Flexibilität und Reichweite im YBT. Dafür werden der YBT und ein Goniometer verwendet. Die Kraft und Koordination als weitere wichtige Faktoren für das dynamische Gleichgewicht werden nicht gemessen. Die Hypothese dieser Arbeit ist es, dass eine größere Bewegungsamplitude (ROM – Range of motion) in Verbindung mit einer größeren Reichweite im YBT steht. Zu Beginn der Arbeit, wird sich noch einmal genauer mit dem YBT und der Flexibilität auseinandergesetzt. Anschließend folgt die Beschreibung der Methodik inklusive Stichprobe, Beschreibung des Messverfahrens und der Durchführung. Gefolgt von der Präsentation der Ergebnisse und der abschließenden Diskussion und Schlussfolgerung.

² Als Beispiel Probanden mit chronischer Instabilität des Sprunggelenks (Ko, 2016).

2

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Y-Balance Test (YBT)

Ursprünglich war die Stabilometry das Maß der Dinge, um das dynamische Gleichgewicht zu messen. Da die herkömmliche Methode sehr zeitintensiv und teuer war, wurde der SEBT entwickelt (Hertel et al., 2000; Plisky et al., 2006). Die ursprüngliche Intention des SEBT war es ein Screeninggerät zu entwickeln, welches Aussagen über das Gleichgewicht tätigen kann. Später wurde der YBT genutzt um Dysbalancen feststellen zu können und eine Aussage über ein eventuell erhöhtes Risiko für Verletzungen, speziell der unteren Extremitäten, zu tätigen. Es handelt sich dabei um einen funktionellen Test, der eine Kopplung von Bewegungen erfordert. Dabei befindet sich der Proband im Einbeinstand und muss das Standbein in verschiedene Richtungen bewegen³. Gemessen wird dabei die maximal erzielte Reichweite die erzielt werden konnte und der Proband sicher in den stabilen Stand zurückkehren konnte. Neben dem Gleichgewicht wird die Kraft, Beweglichkeit, neuromuskuläre Kontrolle, Bewegungsausmaß und Rumpfkontrolle getestet. Der YBT ermöglicht die Überprüfung der oberen und unteren Extremitäten und durch die Einteilung in unterschiedliche Quadranten lassen sich die Bewegungsrichtungen und die rechte und linke Körperhälfte jeweils getrennt voneinander betrachten bzw. untereinander vergleichen.

Beim YBT werden die Reichweite, die normative Reichweite für die Bewegungsrichtungen, ein Gesamtscore Asymmetrien zwischen den beiden Beinen gemessen bzw. berechnet. Auch Asymmetrien lassen sich darstellen, wenn man die Ergebnisse der Beine vergeicht. Die Normative Reichweite erhält man durch Division der Reichweite durch die Beinlänge. Den Gesamtscore erhält man, indem man die Reichweiten (maximale, Durchschnittliche) der drei Richtungen addiert, durch die dreifache Beinlänge dividiert und anschließend mit 100 multipliziert. Als Beispiel exemplarisch die folgenden Messergebnisse für das rechte Bein:

Beinlänge 95 cm, Reichweite anterior 85 cm, posteromedial 90 cm, posterolateral 80 cm. Daraus ergibt sich $((85+90+80)\div(3\times95))\times100=89.47$. Dieser Wert kann nun mit dem Wert des anderen Beines, vorangegangenen Messungen oder Ergebnissen anderer Personen verglichen werden. Eine genauere Beschreibung über Ablauf und Aufbau des YBT befindet sich im Methodikteil (3.2.1 und 3.3). Mithilfe des YBT und SEBT konnte festgestellt werden, dass Personen mit einer Verletzung an den unteren Extremitäten veränderte Werte vorweisen und eine schlechte Kontrolle im Einbeinstand die Verletzungsgefahr, bei den verschiedensten Bewegungsaufgaben, erhöht (Hertel et al., 2006). Allgemein gilt, dass eine geringere Leistung oder Asymmetrien im SEBT zu einer erhöhten Verletzungsanfälligkeit führen (Butler et al., 2013). Für die Leistungsfähigkeit im YBT spielen die Verletzungsvorgeschichte sowie das Alter (Zunahme bis 30, danach Abfall der Leistung) und Geschlecht

3

³ Früher acht, jetzt drei Richtungen (anterior, posteromedial, posterolateral – Abb. 1)

eine Rolle. Plisky et al. (2006) fanden heraus, dass eine Abweichung von mehr als 4 cm in anteriorer Richtung das Verletzungsrisiko für die untere Extremität um das 2.5 fache erhöht. Für die anderen beiden Richtungen darf die Differenz nicht größer als 6 cm sein.

Der YBT ist ein Testinstrument zum Messen des dynamischen Gleichgewichts, welches in einem Review von Gribble et al. aus dem Jahre 2012 als zuverlässiges und valides Testinstrument nachgewiesen wurde. Besonders ausführlich wurde dies für Sportler (Fußballer, Basketballer) im jugendlichen oder jungen Erwachsenenalter festgestellt. Plisky et al. (2006) untersuchten High-School Basketballspieler von der 9.-12. Klasse, Greenberg et al. (2019) Mädchen zwischen 12-15 Jahren und Ng, Hon & Cheung (2018) Schuljungen im Alter von 6-13 Jahren. Shaffer, Teyhen, Lorenson & et al. (2013) führten Untersuchungen bei Militärprobanden zwischen 18-35 Jahren durch, Kinzey und Armstrong (1998) und Hertel et al. (2000) hatten eine ähnliche Altersstruktur (18-35 Jahren) in ihrer Studie. Inzwischen gibt es auch Studien die eine gute Reliabilität und Validität für Erwachsene nachweisen konnten (Plisky, Sipe, Ramey & Taylor, 2019.). Plisky, Gorman, Butler & et al. (2009), Shaffer et al. (2013) und Faigenbaum et al. (2014) fanden eine gute Intertestreliabilität heraus. Ko (2006) fasste noch einmal die Ergebnisse für den YBT zusammen und benannte eine gute interrater (0.99-1.00) und intrarater (0.85-0.91) Korrelation sowie eine gute test-retest intra-class Korrelation (0.89-0.93). Im YBT verringerte man, im Vergleich zum SEBT, die Anzahl der Richtungen von acht auf drei Richtungen, um Ermüdungserscheinungen zu minimieren und den zeitlichen Aufwand zu verringern (Hyong & Kim, 2014), (Plisky et al., 2006). Des Weiteren ist die Gefahr von Messfehlern bei nur drei Richtungen geringer als bei acht Richtungen. Um eine bessere Vergleichbarkeit zu schaffen und die Fehleranfälligkeit zu minimieren entwickelten Plisky et al. (2019) ein zusätzliches Testprotokoll.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der YBT ein valides und zuverlässiges Mittel zum Messen des dynamischen Gleichgewichts, unter Einfluss von Kraft, Koordination und Flexibilität, ist (Faigenbaum et al., 2015; Greenberg et al., 2019; Plisky et al., 2009; Shaffer et al., 2013). Der YBT misst und überprüft die Fähigkeit eine vorgegebene Bewegung auszuführen und dabei eine stabile Position einzunehmen. Dafür benötigt man eine Kombination aus Koordination, Kraft und Flexibilität (Gribble & Robinson, 2008a; Overmoyer & Reiser, 2015). Ziel dieser Arbeit ist es den Zusammenhang von Flexibilität und Reichweite im YBT herauszufinden. Dabei hat sich der YBT als ein solides und verlässliches Testinstrument herausgestellt, welches das dynamische Gleichgewicht messen kann und wurde für diese Zwecke gewählt.

2.2 Flexibilität

Die Flexibilität (Synonym Beweglichkeit) beschreibt den Umfang der maximalen Bewegung von Gelenken. Dabei unterscheidet man in aktive und passive Beweglichkeit. Die passive Beweglichkeit stellt dabei die wahre Beweglichkeit dar, die unabhängig von aktiven muskulären Aktivitäten erreicht wer-

den kann, also der maximale Bewegungsumfang eines Gelenkes (Walker, 2011). Die Begriffe Flexibilität und Beweglichkeit werden beide als Synonyme füreinander gleichbedeutend verwendet und den jeweiligen Autoren angepasst.

Die Beweglichkeit ist die Voraussetzung für sportliche und motorische Leistung (Schnabel et al., 2008), sowie allgemein die Leistungsfähigkeit (Walker, 2011). Die Beweglichkeit beeinflusst auch maßgeblich die technische und konditionelle Ausführung der Bewegungen. Die Muskelhemmung ist dabei eine wichtige Einschränkung der Beweglichkeit, da diese durch Übungen verbessert und verändert werden kann. (Graf, 2011). Sie ist dabei ein Teil des Großen und Ganzen und gehört neben der Kraft, Ausdauer und Koordination zu den Säulen der Bewegungslehre. Sie ist eine allgemeine motorische Fähigkeit.

Graf ergänzt in seinem Lehrbuch für Sportmedizin, dass die Beweglichkeit durch den aktiven und passiven Bewegungsapparat beeinflusst wird. Die Beweglichkeit kann von Gelenk zu Gelenk unterschiedlich sein. Zudem unterscheidet er in statische und dynamische Beweglichkeit (Graf, 2011).

Schnabel et al. klassifizieren sogar drei Kategorien. Die aktive, passive und anatomische Beweglichkeit. Unter der aktiven Beweglichkeit versteht man die Amplitude der Gelenkbeweglichkeit, die durch den für diese Bewegung oder Haltungsaufgabe zuständigen Muskel möglich ist. Unter der passiven Beweglichkeit verstehen sie das Ausmaß an Bewegung, welche durch äußere Kraft erreicht werden kann, darunter zählen die Schwerkraft, Muskelkraft eines Partners oder auch die eigene Kraft, zum Beispiel beim Heranziehen des Oberkörpers an das eigene Bein. Die anatomische Beweglichkeit beschreibt die Amplitude, die das Gelenk zulässt sobald alle Muskeln entfernt wurden. Sie beschreibt also die anatomische Möglichkeit der Bewegung des passiven Bewegungsapparats. Die passive Beweglichkeit ist dabei größer als die aktive und kann bis zu 90 % der anatomischen Beweglichkeit betragen (Schnabel, Harre & Krug, 2008, S.145/146). Weitere häufig benutzte Synonyme, die oft das gleiche meinen sind:

- Mobilität
- Gelenkigkeit
- Dehnfähigkeit.

Die Beweglichkeit lässt sich durch innere und äußere Faktoren beeinflussen. Zu inneren Faktoren zählen unter anderen Knochen, Bänder, Muskelmasse, Muskellänge, Muskeltonus, Sehnen (als Beispiel haben 10 % Einfluss auf die Beweglichkeit) und die Haut. Alter, Geschlecht, Temperatur, enge Kleidung oder Verletzungen zählen zu den äußeren Faktoren (Walker, 2011). Der allgemeine Bau und Funktionszustand der Gelenke beeinflusst die Beweglichkeit genauso, wie die Dehnbarkeit von Muskeln, Faszien und Nervengewebe. Auch die Kraftfähigkeiten der für die Bewegung zuständigen Muskeln beeinflusst maßgeblich die Flexibilität (Schnabel et al, 2008).

Es gibt drei grundlegende Aspekte, welche die Flexibilität beeinflussen. Schnabel et al. (2008) beschreiben die konstitutionelle, konditionell-energetische und koordinative Grundlage als Einfluss bzw. Einschränkungskriterien. Unter konstitutionellen Bedingungen versteht man die Stellung der Gelenkflächen, Dehnbarkeit von Kapsel und Bändern, die Muskelmasse sowie die Dehnbarkeit von Muskeln und Sehnen. Die konditionell-energetischen Faktoren beinhalten die Kraftfähigkeiten der für die Bewegung oder Haltungsaufgabe zuständigen Muskeln. Die Koordination von Agonisten, Antagonisten und Synergisten, der Muskeltonus und die Muskel- und Sehnenreflexe werden der koordinativen Grundlage zugeordnet. Bei den Konstitutionellen Grundlagen sind die Gelenktypen von Bedeutung, da sie die Bewegungsamplitude (ROM) mit beeinflussen. Sie unterliegen keinen großen interindividuellen Unterschieden. In der Studie wurde die ROM von der Hüfte (Kugelgelenk) und dem oberen Sprunggelenk (Scharniergelenk) gemessen. Kapsel und Bänder, welche die Gelenke hauptsächlich stabilisieren sollen, haben nur einen geringen Einfluss, da sie wenig dehnfähig sind. Eine Laxität wäre hier hinderlich und würde zu einer Hypermobilität führen. Auch der Gelenkstoffwechsel beeinflusst die Beweglichkeit. Alle Aspekte zusammen bestimmen die Gelenkbeweglichkeit. Einen größeren Einfluss wird der Dehnbarkeit von Muskeln, Sehnen, Faszien und der Muskelmasse an sich zugesprochen. Besonders großen Einfluss hat das Bindegewebe (Faszien 41 %, Sehnen 47%, Schnabel et al., 2008).

Die konditionell-energetischen Aspekte sind bei allen Beweglichkeitsanforderungen von großer Bedeutung. Demnach auch bei der Testung mithilfe des Y-Balance Test (YBT). Die aktive Beweglichkeit wird meist in der Bewegung getestet.

Unter koordinativen Grundlagen zählen zum Beispiel die Fähigkeit der guten (zeitlichen) Abstimmung der Kontraktion von Agonisten und Antagonisten. Man spricht dann auch von einer intermuskulären Koordination, diese hat großen Einfluss auf die aktive Beweglichkeit. Auch bei der passiven Beweglichkeit ist sie beteiligt zum Beispiel bei der Regulierung des Muskeltonus. In diesem Zusammenhang spielt die reziproke Innervation und Hemmung eine Rolle. Motoneurone senden Signale an Agonisten zur Aktivierung der Kontraktion und an die Antagonisten zur Kontraktionshemmung (Schnabel et al., 2008).

Bestimmte Einflussfaktoren lassen sich nicht beeinflussen. Es konnte jedoch ein Einfluss auf Muskeln, Bindegewebe, Gelenkstoffwechsel und die sensomotorische Regulation und psychovegetative Hemmung bzw. Aktivierung durch geeignete Dehn- oder Trainingsübungen nachgewiesen werden.

Steife und verspannte Muskulatur (Hyperton) können zu Einschränkungen im Alltag führen bis hin zu Gelenkschmerzen. Die Effizienz der Bewegungsausführung ist vermindert und allgemein die Leistungsfähigkeit und Koordination negativ beeinflusst. Der Körper ist dann nicht in der Lage Entspannung und Kontraktion effizient zu steuern und dies kann zu Kraft- und Energieverlusten führen. Auch

-

⁴ Schlaffheit

die Durchblutung kann vermindert sein, was zu schnellerem Ermüden führen könnte und die Regeneration verlangsamt (Walker, 2011). Die Bedeutung der Flexibilität wird genauer sichtbar, wenn sie Eingeschränkt ist zum Beispiel durch Verletzungen oder Krankheit (Schnabel et al., 2008). Sie ist zudem Voraussetzung für die Realisierung und das Erlernen von sportlichen Techniken und hat eine Bedeutung für die Bewegungsökonomie durch Reserven in der Beweglichkeit. Auch auf das Wohlbefinden und die Gesundheit kann sich die Beweglichkeit auswirken, zum Beispiel beim arthromuskulären Gleichgewicht (Schnabel et al., 2008). Schnabel et al. (2008) bezeichnen die Gelenkreichweite als Standardmaß für die Aussage über die Beweglichkeit und Klee und Wiemann (2005) ergänzten die Aussage indem sie die Muskeldehnfähigkeit als entscheidend für die motorische Beweglichkeit beschrieben.

Die Beweglichkeit wird mithilfe eines Goniometers gemessen und hat eine große Bedeutung in der Ausführung von Bewegungsaufgaben und Screeningverfahren, so wie hier für den YBT (Overmoyer & Reiser, 2015). Die Goniometrie gilt dabei als valides Instrument, wenn es darum geht die Flexibilität zu messen (Overmoyer & Reiser, 2015). Bei der Flexibilität unterscheidet man zusätzlich die aktive und dynamische Flexibilität. Die aktive Flexibilität wird maßgeblich durch die maximale ROM festgelegt. Die ROM wird mithilfe des Goniometers gemessen, wobei es teilweise schwierig sein kann zu entscheiden, ob es sich um die maximal mögliche ROM handelt oder kapsuläre oder ligamentäre Strukturen ihren Einfluss ausüben (Gleim & McHugh, 1997). Erneut Gleim und McHugh (1997) haben einen Zusammenhang zwischen Flexibilität und der Verletzungsanfälligkeit feststellen können. Dies konnten Overmoyer und Reiser (2015) bestätigen, besonders Asymmetrien in der Flexibilität sind dabei von Bedeutung. Daraus lässt sich erkennen, welche Bedeutung der YBT für die Diagnostik haben könnte, wenn ein Zusammenhang von Reichweite und Flexibilität festgestellt werden kann.

3. Methode

3.1 Stichprobe

Die Messung umfasste 30 gesunde Testpersonen. Teilnehmen durften alle Probanden die gesund und schmerzfrei waren. Alle Probanden mussten zudem volljährig sein. Ebenfalls ausgeschlossen wurden Personen mit aktuellen oder akuten Beschwerden bzw. Krankheiten, die das dynamische Gleichgewicht negativ beeinflussen können. Die Teilnahme war freiwillig und konnte jederzeit abgebrochen werden. Vor Testaufnahme wurden die Probanden aufgeklärt und haben eine Einverständniserklärung unterzeichnet. Im Durchschnitt waren die Probanden 30.5 Jahre ± 5.8 Jahre alt. Von den 30 Testpersonen waren 11 weiblich und 19 männlich. Die Durchschnittsgröße lag bei 172.30 cm ± 10.06 cm und das Durchschnittsgewicht betrug 71.05 kg ± 11.3 kg. Bei den Beinlängen gab es im Vergleich vom rechten und linken Bein im Durchschnitt nur eine sehr geringe Abweichung, die Durchschnitts-

länge vom rechten Bein betrug 92.85 cm \pm 6.0 cm und die des linken Beins 92.95 cm \pm 6.2 cm. Bei 93.3 % der Probanden war das rechte Bein das dominante Bein.

3.2 Messinstrument

3.2.1 Y-Balance Test (YBT)

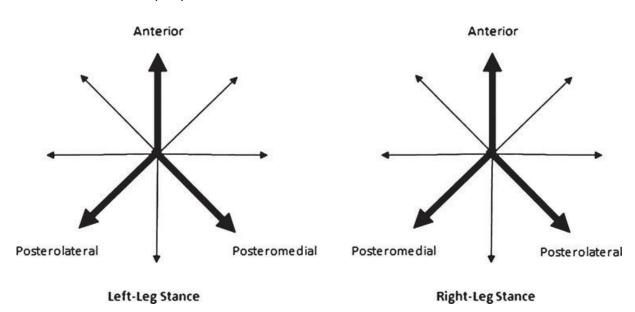


Abbildung 1: YBT — Einbeinstand Linkes Bein (links), Einbeinstand Rechtes Bein (rechts); https://timkiemcongty.net/image/influence-of-body-mass-index-on-movement-efficiency-among.html (24.06.19: 17:00 Uhr)

Die drei Testrichtungen des YBT werden mit Tape am Boden markiert und mit Zentimeterangaben versehen. In der Mitte wird ein Bereich markiert, wo das Standbein der Testperson platziert wird. Faigenbaum et al. (2015) konnten bei Kindern nachweisen, dass es nicht relevant ist, ob das originale Testkit oder Tapestreifen am Boden verwendet wurden. Der Y-Balance Test besteht aus drei Streifen in drei verschiedenen Richtungen. Einer anterioren Richtung (nach vorne), und zwei Streifen nach hinten. Einer in Posteromedialer Richtung und einer in posterolateraler Richtung. Die Bezeichnung der posterioren Richtung ist dabei immer abhängig vom gewählten Standbein (siehe Abb. 1). Die dicken Linien entsprechen den Testrichtungen des YBT.

Der Winkel zwischen den beiden hinteren Streifen beträgt 90 Grad, die Winkel zwischen den hinteren und dem vorderen Streifen betragen jeweils 135 Grad (siehe Abb. 8 im Anhang).

3.2.2 Goniometer

Die Flexibilität wurde mithilfe der Bewegungsamplitude (ROM) und einem Goniometer gemessen. Dafür wurde die aktive Neutral-O-Methode verwendet und die Freiheitsgrade der Hüfte und im Sprunggelenk gemessen (Freiherr von Salis-Soglio, 2015). Das Goniometer ist ein Messinstrument zum Messen von Winkeln. Es besteht aus zwei beweglichen Armen, um einen Mittelpunkt und mehreren Kennzeichnungen und Hilfslinien auf den Winkelarmen. Der eine Arm wird als stationärer Arm

betrachtet, der sich während der Messung nicht bewegt und der andere wird dazu genutzt die neue Stellung (Endstellung) zum Beispiel der Extremität zu erfassen. Wenn der Mittelpunkt des Goniometers mit dem Drehpunkt der Gelenke übereinstimmt, kann man das Bewegungsausmaß durch Winkelangaben auf dem Goniometer ablesen bzw. beschreiben.

3.3 Durchführung

Vor der Testdurchführung haben die Probanden ihre Einverständnis zur Ausübung der Testbatterie gegeben und den anthropometrischen Fragebogen ausgefüllt. Anschließend erfolgte eine kurze Erwärmung in Form von einer Minute Treppensteigen. Der Test wurde im Keller in den Räumlichkeiten der Hochschulambulanz der Universität Potsdam ausgeführt. Die Daten wurden anonym ausgewertet. Nach der Erwärmung folgte die Testung des Y-Balance Tests.

Der Proband stellte sich mit seinen Standbein an die Markierung, die Schuhe waren dabei angezogen. Ein Tester überwachte die Durchführung der Ausführung, gab das Startkommando und notierte die Reichweiten.

Der Proband stand mit seinem Standbein an der Markierung und legte beide Hände in die Hüfte. Das andere Bein wurde nun langsam und kontrolliert angehoben und so weit es geht in die Testrichtung bewegt. Am Ende des Bewegungsausmaßes wurde die Fußspitze gestreckt und Tester 1 las das Ergebnis ab. Gemessen wurde der distalste Punkt am Fuß. Anschließend musste das Bein sicher und kontrolliert zurückgeführt werden. Für jedes Bein hatte der Proband zwei Versuche in jede Testrichtung und zwei Probeversuche vor der Testung. Laut Plisky et al. (2009) reichen vier Versuche aus, um das Ergebnis nicht durch Lerneffekte zu beeinflussen.

Ein Versuch galt als ungültig, wenn der Proband:

- Mit dem angehobenen Bein den Boden berührte
- Nicht mehr sicher in die Ausgangssituation zurückkam
- Den Hacken (Calcaneus) vom Boden löste

Zuerst wurden alle vier Testungen (je 2-mal das rechte und 2-mal das linke Bein) in anteriorer Richtung durchgeführt. Anschließend folgten die anderen beiden Richtungen, auch jeweils mit zwei Versuchen pro Bein und Richtung. Insgesamt absolvierte jeder Proband in der ersten Testreihe also 12 Versuche.

Danach gab es eine 5-minütige Pause in der mithilfe eines Goniometers die Range of motion und Beinlänge gemessen wurde. Danach folgten drei Durchgänge von Messungen des Maras-Asefi Balance Test (MABT)⁵ und zwischen den Durchgängen gab es jeweils 5-10 Minuten Pause und die Messun-

⁵ Der MABT verändert den YBT, indem zwischen allen 3 Richtungen nun ein Winkel von 120 Grad besteht. Abb. 8 Im Anhang.

gen der ROM. Tester 1 und Tester 2 wechselten nach der Hälfte der Tests ihre Aufgaben. Die Messreihe bestand aus der Durchführung von YBT und MABT und den entsprechenden Reichweiten in den drei genannten Testrichtungen.

Bei der Auswertung wurde nur der Durchschnittswert berücksichtigt, da es keine großen Unterschiede zwischen den Maximalwerten und den Durchschnitten der einzelnen Messungen gab.

Die Bewegungsamplitude also das maximale Ausmaß der Gelenkbeweglichkeit (Gelenkwinkel) wurde wie bereits erwähnt mithilfe eines Goniometers gemessen. Dabei wurde die Bewegungsamplitude von:

- Hüftflexion
- Hüftextension
- Hüftabduktion
- Hüftadduktion
- Hüftinnenrotation
- Hüftaußenrotation
- Dorsalextension (obere Sprunggelenk)
- Plantarflexion (obere Sprunggelenk)

gemessen. Die Beweglichkeit dieser acht Gelenkbewegungen wurde jeweils 2-mal bei jedem Bein gemessen. Gemessen wurde dabei mit der Neutral-O-Methode und einem Goniometer. Bei der Durchführung gibt es zwei wesentliche Punkte zu beachten: (Freiherr von Salis-Soglio, 2015)

- Drehzentrum vom Gelenk und Winkelmesser sind identisch
- Winkelarme entlang der Gelenkarme

Es wurde die aktive Beweglichkeit gemessen, das heißt die Winkelstellung, der mithilfe der eigenen Muskelkraft eingenommen werden kann. Dies ist meist nicht die maximale Beweglichkeit, da diese nur passiv, unter Ausschaltung der Muskulatur, möglich ist.

Alle gemessenen Gelenkstellungen werden kurz beschrieben, eine Übersicht ist auch in der Tabelle 1 zu finden.

Die Hüftflexion und Extension wurde am liegenden Probanden gemessen. Für die Hüftflexion lag der Patient auf dem Rücken. Der Drehpunkt vom Goniometer wurde in der Mitte des Trochanter major des zu testenden Beines angelegt. Für den festen Winkelarm wurde eine gedachte Linie vom Trochanter major zum Malleolus lateralis gezogen und der Winkelarm daran ausgerichtet. Anschließend wurde das Testbein so weit, wie aktiv möglich, im Hüftgelenk flektiert (ohne Ausweichbewegungen nach außen zu zeigen und auch nur so weit, wie die Bewegung möglich war, ohne mit dem Gesäß abzuheben). Der zweite Winkelarm wurde dann entlang der Linie vom Trochanter major zur Kniemitte ausgerichtet.

Bei der Hüftextension lag der Proband auf dem Bauch und das Bein wurde während der Messung so weit nach oben angehoben, bis das Becken anfing sich zu bewegen bzw. Ausgleichbewegungen im Rumpf zu sehen waren. Beide Winkelarme befanden sich auf einer Linie vom Trochanter major zum lateralen Malleolus.

Tabelle 1 Messbeschreibung Gelenkbewegungen mithilfe des Goniometer

Gelenkbewegung	Drehpunkt (fulcrum)	Fester Arm	Bewegender Arm	
Hüftflexion (Abbildung 4 im Anhang)	Trochanter major	Liegendes Bein in Ausgangsstel- lung Linie fulcrum – Malleolus la- teralis	Gebeugtes Bein Linie Drehpunkt - Kniespitze	
Hüftextension (Abbil- dung 4 im Anhang)	Trochanter major	Liegendes Bein in Ausgangsstel- lung Linie Drehpunkt – Malleolus lateralis	Gehobenes Bein Linie Drehpunkt – Malleolus Iateralis	
Hüftadduktion (Abbil- dung 5 im Anhang)	Mitte SIAS – Sym- physis pubica	Ausgestrecktes liegendes Bein ent- lang Mitte Leistenbeuge zu den Zehen in Ausgangsstellung	Endposition Testbein Line Drehpunkt - Pat- telaspitze	
Hüftabduktion (Abbil- dung 5 im Anhang)	Mitte SIAS – Sym- physis pubica	Ausgestrecktes liegendes Bein ent- lang Mitte Leistenbeuge zu den Zehen in Ausgangsstellung	Endposition Testbein Linie Drehpunkt - Pat- telaspitze	
Hüftinnenrotation (Ab- bildung 6 im Anhang)	Pattellamitte	Testbein Patella - Fußspitze in Ausgangsstellung	Endposition Testbein Line Drehpunkt - Pat- telamitte	
Hüftaußenrotation (Ab- bildung 6 im Anhang)	Pattellamitte	Testbein Patella - Fußspitze in Ausgangsstellung	Endposition Testbein Line Drehpunkt - Pat- telamitte	
Dorsalextension (Abbil- dung 7 im Anhang)	Malleolus lateralis	Unterschenkel Testbein Linie Malleolus lateralis – Mitte laterale Knieseite	Fuß Testbein Linie Malleolus lateralis – entlang Zehen	
Plantarflexion (Abbil- dung 7 im Anhang)	Malleolus lateralis	Unterschenkel Testbein Linie Malleolus lateralis – Mitte laterale Knieseite	Fuß Testbein Linie Malleolus lateralis – entlang Zehen	

Die Ausgangsposition bei der Hüftadduktion und Hüftabduktion ist jeweils die Rückenlage. Der Drehpunkt des Goniometers wird auf dem gedachten Mittelpunkt zwischen Spina iliaca anterior superior (SIAS) und Symphysis pubica auf der Testbeinseite angelegt. Der Stationäre Winkelarm geht entlang dieses Mittelpunktes auf einer Linie durch die Oberschenkelmitte Richtung zweite Zehe und der bewegte Winkelarm hat dieselbe Ausrichtung nur in der jeweiligen Endstellung. Dies ist sowohl für die Adduktion als auch die Abduktion identisch. Für die Abduktion wird das Testbein nach lateral bewegt, bis es zu einer Ausgleichbewegung in der Hüfte kommt. Die Adduktion wird mit angehobenen Bein und maximaler Bewegung des gestreckten Beins nach medial bestimmt. Auch hier nur so weit, bis eine Ausweichbewegung zu erkennen ist.

Die Hüftinnen- und Außenrotation wurde im Sitzen und nicht wie in Abbildung 6 (im Anhang), im Liegen gemessen. Der Drehpunkt ist die Patellamitte und der stationäre Arm befindet sich auf einer Linie entlang der Schienbeinmitte zum zweiten Zeh. Die gleiche Orientierung kann für den bewegten Winkelarm angegeben werden, allerdings dann in der Endstellung.

Neben der Hüftbeweglichkeit wurde auch die Beweglichkeit des oberen Sprunggelenks getestet. Für die Dorsalextension und die Plantarflexion saß der Patient mit hängenden Beinen an einer Kante. Drehpunkt bei beiden Bewegungen war die Mitte des Malleolus lateralis. Der stationäre Winkelarm befand sich auf einer Verlängerung dieses Punktes und der Linie zur lateralen Kniemitte entlang der Fibula. Der Bewegte Arm geht vom lateralen Malleolus entlang des Fußrückens zu den Zehen.

Die Beinlänge wurde von der Spina iliaca anterior superior (Hüfte) bis zum Malleolus medialis (Sprunggelenk) gemessen. Für die Auswertung der Reichweite wurde die Reichweite normalisiert. Dafür wurde die Reichweite durch die Beinlänge dividiert und mit 100 multipliziert (($Reichweite \div Beinlänge$) \times 100), dadurch erhält man einen Prozentwert. Auch die maximale ROM wurde normalisiert, indem man die ROM durch die Beinlänge dividierte und mit 100 multiplizierte.

3.4 Statistik

Die Daten wurden deskriptiv analysiert, dies beinhaltet Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) von Reichweite und Bewegungsamplitude (ROM). Für die Ergebnisse wurde überall der Durchschnitt und die Standardabweichung berechnet (Peat, Barton & Elliot, 2008.) Jede Testrichtung enthielt 2 Versuche und der Mittelwert beschreibt die Reichweite für jede Richtung. Mithilfe der Pearson-Korrelation wurde die statistische Signifikanzzuordnung zwischen Reichweite und Bewegungsamplitude versucht darzustellen. Dabei betrug das Signifikanzniveau p=0.05. Die Pearson Korrelation ermöglicht das Vergleichen zweier Variablen und die Bildung dieses Korrelationskoeffizienten. Er liegt stets zwischen -1 und +1. Ein Koeffizient von +1 beschreibt einen perfekten positiven Zusammenhang der beiden variablen und die -1 gibt einen perfekt negativen Zusammenhang an. Ein Wert der gegen 0 geht bedeutet, dass kein linearer Zusammenhang zwischen den Variablen besteht. Das heißt mithilfe des Pearson Korrelationskoeffizienten kann man nur lineare Zusammenhänge erkennen und darstellen. Die Variablen können trotzdem einen Zusammenhang haben, nur keinen linearen. Um die Pearson Korrelation anwenden zu können, müssen die Daten kardinal oder auch met-

risch skaliert vorliegen. Dies ist hier der Fall, da die Werte eine natürliche Rangordnung/Reihenfolge haben und es auch einen klaren "Nullpunkt" gibt. Der Korrelationskoeffizient wurde als schwach (< 0.3), Mittel (0,3. - 0,5) und stark (> 0.5) eingeschätzt (Peat et al., 2008). Die Daten wurden mithilfe der SPSS-Version 21.0 analysiert und beschrieben.

4. Ergebnisse

Alle Angaben beinhalten die durchschnittlichen Reichweiten oder durchschnittliche ROM. Zudem wird die Standardabweichung angegeben und mit Abweichung (*SD*) abgekürzt oder in eckigen Klammern [] angegeben. Die Reichweite wurde normalisiert, indem man die Reichweite durch die Bein-

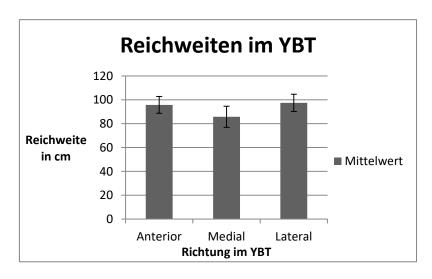


Abbildung 2 Reichweiten im YBT

länge dividierte und mit 100 multiplizierte. Die Beinlänge wurde von der Spina iliaca anterior superior zum medialen Malleolus am Sprunggelenk gemessen.

In Abb. 2 kann man die Durchschnittliche Reichweite inklusive der Standardabweichung ablesen. Die Durchschnittliche Reichweite in anteriorer Richtung (AnteriorAve) beträgt 95.8 cm mit einer Standardabweichung von \pm 7.0 cm. In posterolateraler (Abgekürzt "Lateral", LateralAve) Richtung 97.5 cm mit einer Standardabweichung von \pm 7.2 cm und in posteromedialer (Abgekürzt "Medial", MedialAve) Richtung 85.8 cm und einer Abweichung von \pm 8.9 cm. Die Bewegung mit der größten Reichweite ist die Bewegung nach posterolateral (siehe Abb. 9 im Anhang).

Als nächstes wurde die Bewegungsamplitude (ROM) ausgewertet, die mithilfe eines Goniometers gemessen wurde. In Abb. 3 sieht man die Mittelwerte der einzelnen ROM der Gelenkbewegungen inklusive der Standardabweichung. Bei der Hüftflexion (HipFlex) wurden 123.5 Grad gemessen, mit einer Standardabweichung von \pm 8.8 Grad. In Extensionsstellung (HipExt) wurden 7.95 Grad und \pm 3.3 Grad Abweichung gemessen. In Abduktionsstellung (HipAbd) der Hüfte wurden 32.650 Grad gemessen [SD: \pm 3.4 Grad] und in Adduktion (HipAdd) 19.18 Grad [SD: \pm 5.3 Grad] gemessen. Die Durch-

schnittliche Hüftinnenrotation (HipIR) betrug 33.7 Grad [SD: \pm 7.7 Grad] und die Außenrotation (HipOr) 30.28 Grad [SD: \pm 5.5 Grad].

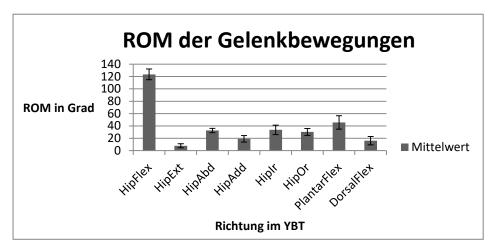


Abbildung 3 Durchschnittliche Bewegungsamplitude (ROM) der Gelenkbewegungen inklusive Standardabweichung

Im Sprunggelenk wurden bei der Dorsalextension (Dorsalflex) 16.12 Grad [SD: ± 6.8 Grad] und bei der Plantarflexion (Plantarflex) 45.6 Grad [SD: ± 10.9 Grad] gemessen (siehe Tab. 3 im Anhang).

In Tabelle 2 kann man die Korrelation zwischen den Richtungen und den Gelenkbewegungen und die zugehörige Signifikanz ablesen. Bei der Korrelation (Pearson Correlation, r) zwischen Hüftadduktion (HipAdd) und Bewegung in anteriorer Richtung (AnteriorAve) wurde eine mittlere Korrelation von .388 festgestellt. Die Signifikanz weist eine starke Assoziation von .034 auf. Ebenfalls eine mittlere Korrelation wurde bei der Hüftextension (HipExt) und der Reichweite in medialer Richtung (Medial-Ave) von .436 festgestellt. Die Dazugehörige Signifikanz (Sig, p) beträgt .016.

Tabelle 2 Korrelation und Signifikanz zwischen Reichweite und ROM

correlations		HipFlex	HipExt	HipAbd	HipAdd	Hiplr	HipOr	Plantarflex	Dorsalflex
	Pearson Correlation	147	298	070	.388*	.179	080	155	.066
AnteriorAve	Sig. (2-tailed)	.438	.110	.713	.034	.345	.676	.414	.730
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
	Pearson Correlation	076	.436*	063	.018	.229	.141	.172	300
MedialAve	Sig. (2-tailed)	.691	.016	.741	.923	.224	.457	.364	.107
	N	30	30	30	30	30	30	30	30
	Pearson Correlation	141	.264	262	073	.221	.036	.100	203
LateralAve	Sig. (2-tailed)	.456	.158	.161	.702	.240	.851	.597	.282
	N	30	30	30	30	30	30	30	30

Eine starke Korrelation konnte bei keiner der gemessenen Testrichtungen in Verbindung mit der ROM festgestellt werden. Eine mittlere Korrelation konnte, wie oben bereits beschrieben, bei der Hüftadduktion in Verbindung mit der anterioren Richtung und der Hüftextension und der medialen Richtung festgestellt werden. Alle weiteren Betrachtungen lieferten eine schwache Korrelation. Eine

schwache negative Korrelation konnte bei allen drei Richtungen, der Hüftflexion und der Hüftabduktion festgestellt werden. Durchweg schwache positive Korrelationen konnten bei der Hüftinnenrotation und den drei genannten Testrichtungen festgestellt werden. Eine genauere Übersicht befindet sich im Anhang. Es wurden insgesamt mehr negative schwache Korrelationen als schwache positive Korrelationen gefunden (12 zu 10) und zwei mittlere positive Korrelationen (siehe Tab. 4 im Anhang). Ein hohes Signifikanzlevel (von $p \le 0,05$) konnte nur bei den zwei mittleren Korrelationen (HipExt + MedialAve und HippAdd + AnteriorAve) festgestellt werden. Allgemein konnte keine wirkliche Korrelation von normalisierter Durchschnittlicher Reichweite und der ROM von Hüfte und/oder Sprunggelenk festgestellt werden.

5. Diskussion

Es konnte kein wirklicher Zusammenhang zwischen Reichweite und Flexibilität festgestellt werden. Einzig eine schwache Beziehung zwischen Hüftadduktion und anteriorer Reichweite sowie Hüftextension und posteromedialer Richtung. Wie bei Schnabel et al. (2008) bereits erwähnt wurde, wird die Flexibilität durch Kraftfähigkeiten der Muskulatur sowie deren Dehnbarkeit beeinflusst. Das könnte ein Grund sein, warum die reine Flexibilität scheinbar keinen großen Einfluss hat, da mehrere Faktoren sowohl die Flexibilität als auch die Reichweite im YBT beeinflussen. Es liegt nahe, dass die (maximale) Flexibilität nicht der ausschlaggebende Faktor ist und keine größere Bedeutung für die (durchschnittliche maximale) Reichweite im YBT hat. Gerade wenn man absolute Werte betrachtet und keine Seitendifferenzen. Man kann vermuten, dass die Flexibilität auch keine größere Bedeutung für das dynamische Gleichgewicht hat oder zumindest nicht der ausschlaggebende Faktor ist. Im Gegensatz dazu stellten Overmoyer und Reiser (2015) fest, dass die Dorsalextension Einfluss auf alle Reichweiten in allen drei Bewegungsrichtungen im YBT hat und die Hüftflexion Einfluss auf die posterioren (posteromedial und posterolateral) Richtungen. Einige Studien konnten nachweisen, dass größere Bewegungsamplitude zu einer größeren Reichweite im YBT führt (Gribble et al., 2008a). Dorsalextension und Knieflexion (hier nicht gemessen) sind für die Ausführung und maximale Reichweite im YBT wichtig. Zumindest wenn man keine Asymmetrien betrachtet. Gerade die anteriore Reichweite kann von einer größeren Dorsalextension und Knieflexion profitieren (Overmoyer & Reiser, 2015). Es ist dabei zu bedenken, dass hier nur die durchschnittlichen normalisierten Reichweitenwerte betrachtet wurden und keine getrennte Betrachtung der beiden Seiten oder der absoluten Maximalwerte stattgefunden hat. Studien besagen, dass eine geringere ROM positiv mit der Reichweite im YBT korreliert (Ko, 2016; Overmoyer & Reiser, 2015). Zu überlegen wäre es, ob eine geringe Bewegungsamplitude oder Einschränkung selbiger, stärkeren Einfluss auf die Reichweite hat, als eine große maximale Bewegungsamplitude. Das würde bedeuten, dass man die ROM auf ein Mindestmaß verbessern sollte, um eine gute Ausgangslage zu schaffen, es aber nicht so wichtig wäre, eine maximale ROM in den Gelenken zu erzielen.

Auch fraglich ist, welchen Einfluss und Zusammenhang zwischen Kraftfähigkeiten und der Beweglichkeit besteht. So wurde bereits festgestellt, dass für die maximale Reichweite im YBT die isometrische Kraft der Hüftabduktoren eine Bedeutung hat (Wilson et al., 2018). Die Reichweite im YBT ist unter anderen von der exzentrischen und isometrischen Neuromuskulären Kontrolle des Standbeines abhängig (Hertel et al., 2000). Doch welchen Einfluss oder Beziehung besteht zwischen der Kraft und der Beweglichkeit? Ein Interessanter Bereich, der noch genauer betrachtet werden muss.

Die gemessenen Reichweiten weichen teilweise mehr oder weniger stark von Literaturangaben ab und können ein möglicher Grund dafür sein, dass keine Korrelation festgestellt werden konnten. In den meisten Untersuchungen wurde eine größere Reichweite in posteromedialer als in posterolateraler Richtung festgestellt, hier ist es genau andersherum (Butler, Gorman, Plisky & et al., 2012). Gribble und Robinson (2008b) stellten ähnliche Reichweiten fest, auch wenn dort der SEBT durchgeführt wurde und erneut die posteromediale Richtung gegenüber der posterolateralen Richtung eine größere Reichweite aufwies. Die posteromediale Richtung scheint bei den meisten Studien dominanter, gegenüber der posterolateralen Richtung, zu sein (Gribble & Robinson, 2008b; Plisky et al., 2006). Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen in dieser Studie, wo die posterolaterale Richtung gegenüber der posteromedialen Richtung größere Weiten vorweist. Vergleicht man die Werte dieser Studie (anterior: 95.79 cm, medial: 85.75 cm, lateral: 97.45 cm) mit anderen Studien, so fällt auf, dass es schwierig sein kann, die reinen Reichweiten miteinander zu vergleichen. Plisky et al. (2006) hatten in anteriorer Richtung eine Reichweite von 83.9 cm, nach medial 107.0 cm und nach lateral 100.4 cm, bei über hundert High-School Basketballspielern feststellen können. Bei Ko (2016) waren es nach anterior 64.74 cm, nach medial 103.77 cm und nach lateral 96.54 cm bei den gesunden Probanden (Bei den Probanden mit chronischer Instabilität des Sprunggelenks wurden niedrigere Werte gemessen). Lee und Ahn (2018) hatten bei gesunden männlichen Probanden Anfang 20 in anteriorer Richtung ebenfalls geringere Werte (ca.70 cm). In den beiden hinteren Richtungen aber größere Weiten mit (posteromedial ca. 113 cm und posterolateral 114 cm).

Zugegeben es ist ein Unterschied, bei welcher Probandengruppe (Alter, Verletzungshistorie, Sportler/Nicht Sportler,...) die Messung durchgeführt wurde und verdeutlich noch einmal wie divergent die reinen Reichweiten sein können. Man muss sich die Ergebnisse für jede Gruppe gesondert anschauen und Vergleichswerte schaffen bzw. Auffälligkeiten innerhalb des Messsystems finden. Das Ziel sollte es sein Gesetzmäßigkeiten ableiten zu können anhand derer man eine Aussage treffen kann, so wie es zum Beispiel mit dem Gesamtscore oder den Seitendifferenzen⁶ getan wurde (Plisky et al., 2006).

-

⁶ Sie stellten fest, dass eine Seitendifferenz von mehr als 4 cm in anteriorer Richtung mit erhöhter Verletzungsanfälligkeit einhergeht.

Butler et al. (2013) konnten feststellen, dass ein Gesamtscore beim YBT Protokoll, welcher unter 89 % liegt, das Risiko für Verletzungen erhöht. Es wäre zudem interessant zu schauen, ob das zufällige Ergebnisbefunde sind oder die posteromediale Richtung immer dann dominant ist, wenn Probanden eine Verletzungsvorgeschichte haben. Wäre dies der Fall, könnte man vermuten, dass die posterolaterale Richtung bei Verletzungen eingeschränkt ist und stärker auf Veränderungen reagiert. Betrachtet man die Bewegungsmechanik und vergleicht beide Bewegungen, wäre dies durchaus denkbar. Diese Erkenntnis konnten Butler et al. (2013) bestätigen, indem sie nachweisen konnten, dass eine schlechtere posterolaterale Leistung das Risiko für Sprunggelenksverletzungen erhöht. Ein genaues Urteil ist diesbezüglich nicht möglich, weil nur ein kleiner Ausschnitt von Studien betrachtet wurde. Messfehler oder Fehler bei der Kennzeichnung und/oder Protokollierung könnten für die unterschiedlichen Weiten ebenfalls verantwortlich gewesen sein. Je genauer und einheitlicher die Testanleitung, der Ablauf, der Protokollbogen und alle weiteren für die Messung relevanten Faktoren sind, umso geringer ist die Gefahr von Fehlern bzw. umso leichter lassen sich die Studien untereinander vergleichen.

Auch die ROM Werte liegen nicht immer im Normbereich. Da die Bewegungsamplitude auf verschiedene Arten ermittelt werden kann und generell schwierig zu messen ist, ist sie anfällig für Fehler, sodass es mitunter schwer sein kann die Werte untereinander zu vergleichen (Overmoyer & Reiser, 2015). Erneut Overmoyer und Reiser (2015) konnten so zum Beispiel ähnliche ROM bei der Hüftabduktion (34 Grad zu hier 32.65 Grad), Hüftinnenrotation (31 Grad zu hier 33.7 Grad) und der Hüftaußenrotation (30 Grad zu hier 30.28 Grad) nachweisen. Wohingegen bei der Hüftextension (23 Grad zu hier 7.95 Grad) und Hüftadduktion (15 Grad zu hier 19.18 Grad) teilweise größere Unterschiede festgestellt wurden. Um dies ausführlicher beschreiben zu können, bedarf es auch hier einer genaueren Betrachtung der exakten Messanweisung bzw. eines einheitlichen Messverfahrens um gewonnene Daten besser miteinander vergleichen zu können. Die gemessenen ROM entsprechen ungefähr den Erwartungen bzw. den Richtwerten. Die Hüftabduktion mit 32.65 Grad (Norm: 30-45 Grad), Hüftinnenrotation mit 33.7 Grad (Norm: 30-45 Grad) und die Plantarflexion mit 45.6 Grad (Norm 40-50 Grad) befinden sich im Normbereich (Freiherr von Salis-Soglio, 2015). Die Hüftabduktion und die Hüftinnenrotation können bei der Bewegung nach medial für die Hüftabduktion bzw. nach lateral für die Hüftinnenrotation eine Bedeutung haben (Hier wurde dann nur das Spielbein betrachtet, für das Standbein besteht unter anderen wieder eine andere Beziehung). Wohingegen die Plantarflexion bei der Bewegungsausführung keine wichtige Komponente einnimmt, wenn man sich die Biomechanik der Bewegungsrichtungen anschaut. Die Verallgemeinerung, dass man die Ergebnisse der beiden Seiten nicht einzeln sondern zusammen betrachtet, könnten zu veränderten Ergebnissen geführt haben. Genau wie die fehlende Unterscheidung in Stand- und Spielbein. Als Beispiel könnte die Kraft oder ROM der Hüftabduktoren vom Spielbein für die Bewegungsausführung nicht wichtig sein, aber größeren Einfluss auf das Standbein haben. So haben zum Beispiel die isometrischen und exzentrischen Kraftfähigkeiten der Hüftabduktoren der Standbeinseite einen Einfluss auf die Stabilisierung im Einbeinstand, welcher ein maßgeblicher Bestandteil der Bewegungsaufgabe im YBT ist (Wilson et al., 2008).

Weitere Limitationen könnte auch die geringe Anzahl an Durchgängen gewesen sein und die Tatsache, dass es mitunter schwierig sein kann, den distalsten Punkt/Reichweite exakt zu bestimmen. Teilweise beruhen die Ergebnisse damit auf subjektive Beobachtungen des Testers und sind unter Umständen von deren Erfahrungen abhängig. Auch wenn Studien belegen, dass 4 Durchgänge reichen um eine verlässliche Aussage über die maximalen Reichweiten treffen zu können (Hertel et al., 2006; Plisky et al., 2009).

Zu beachten ist, dass die Stichprobe mit 30 Probanden relativ klein war und auch nur gesunde Probanden im jungen Erwachsenenalter beinhaltet. Es konnte festgestellt werden, dass eine Zunahme der Reichweite bis zum 30. Lebensjahr stattfindet und dann eine allmähliche Abnahme zu verzeichnen ist. Die Stichprobe in dieser Studie befindet sich genau im Übergang dieser Phase mit Durchschnittlich 30.5 ± 5.8 Jahren. Interessant wäre es zu schauen, inwiefern die Flexibilität bei älteren Menschen oder Probanden mit gesundheitlichen Beeinträchtigen Einfluss auf die Reichweite haben könnte. Nach Ko (2016) scheint die posteromediale Richtung im YBT die anfälligste Richtung zu sein, die bei Verletzungen der unteren Extremitäten verringert ist. Auch die anderen beiden Richtungen (posterolateral, anterior) zeigen Veränderungen, jedoch mit einer geringeren Signifikanz (Ko, 2016). Zudem wurde nur die maximale aktive ROM gemessen und diese ist nicht ausschlaggebend für die Bewegungsausführung, da nicht die maximale ROM vonnöten war. Bei der Bewegungsausführung ist eine Kombination aus aktiver und passiver Beweglichkeit notwendig. Es wurde allerdings nur die maximale aktive Beweglichkeit getestet. Für die Messung könnte es entscheidender sein zu betrachten, wie sich die Beweglichkeit im Zeitpunkt der maximalen Reichweite bzw. während der Bewegungsausführung darstellt (Gribble & Robinson, 2008a; Ko, 2016). Auch die Ausführung der Bewegung wurde nicht genau genug in die Analyse mit einbezogen, so kann der YBT mit einer Knie- oder Hüftbetonten Technik durchgeführt werden, wo unterschiedliche Bewegungsausmaße in der Hüfte und im Knie gebraucht werden (Fullam, Caulfield, Coughlan & Delahunt, 2013). Die Kniebeweglichkeit wurde in dieser Studie gar nicht berücksichtigt. Ebenfalls interessant wäre es zu schauen, ob die Flexibilität für Sportler einen größeren Einfluss haben könnte, da sich deren maximale Reichweiten teilweise doch stark von den vorgefundenen Messwerten unterscheiden (Butler et al., 2012). Vergleicht man die Ergebnisse, wären durchaus größere Reichweiten, insbesondere in posteromedialer Richtung, zu erwarten gewesen, auch wenn es sich bei Butler et al. (2012) um Sportler handelte.

6. Schlussfolgerung

Die Aufgestellte Hypothese, dass eine größere ROM zu einer größeren Reichweite im YBT führt konnte nicht bestätigt werden. Auch allgemein wurde keine eindeutige Korrelation zwischen ROM und Reichweite im YBT festgestellt. Einzig eine mittlere Korrelation zwischen Hüftadduktion und anteriorer Reichweite sowie Hüftextension und posteromedialer Richtung. Die Komplexität des dynamischen Gleichgewichts jedoch konnte gezeigt werden.

Für das dynamische Gleichgewicht ist ein Zusammenspiel von Kraft, Flexibilität und Koordination notwendig. Gerade das komplexe neuromuskuläre Zusammenspiel und inwiefern die Flexibilität dadurch verändert wird, macht es so schwierig ein einheitliches und Zufriedenstellendes Ergebnis zu erhalten. Durch die große Bedeutung des dynamischen Gleichgewichts bei den unterschiedlichsten Aufgaben im Alltag und Sport ist es umso wichtiger geeignete Testinstrumente zu haben als auch den Einfluss der einzelnen Faktoren besser einschätzen zu können. Die Studie konnte dazu beitragen und die Komplexität und Zusammenspiel der verschiedenen Faktoren verdeutlichen. Dabei spielt die Flexibilität gerade nach Verletzungen als Return-to-Sport Kriterium oder als möglicher Indikator für präventive Aufgaben eine Rolle. Ist die Flexibilität eingeschränkt sind die Reichweiten auch verringert, dies bedeutet aber nicht, dass die maximale ROM notwendig ist und zu besseren Ergebnissen führt. Man müsste sich jetzt noch genauer die Bewegungsmechanik und Bewegungsamplitude während der Ausführung anschauen und auf Auffälligkeiten und Zusammenhänge untersuchen. Die Kraft- und Koordinationsfähigkeiten scheinen einen größeren Einfluss auf die Reichweiten im YBT zu haben. Aber auch die Kombination aus verschiedenen Teilkomponenten, die ineinandergreifen machen eine strenge Teilung in Bereiche wie Flexibilität, Kraft, Koordination so schwierig. So gibt es einen Zusammenhang zwischen der Flexibilität und der Fähigkeiten der Muskeln exzentrisch oder isometrisch zu arbeiten bzw. nachzugeben. Interessant wäre es zu schauen, ob ein Zusammenhang mit Sportlern oder bei Verletzungen eindeutigere Ergebnisse liefert bzw. müsste der Zusammenhang noch einmal genauer analysiert werden. Zudem wäre eine gesonderte Betrachtung der Seiten von Stand- und Spielbeinseite hilfreich. Aber auch ein genereller Vergleich der erzielten Ergebnisse im Seitenvergleich könnte interessanter sein und bessere Ergebnisse, Schlussfolgerungen erlauben als die reinen durchschnittlichen Werte. Gerade im Sportbereich nach Verletzungen und bei der präventiven Arbeit kann der YBT als Testinstrument hilfreich sein bzw. zusätzliche Hinweise liefern, die es den Trainerteam ermöglicht ihre Sportler besser zu beraten, bessere Leistungen zu erzielen und auch die Verletzungsanfälligkeit zu reduzieren.

Literaturverzeichnis

- Butler, Gorman, Plisky & et al. (2012). Differences in Soccer Players Dynamic Balance Across Levels of Competition. *Journal of Athletic Training*, S. 616-620.
- Butler, Lehr, Plisky & et al. (2013). Dynamic Balance Performance and Noncontact Lower extremity Injury in College Football Players: An Initial Study. *Journal of Athletic Training*, 5(5), S. 417-422.
- Faigenbaum, Bagley, Boise & et al. (2015). Dynamic Balance in Children: Performance Comparison between two Testing Devices. *Journal of Athletic Training & Sports Health Care*, 7(5), S. 160-164.
- Freiherr von Salis-Soglio, G. (2015). *Die Neutral-O-Methode, mit Längen- und Umfangsmessung.* Heidelberg: Springer Verlag, 1. Auflage.
- Fullam, Caulfield, Coughlan & Dalahunt. (2013). Kinematic analysis of selected reach directions of the Star Excursion Balance Test compared to the Y-Balance Test. *Journal of Sport Rehabilitation*, 23(1), S. 27-35.
- Gleim & McHugh. (1997). Flexibility and it's effects on Sports injury and performance. *Journal of Sports medicine*, 24(5), S. 289-299.
- Graf, C. (2011). Lehrbuch Sportmedizin Basiswissen, präventive, therapeutische und besondere Aspekte. Köln: Deutscher Ärzte Verlag, 2. Auflage.
- Greenberg, Barle, Glassmann & et al. (2019). Interrater and Test-Retest Reliability of the Y Balance Test in Healthy, Early Adolescent Female Athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14, S. 204-213.
- Gribble, Hertel, Denegar & et al. (2004). The effects of Fatigue and Chronic Ankle Instability on Dynamic Postural Control. *Journal of Athletic Training*, 39(4), S. 321-329.
- Gribble, Hertel & Plisky (2012). Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of Athletic Training*, 47(3), S. 339-357.
- Gribble & Robinson. (2008a). Kinematic predictors of performance on the star excursion balance test. *Journal of Sport Rehabilitation*, 17, S. 347-357.
- Gribble & Robinson. (2008b). Support for a Reduction in the number of trials needed for the Star excursion Balance Test. *Archive of Physical Medicine Rehabilitation*.
- Hertel, Braham, Hale & Olmsted-Kramer. (2006). Symplifying the Star Excursion Balance Test: Analyses of Subjects with and without chronic ankle instability. *Journal of Orthopedics & Sports Physical Therapy*, 36(3), S. 131-138.
- Hertel, Miller & Denegar. (2000). Intratester and intertester reliability during the star excursion balance tests. *Journal of Sport Rehabilitation*, S. 104-116.
- Hollmann & Strüder. (2009). *Sportmedizin Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin.* Stuttgart: Schattauer Verlag, 5. Auflage.
- Hyong & Kim. (2014). Test of intrarater and anterrater reliability for the star excursion balance test. *Journal of Physical Therapy Science*, 26, S. 1139-1141.
- Kinzey, Armstrong. (1998). The Reliability of the Star-Excursion Test in Assessing Dynamic Balance. Journal of Orthopedics & Sports Physical Therapy, 27(5), S. 356-369.
- Klee & Wiemann (2005). Beweglichkeit/Dehnfähigkeit (Praxisideen Schriftenreihe für Bewegung, Spiel und Sport. Schorndorf: Hofmann Verlag, 1. Auflage.

- Knuchel & Schädler (2004). Differentialtests bei Gleichgewichtsstörungen Drei Systeme in der Balance. *Physiopraxis*, 11-12, S. 28-31.
- Ko, J. (2016). Kinematic Patterns on the Star Excursion Balance Test and Y Balance Test and postural stability in Individuals with chronic ankle instability. zu finden unter: http://purl.galileo.usg.edu/uga_etd/ko_jupil_201608_phd (letzter Zugriff am 30.11.2019, 12:45 Uhr).
- Lee & Ahn. (2018). Effects of balance evaluation comparison of dynamic balance and Y balance. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 14(6), S. 939-943.
- Ng, Hon & Cheung. (2018). Intra- and Inter-rater reliability of the star excursion balance test in primary school boys. *Journal of Physical Education and Sport*, S. 387-391.
- Overmoyer & Reiser. (2015). Relationships between lower-extremitive flexibility, asymmetries, and the Y balance test. *Journal of Strength and Conditional Research*, 29, S. 1240-1247.
- Peat, Barton & Elliott. (2008). *Statistics Workbook for Evidence-based Health Care.* London: BMJ Books.
- Plisky, Gorman, Butler & et al. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 4, S. 92-99.
- Plisky, Rauh, Kaminski & et al. (2006). Star excursion balance test as a predictor of lower extremitiy injury in high school basketball players. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*, 36, S. 911-919.
- Plisky, Sipe, Ramey & Taylor. (2019). Y-Balance Test: A Valid and Reliable Assessment in Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, S. 663-669.
- Pollock, K. (2010). The Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school football players. zu finden unter: https://pdfs.semanticscholar.org/342a/49c0c06dbbc2eaa30be631721eba4c3fc5a8.pdf (letzter Zugriff am 03.12.2019, 19:25 Uhr).
- Schnabel, Harre & Krug. (2008). *Trainingslehre Trainingswissenschaft: Leistung, Training, Wettkampf.* Aachen: Meyer & Meyer Verlag, 2. Auflage.
- Shaffer, Teyhen, Lorenson & et al. (2013). Y-Balance Test: A Reliability Study Involving Multiple Raters. *Journal of Military Medicine*, 178, S. 1264-1270.
- Walker, B. (2011). Anatomie des Stretchings mit der richtigen Dehnung zu mehr Beweglichkeit. Hamburg: riva Verlag, 4. Auflage.
- Weineck, J. (2010). Optimales Training Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder und Jugendtrainings. Balingen: Spitta Verlag, 16. Auflage.
- Wilson, Robertson, Burnham & et al. (2018). The Relationship Between Hip Strength and the Y Balance Test. *Journal of Sport Rehabilitation*, 27, S. 445-450.

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und dabei keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Sämtliche Stellen der Arbeit, die im Wortlaut oder dem Sinn nach Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder gesamt noch in Teilen einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum Unterschrift

Anhang

Abbildungsverzeichnis

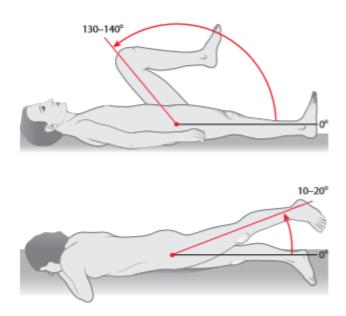


Abbildung 4 ROM Hüftflexion (oben) und Hüftextension (unten), (Freiherr von Salis-Soglio, 2015, S. 40)

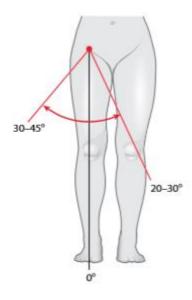


Abbildung 5 ROM Hüftabduktion/Hüftadduktion, (Freiherr von Salis-Soglio, 2015, S. 43)

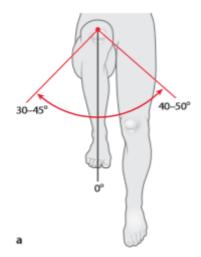


Abbildung 6 ROM Hüftinnenrotation/Hüftaußenrotation, (Freiherr von Salis-Soglio, 2015, S. 44)

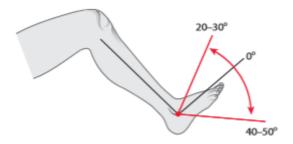


Abbildung 7 ROM Dorsalextension/Plantarflexion Sprunggelenk, (Freiherr von Salis-Soglio, 2015, S. 47)

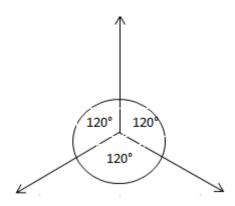


Abbildung 8 MABT: Maras-Asefi Balance Test

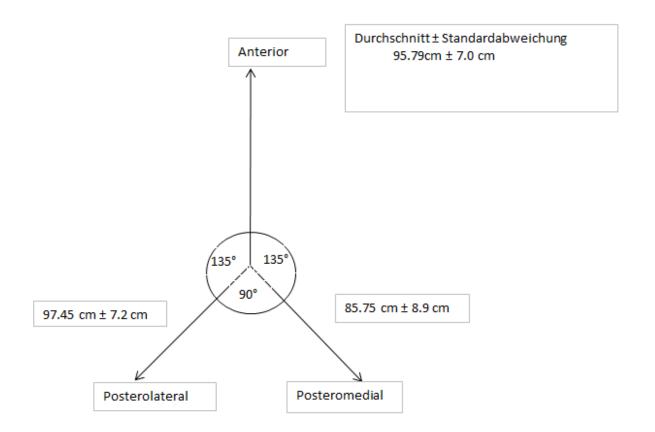


Abbildung 9 Durchschnittliche Reichweiten im YBT

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3 Durchschnittliche Bewegungsamplitude (ROM) der einzelnen Gelenkbewegungen, Standardabweichung und Normwerte

Gelenkbewegung	Bewegungsamplitude (ROM) in Grad	Standardabweichung in Grad	Normwerte in Grad
HipFlex	123.5	± 8.8	130-140
HipExt	7.95	± 3.3	10-20
HipAbd	32.65	± 3.4	30-45
HipAdd	19.18	± 5.3	20-30
HipIr	33.7	± 7.7	30-45
HipOr	30.28	± 5.5	40-50
PlantarFlex	45.6	± 10.9	40-50
DorsalFlex	16.12	± 6.8	20-30

Tabelle 4 Stärke der Korrelationen zwischen den Richtungen im YBT und der ROM

starke positive Korrelation	mittlere positive Korrelation Korrelation	schwache positive Korrelation
keine	HipAdd + AnteriorAve	HipExt + LateralAve
	HipExt + MedialAve	HipAdd + MedialAve
starke negative Korrelation	mittlere negative Korrelationen	HipIr + AnteriorAve
keine	keine	HipIr + MedialAve
		HipIr + LateralAve
		HipOr + MedialAve
		HipOr + LateralAve
		Plantarflex + MedialAve
		Plantarflex + LateralAve
		Dorsalflex + AnteriorAve
		schwache negative Korrelation
		HipFlex + AnteriorAve
		HipFlex + MedialAve
		HipFlex + LateralAve
		HipExt + AnteriorAve
		HipAbd + AnteriorAve
		HipAbd + MedialAve
		HipAbd + LateralAve
		HipAdd + LateralAve
		HipOr + AnteriorAve
		Plantarflex + AnteriorAve
		Dorsalflex + MedialAve
		Dorsalflex + LateralAve