

Wirksamkeit eines dreiwöchigen exzentrischen Krafttrainings der oberen Extremitäten auf die Verbesserung von Krafthalteelementen an den Ringen

– Studie mit Athleten aus dem Schweizerischen Nationalkader im Kunstturnen –

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht

eingereicht von

Pascal Bucher

an der
Universität Freiburg, Schweiz
Mathematisch-Naturwissenschaftliche und Medizinische Fakultät
Abteilung Medizin
Department für Neuro- und Bewegungswissenschaften

in Zusammenarbeit mit der
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent
PD Dr. Silvio Lorenzetti

Betreuer
Dr. Christoph Schärer

Biel, März 2021

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	5
1.1 Hintergrund und Ausgangslage	5
1.2 Monitoring.....	9
1.3 Exzentrisches Krafttraining.....	11
1.4 Ziel der Arbeit	16
2 Methode.....	17
2.1 Untersuchungsgruppe	17
2.2 Untersuchungsdesign	17
2.3 Analyse der exzentrischen Trainingsdaten.....	18
2.4 Maximalkraft- und Kraftausdauertest der Kraftelemente Schwalbe und Stützwaage ...	19
2.5 Befragung Schulterschmerzen.....	20
2.6 Untersuchungsinstrumente	20
2.7 Datenanalyse	21
3 Resultate	23
3.1 Maximalkraft Ringekraftelemente	23
3.2 Kraftausdauer Ringekraftelemente.....	24
3.3 Analyse der exzentrischen Trainingsdaten.....	25
3.4 Schulterschmerzen	27
4 Diskussion	28
4.1 Maximalkraft Ringekraftelemente	28
4.2 Kraftausdauer Ringekraftelemente.....	30
4.3 Analyse der exzentrischen Trainingsdaten.....	31
4.4 Schulterschmerzen	35
5 Schlussfolgerung	36
Literatur	38
Anhang	45
Dank	49

Zusammenfassung

Einleitung. Im Kunstturnen sind maximale Krafteinsätze und die spezifische Maximalkraftausdauer essenziell, damit die Athleten während der Wettkampfübung an den Ringen die geforderten Kraftelemente zwei Sekunden in der vorgeschriebenen perfekten Position halten können. Um die ringspezifische Kraft zu verbessern, werden in letzter Zeit vermehrt exzentrische Trainingsmethoden eingesetzt. Bisher gibt es jedoch nur wenige Studien die, die Wirksamkeit eines exzentrischen Trainings auf die Verbesserung der spezifischen Maximalkraft und Kraftausdauer der Krafthalteelemente an den Ringen untersucht haben.

Ziel. In vorliegender Studie wurde zum ersten Mal eine 3-wöchige ringe-spezifische exzentrisch-isokinetische Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel durchgeführt und dessen Wirksamkeit auf die Verbesserung der spezifischen Maximalkraft und Kraftausdauer der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage bei Elite-Athleten überprüft. Zudem wurde eine Analyse der exzentrischen Trainingsdaten durchgeführt, um die Veränderung der exzentrisch-isokinetischen bzw. isoinertialen Maximalkraft (F_{max_exz}), sowie der exzentrisch-isokinetisch bzw. isoinertialen Ermüdungswiderstandsfähigkeit (F_{mean_exz}) zu untersuchen. Ausserdem wurden die Schulterschmerzen der Athleten vor, während und nach der Krafttrainingsintervention mittels einer Befragung untersucht.

Methode. In der 3-wöchigen Intervention absolvierten zehn Athleten des Nationalkaders zwei Trainings pro Woche mit einem computergesteuerten Kabelzuggerät (1080 Motion). Die Trainingsübung (Rückenlage, Hände halten je einen Ring, maximaler Gegendruck in Anteversion, Kabelzugmaschine zieht mit 0.1 m/s Ringe ein) wurde in den ersten drei Trainings exzentrisch-isokinetisch (e_ik) und in den nächsten drei Trainings (als Reizwechsel) exzentrisch-isokinetisch kombiniert isoinertial (e_ik_ii) (Zusatzgewicht: 30 % der minimalen Kraft von Training 1 bis Training 3) durchgeführt. Die Anzahl Wiederholungen und Serien wurden clusterförmig variiert. Eine Woche vor (Pretest) und nach der Intervention (Posttest) sowie einmal wöchentlich während der Intervention (Test 2 und 3) wurde die Maximalkraft und Kraftausdauer bei den Krafthalteelementen Schwalbe und Stützwaage an den Ringen überprüft. Zudem wurden wöchentlich retrospektiv (ab einer Woche vor bis zwei Wochen nach der Intervention) die Schulterschmerzen mittels Fragebogen erhoben.

Resultate. Es konnte eine signifikante Zunahme der Maximalkraft (Schwalbe: +8.72 %; Stützwaage: +7.39 %), sowie Kraftausdauer (Schwalbe: +124.35 %; Stützwaage: +79.66 %)

bei beiden Krafthalteelementen an den Ringen zwischen Pre- und Posttest ($p < 0.001$) festgestellt werden. Die Analyse der exzentrischen Trainingsdaten zeigte bei beiden exzentrischen Trainingsformen eine signifikante Zunahme der F_{max_exz} (e_{ik} : +11.91 %; kombiniert e_{ik_ii} : +24.50 %) ($p < 0.05$), sowie eine signifikante Verbesserung der F_{mean_exz} (e_{ik} : +12.56; kombiniert e_{ik_ii} : +21.12 %) ($p < 0.05$). Ferner waren die Schulterschmerzen der Athleten generell tief.

Diskussion. Die dreiwöchige exzentrische Krafttrainingsintervention war höchst wirksam, hinsichtlich der Steigerung der Maximalkraft und Kraftausdauer bei den Krafthalteelementen Schwalbe und Stützwaage an den Ringen. Die Trainingsdatenanalyse zeigte, dass durch die clusterförmige Variation der Belastung bei beiden exzentrischen Trainingsformen eine kontinuierliche Steigerung der F_{max_exz} und F_{mean_exz} erreicht werden konnte. Zudem war zu erkennen, dass die Maximalkraft- und Kraftausdauerentwicklung beim Element Schwalbe vermehrt von dem kombiniert e_{ik_ii} Krafttraining und die Maximalkraft- und Kraftausdauerentwicklung beim Element Stützwaage vermehrt von dem e_{ik} Krafttraining profitierte.

Schlussfolgerung. Für die Trainingspraxis ist hervorzuheben, dass die 3-wöchige exzentrische Krafttrainingsintervention ein geeigneter Reizwechsel ist, um in kurzer Zeit die spezifische Maximalkraft und Kraftausdauer an den Ringen bei Elite-Athleten zu steigern. Jedoch eignet sich das exzentrische Krafttraining nicht als Dauermethode, da die Athleten während dem exzentrischen Krafttraining einer sehr hohen Belastung ausgesetzt werden und dadurch das Verletzungsrisiko im täglichen technischen Training erhöht werden könnte.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Ausgangslage

Die Sportart Kunstturnen ist seit über 100 Jahren ein fester Bestandteil der 1896 erstmals ausgetragenen Olympischen Spiele. Bis in die 50er Jahre fanden die Wettkämpfe im Freien statt und die Athleten und Athletinnen vollbrachten ihre akrobatischen Kunststücke auf einer dünnen Bodenmatte. Zeitgleich entstand durch die «Fédération Internationale de Gymnastique» (FIG) ein einheitliches Regelwerk (Code de Pointage, C.d.P.), welches die Anforderungen an die Übungen an allen Geräten, sowie Bewertungsvorschriften und einige Jahre später die Geräternormen beinhaltete. Insbesondere die Athleten und Athletinnen aus Japan und der UdSSR (Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken) führten zu dieser Zeit den technischen Fortschritt an und schafften mit ihrer Entwicklung und Innovation in der Bewegungstechnik Gegensätze zur ursprünglichen Turntechnik (Ichiba, 2002). Über Jahrzehnte hinweg, hat sich die technisch-kompositorische Sportart stetig weiterentwickelt. Heutzutage müssen die Männer an sechs Geräten (Boden, Pferdpauschen, Ringe, Sprung, Barren und Reck) und die Frauen an vier verschiedenen Geräten (Pferdsprung, Stufenbarren, Balken, Boden) jeweils eine Übung zeigen. Das internationale Regelwerk 'Code de Pointage' (FIG, 2017) wird von der FIG alle vier Jahre angepasst und die Eigenschaften der Turngeräte müssen bestimmten Normen entsprechen. An internationalen Wettkämpfen sind bis zu neun Kampfrichter für die Übungsbewertung der Athleten und Athletinnen zuständig. Dabei ermitteln zwei Kampfrichter den Schwierigkeitswert (D-Note) der jeweiligen Übung, während fünf Kampfrichter die Ausführungsqualität ausgehend von der maximalen Ausführungsnote «Zehn» (E-Note) bewerten. Zusätzlich bewerten zwei Referenzkampfrichter die Übung, um bei anfälligen Problemen mit der Bestimmung der E-Note, automatisch und unkompliziert eingreifen zu können (FIG, 2017). Durch wesentliche Veränderungen im Code de Pointage (C.d.P), wie die Abschaffung der Pflichtübungen im Jahr 1996 und des nach oben offenen Wertungssystems im Jahr 2006 wurde schliesslich die Basis des heutigen Kunstturnens geschaffen (Naundorf, Brehmer, Körner, Seidel & Wick, 2017). Insbesondere die Abschaffung der höchstnote «Zehn» im Jahr 2006 führte bei den Männern zu einem deutlichen Anstieg der Schwierigkeit und Dauer der Übung. So ist in den letzten Jahren ein markanter Anstieg der mittleren Übungsdauer an den Geräten Pferdpauschen (+ 31 %), Ringe (+ 24 %), Barren (+ 56 %) und Reck (+ 39 %) zu verzeichnen. Bei den Frauen ist dies jedoch nicht in diesem Ausmass der Fall, da Ihre Übungsdauer am Boden und Balken, wie am Boden bei den Männern, durch den C.d.P zeitlich

begrenzt ist (Naundorf et al., 2017). Weiter ist bei den Männern ein deutlicher Anstieg der D-Note (Schwierigkeit) bei gleichzeitig sinkender E-Note (Ausführung) zu erkennen (Naundorf, Brehmer, Fetzer & Hirsch, 2012). Die Verbesserung der Turngeräte ist ein weiterer entscheidender Faktor für die rasante Leistungsentwicklung im Kunstturnen. So ist seit der Zertifizierung der neuen Bodenfläche mit deutlich besseren Federelementen durch die FIG, eine Anpassung der sportlichen Technik der Schraubensprünge bemerkbar (Brehmer & Hirsch, 2013). Zudem resultiert durch die deutlich verbesserten Federelemente eine grössere Sprunghöhe, wodurch noch schwierigere Elemente (z. Bsp. Doppelsalto gestreckt mit Dreifachschraube) geturnt werden können. Die verbesserten Geräteeigenschaften verhelfen den Athleten und Athletinnen zu einer höheren Translations- und Rotationsenergie, womit sie in der Lage sind an nahezu allen Geräten schwierigere Elemente zu zeigen. Aufgrund der ständigen Verbesserung der Federeigenschaften der Turngeräte sind die Athleten und Athletinnen vermehrt höheren Kräften bei der Landung ausgesetzt, was die biomechanischen Anforderungen an die beteiligten biologischen Strukturen erhöht. Gleichzeitig weisen häufige Stürze aus dem Wettkampf und Training darauf hin, dass «eine Annäherung an die strukturellen und funktionellen Grenzen sowohl des Muskuloskelettalen- als auch des Bewegungs- und Gleichgewichtskontrollsystems stattfindet» (Brüggemann, 2005, S. 16).

Um im Kunstturnen erfolgreich zu sein, sind bestimmte konditionelle Voraussetzungen (Schnell- und Reaktivkraft, Maximalkraft, Kraftausdauer und Beweglichkeit) von Bedeutung. Während am Boden oder Sprung die Schnell- und Reaktivkraft bei Anläufen, Absprüngen oder Abstossen entscheidend ist, um genügend Translations- und / oder Rotationsenergie für die anschließende Flugphase zu erzeugen (Marina, 2018), so sind an den Ringen maximale Krafteinsätze und die spezifische Maximalkraftausdauer der Athleten essenziell, um die entsprechenden Kraftelemente in ihrer Wettkampfübung zeigen zu können. Eine Übung an den Ringen besteht aus Schwung, Kraft- und Halteelementen sowie dem Abgang. Alle Elemente sind nach ihrer Bewegungscharakteristik in die Elementgruppen (EG) I – IV aufgeteilt. In der Wettkampfübung dürfen bis zu acht statische oder dynamische (heben und senken) Kraftelemente gezeigt werden. Dies legt nahe weshalb die Kraft- und Halteelemente (EG II) sowie die Schwung zu Krafthalteelemente (EG III) die international am häufigsten geturnten Elemente sind. Entscheidend für die Anerkennung eines Krafthalteelementes ist die Haltezeit von mindestens zwei Sekunden, sowie die technisch perfekte Ausführung. Nach Campos, Côté-Real und Lebre (2009) sind die beiden Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage wichtig, um an den Ringen einen hohen D-Wert zu erreichen (Abbildung 1). Weiter sind es an

den Ringen häufig Haltungsfehler während der Ausführung von Kraftelementen, die von den Kampfrichter abgezogen werden. Dabei bestimmen die Winkelabweichungen von der perfekten Halteposition die Höhe der Abzüge (Abbildung 2).

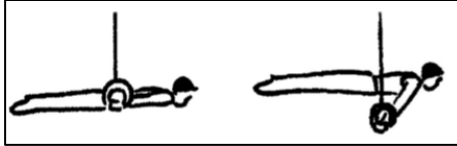


Abbildung 1. Die Ringkrafthalteelemente Schwalbe (links) und Stützwage (rechts) in technisch perfekter Ausführung nach dem Code de Pointage (FIG, 2017).

Kleiner Fehler	Mittlerer Fehler	Grosser Fehler	Element nicht erkannt
-15°	16° - 30°	>30°	>45°

Abbildung 2. Winkelabweichung von der perfekten Halteposition und die Grösse des technischen Fehlers nach dem Code de Pointage (FIG, 2017).

Um während der Übung an den Ringen mehrere Kraftelemente wie vorgeschrieben zwei Sekunden halten zu können, ist neben den maximalen Krafteinsätzen auch eine hohe spezifische Kraftausdauer der Athleten erforderlich (Schärer et al., 2019). Nach Güllich & Krüger (2013) ist die Kraftausdauer «eine komplexe sportmotorische Fähigkeit, die es ermöglicht, bei stati-

scher oder dynamischer Muskularbeit hohe Anteile der Maximalkraft oder Schnellkraft möglichst lange nutzen zu können» (S. 469). So ist es an den Ringen von Vorteil, wenn die Muskulatur des Athleten die Fähigkeit besitzt, die gesamte Last (Körpergewicht) über eine definierte Anspannungszeit möglichst lange halten zu können (z.B. Schwalbe an den Ringen). Nach Brüggemann (2005) führt die starke Betonung der statischen und dynamischen Kraftelemente zu einer Muskelsehnenbelastung, die deutlich über den tatsächlichen kritischen Grenzen der belasteten Systeme (Muskulatur, neuronale Kontrolle) liegt. Umgekehrt konnte in den letzten Jahren bei den Athleten an den Ringen eine übermässige Zunahme der Muskelmasse am Schultergürtel und an den Armen in Verbindung mit einer Abnahme der Muskelmasse des unteren Rumpfes und der unteren Extremitäten beobachtet werden (Brüggemann, 2005). Dies wiederum erlaubt es den Athleten an den Ringen, innerhalb der veränderten kritischen Grenzen der Muskulatur zu trainieren. Bereits in der Vergangenheit untersuchten Wissenschaftler die Auswirkung von verschiedenen Krafttrainingsmethoden auf die Ausführung und Haltezeit von Ringkraftelementen wie Schwalbe, Stützwaage oder Kreuzhang. So ist nach Schärer et al. (2019) die relative Maximalkraft in den oberen Extremitäten entscheidend, um an den Ringen die dynamischen und statischen Kraftelemente zwei Sekunden lang zu halten. Die Maximalkraft wird als die höchstmögliche Kraft, die willkürlich gegen einen Widerstand erzeugt werden kann, gekennzeichnet und hängt von der intermuskulären (zwischen den Muskeln) und intramuskulären (innerhalb des aktiven Muskels) Koordination ab (Güllich & Krüger, 2013). Verschiedene Faktoren wie die Art der Muskelfasern, die Anzahl der involvierten Aktin- und Myosinfilamente, oder auch die auf den Muskel ausgeübte Kraft, die Amplitude und Richtung der Bewegung charakterisieren die dabei entstehende Muskelkontraktion (Marconnet & Komi, 1988). Es wird zwischen einer konzentrischen Kontraktion (Muskelverkürzung unter Anspannung des Muskels) und einer exzentrischen Kontraktion (Muskelverlängerung unter Anspannung des Muskels) unterschieden und wenn während der erzeugten Kraft keine Bewegung stattfindet, wird es als isometrische Aktion beschrieben (Marconnet & Komi, 1988; Perrey, 2009). Um die relative Maximalkraft zu erhöhen und eine bessere Ausführungsqualität zu erzielen werden die Krafthalteelemente häufig mit der Unterstützung der Trainer durchgeführt (Schärer et al., 2019). Weiter benutzen die Athleten zusätzliches Gewicht oder Gegengewicht, so dass die zu haltende Last (Körpergewicht) erhöht oder verringert werden kann (maximaler Widerstand). Zudem wurden in der Vergangenheit vor allem konzentrische Trainingsübungen angewendet, um die ringspezifische Kraft zu trainieren (Hübner & Schärer, 2015). Hübner und Schärer (2015) zeigten unter anderem, dass eine signifikante Korrelation zwischen dem Krafthalteelement Schwalbe und den vorbereitenden Krafttrainingsübungen mit der Langhantel

Schwalbe liegend und Bankdrücken besteht. Um die Krafthalteelemente technisch perfekt und zwei Sekunden lang zu halten und um ein Absenken zu verhindern, müssen die Athleten konstant gegen die Schwerkraft arbeiten. Dabei führt die Muskulatur in den oberen Extremitäten eine bremsende Arbeit aus, die (zumindest teilweise) einer exzentrischen Belastung gleicht (Schärer et al., 2019). Erst seit kurzem haben die Trainer aufgrund ihren Erfahrungen bemerkt, dass ein exzentrisches Krafttraining nützlich für das Erlernen der Ringkrafthalteelemente sein kann. Dies ist auch der Grund weshalb in letzter Zeit vermehrt exzentrische Trainingsmethoden eingesetzt werden, um die ringspezifische Kraft zu verbessern. Bei der exzentrischen Trainingsmethode unterstützen die Trainer die Athleten beim Senken der Kraftelemente, indem sie die Bewegung bestmöglich zu begleiten versuchen. Jedoch können die instabilen Ringe die Gleichgewichtskontrolle während der Ausführung der Kraftelemente erschweren und das Verletzungsrisiko der Athleten erhöhen. Zudem lässt sich die Belastung der Athleten während der exzentrischen Übung (aufgrund der Trainerunterstützung) nicht genau steuern.

1.2 Monitoring

Im Leistungssport werden durch Überwachung von Vorgängen (Monitoring) primär Daten zur sportlichen Leistungsfähigkeit, zum Training und zum Wettkampf erfasst, die dann zur Optimierung des Trainingsprozesses genutzt werden können (Güllich & Krüger, 2013). In vielen Sportarten wird üblicherweise das Monitoring im Krafttraining durchgeführt, um die Trainingsbelastung und Kraftentwicklung der Athleten zu messen. Baker (2001) zeigte in seiner Studie, in der die Maximalkraft der oberen und unteren Extremitäten von professionellen Rugby Spielern mit derjenigen von College Rugby Spielern verglichen wurde, dass bei schwächeren Athleten ein Krafttraining, das auf die Maximierung des Gesamtkraftniveaus abzielt, zu signifikanten Verbesserungen der Muskelkraft führen kann. In der Trainingswissenschaft werden verschiedene Instrumente und Methoden für ein Monitoring der Trainingsbelastung angewendet. Dabei wird zwischen einer internen Trainingsbeanspruchung und einer externen Trainingsbelastung unterschieden. Während die Beanspruchung für die Bestimmung der Trainingsbelastung und der anschließenden Anpassung entscheidend ist, ist die externe Belastung für das Verständnis der abgeschlossenen Arbeit und die Fähigkeiten und Kapazitäten des Athleten wichtig (Halson, 2014). Zur Beurteilung der Beanspruchung können die Bewertung der Herzfrequenz (HR), Herzratenvariabilität (HRV), Laktatkonzentration, Hormonkonzentration, wahrgenommene Anstrengung (RPE), Trainingsimpuls (TRIMP), Tagebücher und Fragebögen, oder die Schlafqualität verwendet werden. Die externe Belastung kann anhand verschiede-

denen Leistungsmessgeräten, Zeitmessanalysen und durch Messen der neuromuskulären Funktion beurteilt werden (Halson, 2014). Auch im Turnsport wird regelmässig ein Monitoring durchgeführt, um verschiedene Bereiche zu erforschen. Im Kunstturnen ist ein Monitoring der Trainingsbelastung (vor allem im Techniktraining) nur schwer messbar. Durch die individuell verschiedenen Schwierigkeitsgrade und unterschiedliche Anzahl geturnter Elemente pro Training, kann die Trainingsbelastung der einzelnen Athleten stark variieren. Dennoch werden die im Training geturnten Elemente und Verbindungen respektive Wettkampfübungen teilweise protokolliert, um zumindest einen groben Überblick über die Belastung zu behalten. In einer Studie von Sartor, Vailati, Valsecchi, Vailati, und La Torre (2013) wurde anhand eines 10-wöchigen Monitorings mit jungen Spitzenturnern ($n = 6$) die Beziehung zwischen Herzratenvariabilität und Trainingsbelastung untersucht und dabei festgestellt, dass die Herzratenvariabilität zwischen Trainings- und Referenztag für die Überwachung der Trainingsbelastung und des psychophysiologischen Status bei jungen männlichen Spitzenturnern geeignet sein könnte. Jedoch muss beachtet werden, dass das bisher die einzige Studie war, die die Beziehung zwischen Herzratenvariabilität und Trainingsbelastung untersucht hat und um generelle Aussagen tätigen zu können, wäre eine grössere Anzahl Athleten erforderlich. Weitere Studien untersuchten den Zusammenhang zwischen Trainingsbelastung und Ermüdung, Übertraining, Verletzungen oder Erholung (Beatty, McIntosh & Frechede, 2006; Bradshaw & Hume, 2012; Campbell, Pease & Cossens, 2018; Dumortier et al., 2018). So zeigten Beatty, McIntosh und Frechede (2006) in ihrer Studie, in der vierzehn Turnerinnen vertikale Sprünge und Landungen vor und nach einer ermüdenden Sprungaktivität ausführten, dass die am Becken gemessene Spitzenbeschleunigung ein geeigneter Indikator für die Ermüdung von Turnerinnen sein kann. Weiter zeigten Campbell et al. (2018) in ihrer Studie, in der sie die Auswirkung von verschiedenen Sprungübungen während eines Beinkraftzirkels mit einem an der Tibia befestigten Beschleunigungssensor untersuchten, dass die Athleten während den Sprüngen und Landungen sehr hohen ($> 10\text{ g}$) Belastungen ausgesetzt sind. Aufgrund der Ergebnisse entwickelten die Autoren zwei alternative Beinkraftprogramme mit geringeren Belastungen für Turner, die sich von einer Verletzung erholten. Dumortier et al. (2018) untersuchten anhand eines 14-wöchigen Monitorings mit Spitzenturnerinnen die Beziehung zwischen Schlaf und der Trainingsbelastung und konnten feststellen, dass zwischen Leistung und Anzahl Stunden Schlaf ein positiver Zusammenhang besteht. Im Kunstturnen wird seit einigen Jahren auch das Monitoring im Krafttraining durchgeführt, um die Kraftentwicklung und Trainingsbelastung der Athleten zu beobachten. Bisher gibt es jedoch nur wenige Studien die, die Wirksamkeit eines exzentrischen Trainings auf die Verbesserung der spezifischen Maximalkraft der Krafthalteelemente an den Ringen untersucht

haben. In Vergangenheit haben die Trainer auf das persönliche Wissen, die Erfahrung und Meinung vertraut, während heutige Trainer bereit sind, sich auf durch modernste Trainingsgeräte gesammelten Trainingsdaten zu stützen. Neu entwickelte Trainingsgeräte wie das 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE) ermöglichen ein präzises Monitoring beim Krafttraining, dadurch können neue Informationen über jede Trainingsserie und jede Wiederholung in einem Krafttraining gewonnen und überwacht werden und somit eine Aussage zur Wirksamkeit des absolvierten Krafttrainings getroffen werden kann. Durch die computergesteuerte Belastung, dem einstellbaren Trainingsmodus (konzentrisch, exzentrisch) und der wählbaren Bewegungsgeschwindigkeit, ermöglicht der 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE) auch das Monitoring eines ringspezifischen exzentrischen Krafttrainings (Schärer et al., 2019).

1.3 Exzentrisches Krafttraining

Lindstedt, Reich, Keim und LaStayo (2002) definieren exzentrische Kontraktion als eine Muskelaktivität, die auftritt, wenn die auf den Muskel ausgeübte Kraft die momentane Kraft übersteigt, die der Muskel selbst erzeugt. Dabei wird das Muskelsehnensystem gedehnt und absorbiert dadurch mechanische Energie, die wiederum als Wärme abgegeben werden kann (Lindstedt, LaStayo & Reich, 2001). Aufgrund des Phänomens der Koaktivierung wird die Bewegung durch die konzentrische Kontraktion des Agonisten und gleichzeitig durch die exzentrische Kontraktion des Antagonisten, die den Muskel bremst, begleitet (Roulland, 2003). Während einem exzentrischem Training, wird die Skelettmuskulatur stark gedehnt und überlastet, was einen subzellulären Schaden bei den Kontraktilen und den Strukturkomponenten der Skelettmuskulatur auslösen kann (Coffey & Hawley, 2007; Hedayatpour, Falla, Arendt-Nielsen, & Farina, 2008). Dabei werden verschiedene physische Abfolgen eingeleitet, inklusive das Aktivieren von «master signaling pathways» die für die Genexpression und Muskelhypertrophie verantwortlich sind (Hedayatpour & Falla, 2015). Nach Geremia et al. (2018) kann ein exzentrisches Training aufgrund von Anpassungen der Muskelaktivierung und der Muskelmasse zu einer Erhöhung der maximalen exzentrischen und isometrischen Kraftproduktion führen. Weiter können exzentrische Trainingsmodalitäten die Verbesserung der Kraftentwicklung, der optimalen Muskellänge für die Kraftentwicklung, sowie der Koordination während exzentrischer Bewegungen beschleunigen oder optimieren. In der Skelettmuskulatur basieren diese funktionellen Anpassungen auf der Zunahme der Muskelmasse, der Querschnittsfläche von Typ-II-Fasern, der Faszikellänge und der Anzahl Sarkomere (Vogt & Hoppeler, 2014). Nach Proske und Morgan (2001) ist eine erhöhte Kraftproduktion bei grösseren Muskellängen auf die Zu-

nahme serieller Sarkomere und die dadurch entstehende verlängerte Faszikellänge zurückzuführen. Dies kann zudem die Schutzeffekte gegen Muskelschäden verbessern (Proske & Morgan, 2001). Während einer exzentrischen Kontraktion werden weniger motorische Einheiten rekrutiert als bei einer konzentrischen Kontraktion unter gleicher Spannung (Asmussen, 1953; Bigland-Ritchie & Woods, 1976). Dies kann zu einer erhöhten mechanischen Belastung pro motorischer Einheit führen und die Muskelkoordination verbessern (Vogt & Hoppeler, 2014). Zusätzlich wird für das exzentrische Training wenig Energie aufgewendet, um die Muskulatur effektiv zu überladen (Vogt & Hoppeler, 2014). Farthing und Chilibeck (2003) schlussfolgerten, dass ein exzentrisches Krafttraining zu einer stärkeren Muskelkraft und Muskelhypertrophie führen kann als ein konzentrisches Krafttraining. Jedoch ist die Wirkweise von exzentrischem Training nicht gänzlich geklärt. So sind Vergleiche zu konzentrischen Krafttrainings sehr schwierig anzustellen und einige Autoren, wie zum Beispiel Vogt & Hoppeler (2014) zweifeln die Wirksamkeit von exzentrischem Krafttraining bei Profisportlern stark an. Die stärkere Muskelkraft, die bei exzentrischen Muskelaktionen erzeugt wird, ist aus mechanischer Sicht wahrscheinlich das Ergebnis einer Kombination von spezifischen (obwohl noch nicht vollständig identifizierten), molekularen Ereignissen, die im Überbrückungszyklus stattfinden und an spezifischen neuronalen Strategien beteiligt sind (Brunelli et al., 2007; Enoka, 1996). Zahlreiche Studien haben die neuronalen Anpassungen nach einem exzentrischen Widerstandstraining untersucht. Dabei konnten signifikante Änderungen der Entladungsrates der motorischen Einheit, der Leistung der Muskelfaser und der Geschwindigkeit der Kraftentwicklung beobachtet werden. Schließlich konnte die erhöhte Kraft nach einem exzentrischen Training sowohl auf supraspinale als auch auf spinale Anpassungen zurückgeführt werden (Cadore et al., 2014; Patten, Kamen & Rowland, 2001; Vila-Chã, Falla, Correia & Farina, 2012). Weiter ist bekannt, dass exzentrische Trainingsmethoden dazu beitragen können, Verletzungen zu vermeiden (Cowell, Cronin & Brugherelli, 2012; Vogt & Hoppeler, 2014). So zeigten Askling, Karlsson und Thorstensson (2003) in ihrer Studie mit Profifussballern, die während 10 Wochen ein spezifisches exzentrisches Krafttraining für die unteren Extremitäten durchführten, dass sich nicht nur die Kraft und Geschwindigkeit signifikant erhöhte, sondern in der darauffolgenden Spielsaison auch deutlich weniger Oberschenkelverletzungen zu verzeichnen waren. Somit kann exzentrisches Krafttraining in vielerlei Hinsichten von Vorteil sein. Jedoch gibt es nur wenige Studien, die die Auswirkung von exzentrischem Krafttraining auf maximale Kraftzuwächse bei Spitzenathleten untersucht haben. Leistungssportler haben kleinere muskelphysiologische und / oder Leistungs- / Kraftadaptionen, aufgrund der ständigen Belastung, was zu einem geringeren Kraftanstieg führen kann (Giorgi, Wilson, Weatherby & Murphy, 1998;

Häkkinen, Komi, Alén & Kauhanen, 1987). In der Literatur wird zudem zwischen der exzentrisch-isoinertialen (konstante Belastung) und der exzentrisch-isokinetischen (konstante Geschwindigkeit) Form unterschieden.

1.3.1 Exzentrisch-isokinetisches vs. Exzentrisch-isoinertiales Krafttraining. Beim exzentrisch-isoinertialen Krafttraining wirkt der beanspruchte Muskel einer konstanten Belastung entgegen, wodurch die Kraftkapazitätsproduktion des Athleten (supra-maximales Exzentriktraining) überschritten wird, was schliesslich zu einer Dehnung des Muskelsehnensystems beim Ausführen der exzentrischen Trainingsübung führt. Für diese Art von Krafttraining wird ein konstantes Gewicht gebremst, das sich während der gesamten Bewegung nicht verändert (z.B. Körpergewicht, Gewichtsstangen, Schwerkraftwirkung). Dabei variiert die Winkelgeschwindigkeit während der Bewegung sowie die mechanischen Belastungen. Diese sind zu Beginn und Ende des Range of Motion (ROM) sehr hoch (bis zu 140% der maximalen konzentrischen Wiederholung (1RM) für trainierte Probanden) (Guilhem, Cornu & Guével, 2010). Beim exzentrisch-isokinetischen Krafttraining wird die Muskelkraft des Athleten verwendet, um einer Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit entgegen zu wirken (Hislop & Perrine, 1967). Im Leistungssport wird vielfach ein isokinetischer Dynamometer mit konstanter Winkelbewegungsgeschwindigkeit verwendet, um die Muskelkraft und die Trainingsbelastung zu beurteilen. Dieser Apparatetyp bewirkt eine maximale Anregung des kontraktiven Systems über den gesamten Bewegungsumfang (ROM) (Guilhem et al., 2010). Beide exzentrischen Trainingsformen haben unterschiedliche mechanische Einschränkungen, wodurch strukturelle und neuronale Anpassungsstrategien induziert werden, die für jede Übung spezifisch sein können (Guilhem, Cornu & Guével, 2011). Nach Nordez, Casari und Cornu (2008) löst die exzentrisch-isoinertiale Methode aufgrund der Schwerkraft eine mechanische Überlastung aus, was zu einer anfänglich grösseren Extremitätenbeschleunigung im Vergleich zu der exzentrisch-isokinetischen Kontraktion führt, die die elastische Komponente des Muskelsehnensystems dehnt. Dieser Anstieg der Dehnungsgeschwindigkeit erhöht das passive Drehmoment, insbesondere bei hohen Drehmomenten, welche abhängig von der Kraft und der Hebellänge, sowie vom Massenträgheitsmoment und der Winkelbeschleunigung sind (Güllich & Krüger, 2013). Daher resultiert beim exzentrisch-isoinertialen Training ein höheres Drehmoment bei kurzen Muskel-längen als beim exzentrisch-isokinetischen Training (Guilhem et al., 2011). Weitere biomechanische Unterschiede, wie zum Beispiel eine zu Beginn höhere Muskelaktivität (EMG) bei exzentrisch-isoinertialen Übungen im Vergleich zu exzentrisch-isokinetischen Übungen legen nahe, dass sich die beiden Kontraktionsmodalitäten in ihrer spezifischen neuronalen Anpassung

unterscheiden (Guilhem, Guével & Cornu, 2010). Unabhängig davon, dass die spezifischen neuromuskulären Anpassungen noch nicht vollständig identifiziert sind, wird das exzentrisch-iso-inertiale und exzentrisch-isokinetische Krafttraining zur Verbesserung der Muskelkraft, zur Rehabilitation nach Verletzungen und in der Behandlung von Tendinopathien (Sehnenentzündungen) eingesetzt (Duclay, Martin, Robbe & Puosson, 2008; Higbie, Cureton, Warren & Prior, 1996; Kellis & Baltzopoulos, 1995; Komi & Buskirk, 1972; Langberg et al., 2007). Weiter scheint das exzentrisch-iso-inertiale Krafttraining wirksamer hinsichtlich der Verbesserung der Muskelkraft zu sein als das exzentrisch-isokinetische Krafttraining (Guilhem, Cornu et al., 2010). Zudem kann die erhöhte Winkelgeschwindigkeit kombiniert mit dem grösseren Drehmoment zu Beginn der exzentrisch-iso-inertialen Kontraktion zu einem grösseren Muskelwachstum führen, als dies bei der exzentrisch-isokinetischen Kontraktion der Fall ist (Farthing & Chilibeck, 2003; Guilhem et al., 2011). Guilhem, Cornu, Maffiuletti und Guével (2013) zeigten in ihrer Studie, die die neuromuskuläre Anpassungen der Knieextensoren während exzentrisch-iso-inertialen und exzentrisch-isokinetischen Belastung verglich, dass der Oberschenkelmuskelquerschnitt nach dem exzentrisch-iso-inertialen Training um 10 % zunahm. Hingegen konnte nach dem exzentrisch-isokinetischen Training keine Veränderung beobachtet werden.

Für das exzentrisch-isokinetische Krafttraining sollen die Gelenkwinkel- oder Geschwindigkeiten, die für die spezifischen Sportarten erforderlich sind, gut abgedeckt sein, um die Leistungssteigerung zu optimieren (Sakamoto, Sinclair & Naito, 2016). Hierfür sind vielfach mehrere Versuche bei verschiedenen Gelenkwinkeln oder- Geschwindigkeiten erforderlich. Weiter sind isokinetische Dynamometer teuer, benötigen viel Zeit für den Aufbau und sind für Einzelgelenkübungen ausgelegt. Der Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE) ermöglicht dank den zwei computergesteuerten Kabelzügen, welche frei oder an einer Langhantelfixiert, synchronisiert oder einzeln verwendet werden können, eine flexible Auswahl an exzentrisch-isokinetischen Trainingsübungen. So kann sowohl ein ringspezifisches exzentrisch-isokinetisches als auch ein kombiniert exzentrisch-isokinetisch und iso-inertiales Krafttraining durchgeführt und überwacht werden. Die Faktenlage für die Wirksamkeit von exzentrischem Krafttraining im Bereich Kunstturnen beschränkt sich auf einige wenige Studien. So zeigten Schärer et al. (2019), dass ein vierwöchiges exzentrisch-isokinetisches Training ein effektiver Reizwechsel für Spitzenturner ist, und die maximale spezifische Kraft an den Ringen der Elemente Schwalbe und Stützwaage steigert.

Bisher nicht untersucht wurde wie sich ein ringspezifisches exzentrisch-isokinetisches Krafttraining mit kombiniertem exzentrisch-isokinetischem und isoinertialen Reiz auf die Maximalkraft und spezifische Kraftausdauer der Athleten an den Ringen bei den Elementen Schwalbe und Stützwaage auswirken kann. Das kombiniert exzentrisch-isokinetisch und isoinertiale Training ist eine Weiterentwicklung des Programms aufgrund der Erkenntnisse des Monitorings der vorangehenden Studie von Schärer et al. (2019), in der eine «cluster-förmige» exzentrisch-isokinetische Belastungsmodalität untersucht wurde. Weiter ist es für die zukünftige Leistungsverbesserung der Athleten an den Ringen sinnvoll, die Auswirkungen einer ringspezifischen exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel dauernd zu überprüfen, damit neue Informationen bezüglich der exzentrischen Maximalkraft und Ermüdungswiderstandsfähigkeit der Athleten für die Trainingsplanung genutzt werden können. Aufgrund der hohen Belastung des exzentrischen Trainings müssen während einer Intervention auch die Schulterschmerzen überwacht werden.

1.4 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Masterarbeit ist es, vor, während und nach einer 3-wöchigen ringe-spezifischen exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel, a) die Wirksamkeit auf die Verbesserung der spezifischen Maximalkraft und Kraftausdauer der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage bei Athleten des schweizerischen Nationalkaders zu überprüfen und b) in jedem der sechs Trainings die Veränderung der exzentrisch-isokinetisch bzw. isoinertialen Maximalkraft (F_{\max_exz}), sowie der exzentrisch-isokinetisch bzw. isoinertialen Ermüdungswiderstandsfähigkeit ($F_{\text{mean_exz}}$) zu untersuchen. Ausserdem sollen c) vor, während und nach der Krafttrainingsintervention die Schulterschmerzen der Athleten mittels einer Befragung untersucht werden. Daraus ergeben sich folgende konkrete Fragestellungen:

- a) Wie verändern sich die Maximalkraft (5 Sekunden Haltezeit), sowie Kraftausdauer bei den Krafthalteelementen Schwalbe und Stützwaage an den Ringen vor, während und nach einer 3-wöchigen ringe-spezifischen exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel?
- b) Wie verändern sich die exzentrisch-isokinetisch bzw. isoinertiale Maximalkraft (F_{\max_exz}) und deren Mittelwerte pro Training, Serie ($F_{\text{mean_exz}}$) der oberen Extremitäten während einer 3-wöchigen ringe-spezifischen exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel?
- c) Wie verändern sich wöchentlich die Schulterschmerzen der Athleten vor, während und nach einer 3-wöchigen ringe-spezifischen exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel?

2 Methode

2.1 Untersuchungsgruppe

10 Athleten (Alter: 22.14 ± 2.99 Jahre, Grösse: 167.35 ± 4.07 cm, Gewicht: 63.71 ± 4.04 kg) des schweizerischen Nationalkader im Kunstturnen der Männer stellten sich durch Unterschreiben der Einverständniserklärung für die Teilnahme an der Studie freiwillig zur Verfügung. Die Verwendung der Messdaten für wissenschaftliche Untersuchungen und somit die Durchführung dieser Studie wurde von der Ethikkommission des Kantons Bern bewilligt (Project ID: 2018 – 00742).

2.2 Untersuchungsdesign

Die Probanden führten während drei Wochen (zwei Trainings pro Woche), drei exzentrisch-isokinetische (e_ik), sowie als Reizwechsel drei kombiniert exzentrisch-isokinetisch und isoinertiale (e_ik_ii) Krafttrainings an dem Gerät 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE) durch. Zusätzlich absolvierten die Athleten vier Maximalkraft- und Kraftausdauertests an den Ringen mit den Krafthalteelementen Schwalbe und Stützwaaage. Ausserdem wurden die Schulterschmerzen vor, während und nach der Krafttrainingsintervention mittels Fragebogen wöchentlich retrospektiv erhoben (Abbildung 3).

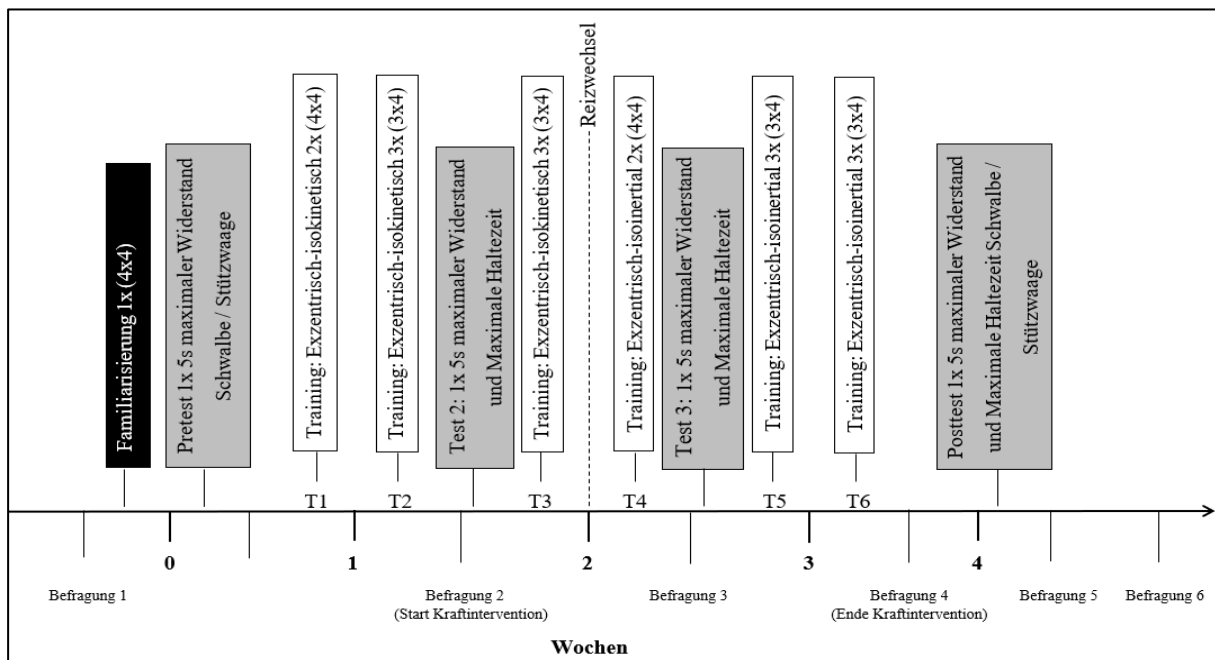


Abbildung 3. Ablauf des exzentrischen Trainings (Anzahl Serien und Wiederholungen), der Maximalkraft- und Kraftausdauertests an den Ringen sowie der wöchentlich retrospektiven Befragung betreffend Schulterschmerzen.

2.3 Analyse der exzentrischen Trainingsdaten

Um Muskelschädigungssymptome während des drei wöchigen Trainings aufgrund der ungewohnten e_{ik} bzw. kombiniert $e_{ik_{ii}}$ Übung zu vermeiden, wurde im Vorfeld ein Familiarisierungstraining durchgeführt (repeated bout effect) (McHugh, Connolly, Eston & Gleim, 1999). Anschliessend wurde das Training absolviert, die Kraftwerte von jeder Wiederholung gemessen, und daraus die Maximal- und Mittelwerte pro Training, Serie und Cluster berechnet. In dieser Studie wurde das Clustertraining angewendet mit dem Ziel, die Maximalkraft und Muskelhypertrophie mit schweren Lasten zu erhöhen. Bei dieser Methode werden innerhalb einer Serie kleine Pausen zwischen 10 und 30 Sekunden integriert (in unserer Untersuchung: 20s Pause), um die Anzahl der Wiederholungen und ihre Qualität (Maximalkraft) zu erhöhen. Lawton, Cronin, Drinkwater, Lindsell und Pyne (2004) zeigten, dass die Verwendung kurzer Ruheintervalle die Qualität der Bewegung erhöht und im Vergleich zu traditionellen Methoden die belastungsbedingte Ermüdung reduziert. Im ersten e_{ik} Training sowie ersten kombiniert $e_{ik_{ii}}$ Training wurden zwei Serien mit vier Sätzen à 4 Wiederholungen mit einer Satzpause von 20s und einer Serienpause von 5 min durchgeführt. In den jeweiligen darauffolgenden Trainings drei Serien mit drei Sätzen à 4 Wiederholungen mit derselben Pausendauer. Für das e_{ik} Training lag der Athlet auf dem Rücken und hielt die Arme in der Stützwaagenposition (45°). Ab Start der exzentrischen Bewegung übte der Athlet einen maximalen Gegendruck bis -15° unter die Schwalbenposition aus. Während dem e_{ik} Krafttraining wurde die Bewegungsgeschwindigkeit auf 0.1 m/s festgelegt. Dadurch dauerte eine Wiederholung ca. 5 s, womit eine durchschnittliche Haltezeit der Kraftelemente im Training erreicht wurde (Abbildung 4).



Abbildung 4. Exzentrisch-isokinetisches Training mit dem Gerät Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE). Startposition mit den Armen in Stützwaagenposition (links) und Endposition -15° unter Schwalbenposition (rechts).

Zusätzlich wurde für das kombinierte e_{ik} Training, anhand der Mittelwerte der Minimalkraftwerte von Training 1 bis Training 3 die Zusatzlast (kg) pro Athlet errechnet. Die Athleten hielten je in einer Hand die errechnete Zusatzlast (Ist = 30% des Minimums an F_{max_exz} von den ersten drei Trainings) und die Arme befanden sich in der Stützwaagenposition (45°). Stahlseile wurden genau gleich wie beim e_{ik} Training computergesteuert mit 0.1 m/s eingezogen und der Athlet übte einen maximalen Gegendruck bis -15° unter die Schwalbenposition aus (Abbildung 5).



Abbildung 5. Kombiniertes exzentrisch-isokinetisch und isoinertiales Training mit dem Gerät Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE). Startposition mit den Armen in Stützwaagenposition (links) und Endposition -15° unter Schwalbenposition (rechts).

2.4 Maximalkraft- und Kraftausdauerstest der Kraftelemente Schwalbe und Stützwaage

Die Athleten absolvierten einen Pretest mit 5-Sekunden maximalem Widerstand (Körpergewicht + zusätzliches Gewicht / - Gegengewicht) der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage an den Ringen, mit der erforderlichen Ausführungsqualität für die Anerkennung gemäss dem C.d.P (Gelenkwinkelabweichung von perfekter Position < 45°). Um an den Ringen möglichst genau (und maximal) fünf Sekunden halten zu können, wurde ein Flaschenzugsystem (Gegengewicht) zum Verringern oder ein Gewichtsgurt (Zusatzgewicht) zum Erhöhen des maximalen Widerstandes verwendet (Abbildung 6). Anschliessend wurde der Maximalkrafttest an den Ringen wöchentlich wiederholt und dabei der maximale Widerstand bei den Krafthalteelementen neu bestimmt. Zur Bestimmung der Kraftausdauer bei den Krafthalteelementen Schwalbe und Stützwaage hielten die Athleten zusätzlich in Test 2 und 3 die Elemente so lange wie möglich, mit dem im Pretest definierten maximalen Widerstand. Eine Woche nach der Krafttrainingsintervention absolvierten die Athleten einen Posttest mit maximalem Widerstand, zusätzlich wurde, wie in Test 2 und 3, die maximale Haltezeit gemessen. Zwischen allen

getesteten Elementen hatten die Athleten mindestens fünf Minuten Pause, um sich vollständig erholen zu können.



Abbildung 6. Die Elemente Schwalbe (links) und Stützwaage (rechts) gezeigt mit einem speziellen Flaschenzugsystem (Gegengewicht) (links) und einem Gewichtsgurt (Zusatzgewicht) (rechts) während fünf Sekunden.

2.5 Befragung Schulterschmerzen

Um die Veränderung der Schulterschmerzen zu untersuchen, wurden die Athleten mittels QuickDash (© Institute for Work & Health 2006-2013, Toronto, Canada) von einer Woche vor bis 2 Wochen nach der Krafttrainingsintervention jeweils wöchentlich retrospektiv befragt.

2.6 Untersuchungsinstrumente

2.6.1 Quantum Syncro. Das Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE) besteht aus zwei synchronisierten, computergesteuerten Kabelzugmaschinen. Die maximalen exzentrisch-isokinetischen / isoinertialen Kraftparameter wurden mit einer Frequenz von 333 Hz aufgezeichnet. Die maximalen exzentrisch-isokinetischen und isoinertialen Kraftwerte (N) von allen Wiederholungen wurden anhand eines Touch Panels mit Windows System erhoben. Anschliessend wurden die Rohdaten nach Microsoft Office Excel 2013 (Microsoft Corporation, Redmond, Wa, USA) exportiert.

2.6.2 Videoaufnahme 2D. Für die Ringkrafttests wurde ein iPad (Apple, Cupertino, USA) auf Ringhöhe und 3,5 Meter Entfernung fixiert, um die Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage aufzuzeichnen. Ausserdem wurde eine Ringhöhe von 1,5 Meter über dem Boden festgelegt. Zur Bestimmung der Haltepositionen (Schulterwinkel, Hüftwinkel und der Körperwinkel von Schwalbe und Stützwaage) sowie der Haltezeit wurde die Videoanalysesoftware Dartfish (Dartfish SA, Fribourg, CH) verwendet. Um die Qualität der Messung zu unterstützen

wurden die Gelenkwinkel (nach 2 Sekunden Haltezeit) der Kraftelemente Schwalbe und Stützwaage mit der Videoanalysesoftware Dartfish (Dartfish SA, Fribourg, CH) genau bestimmt (Abbildung 7). Die Zeitmessung der Krafthalteelemente startete ab dem Erreichen der stabilen Halteposition (bei mindestens zwei aufeinanderfolgenden Videobildern gleicher Halteposition) und endete bei nicht Anerkennung der Position (nach C.d.P.) oder wenn der Athlet die Halteposition abbrach.

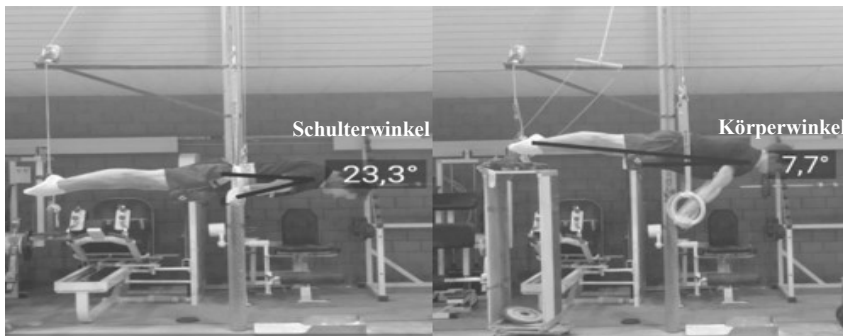


Abbildung 7. Bestimmung der Winkelabweichung (nach 2 Sekunden Haltezeit) beim Element Schwalbe (Schulterwinkel) und Stützwaage (Körperwinkel) mit der Videoanalysesoftware Dartfish (Dartfish SA, Fribourg).

2.6.3 Befragung Schulterschmerzen. Für die Selbsteinschätzung der Symptome und der Schulterfunktion wurde der QuickDash (© Institute for Work & Health 2006-2013, Toronto, Canada) bestehend aus 11 Elementen (8 Funktionen, 3 Symptomen) und dem zusätzlichen Sportmodul (4 Elemente) verwendet. Der Fragebogen wurde online, anhand einer fünfstufigen Skala beantwortet. Zur Berechnung des Scores wurden die Antwortpunkte der Fragen 1-11 bzw. 1-4 (Sportmodul) summiert und anschliessend durch die Anzahl der Fragen dividiert; 1 wurde subtrahiert und danach mit 25 multipliziert. Der Score-Wert wurde anhand einer Skala von 0 bis 100 Punkte bewertet, wobei ein Wert von 0 keine Schmerzen (sehr gute Funktion) bedeutete und ein Wert von 100 für grosse Schmerzen stand.

2.7 Datenanalyse

Die Maximalwerte der exzentrisch-isokinetisch / -isoinertialen Kraft von allen Wiederholungen aller Athleten während der Krafttrainingsintervention wurden in die Untersuchung miteinbezogen. Von der exzentrisch-isokinetisch bzw. -isoinertialen Maximalkraft (F_{max_exz}) wurden die höchsten Werte pro Serie und Training verwendet, um den Gruppenmittelwert zu bestimmen. Für die exzentrisch-isokinetisch bzw. -iosinertiale Ermüdungswiderstandsfähigkeit (F_{mean_exz}) wurden die Maximalwerte aus jeder Wiederholung pro Serie und Training gemittelt, um daraus den Gruppenmittelwert zu bestimmen. Die Resultate der Maximalkraft- und

Kraftausdauer tests an den Ringen aller Athleten wurden auf Normalverteilung überprüft (Shapiro-Wilk) und anschliessend die Gruppenmittelwerte gebildet. Die Resultate der gemessenen Parameter, Maximalkraft und Kraftausdauer der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage wurden auf signifikante Unterschiede überprüft. Die Gruppenmittelwerte und Standardabweichungen der Scores des QuickDash Fragebogen (© Institute for Work & Health 2006-2013, Toronto, Canada) wurden für alle Messzeitpunkte berechnet. Eine Einweg-Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung diente zur Überprüfung des Gesamteffektes, der T-Test wurde als Post-hoc-Test verwendet, die p-Werte nach Holm-Bonferroni korrigiert und Effektstärken nach Cohen (1988) berechnet. Die Effektstärken (d) wurden gemäß Cohen (1988) als klein (0.2 – 0.49), mittel (0.5 – 0.79) oder groß (≥ 0.8) klassifiziert. Alle Berechnungen wurden mit der Software Jamovi 1.1.9 (Jamovi, Sydney, Australia) durchgeführt.

3 Resultate

Bei den Maximalkrafttests an den Ringen der Krafthaltelemente Schwalbe und Stützwaage musste ein Athlet krankheitsbedingt auf den Posttest verzichten. Zudem konnte ein Athlet aufgrund von Schulterschmerzen, welche unabhängig der Untersuchung aufgetreten sind, die Tests zur Bestimmung der Kraftausdauer nicht absolvieren. Somit wurden die Resultate von nur neun bzw. acht Athleten in die Berechnung der Maximalkraft- bzw. Kraftausdauer tests an den Ringen miteinbezogen. Während der drei wöchigen ringe-spezifischen exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel, konnten ebenfalls nur 9 Athleten (aufgrund Krankheit eines Athleten) das exzentrische Training absolvieren. Somit wurden die Resultate von neun Athleten in die Berechnung der F_{max_exz} und F_{mean_exz} miteinbezogen. Alle in die Auswertung miteinbezogenen Variablen waren gemäss dem Shapiro-Wilk Test ($p > 0.05$) normalverteilt.

3.1 Maximalkraft Ringekraftelemente

Die ANOVA mit Messwiederholung ergab eine signifikante Veränderung der Maximalkraft zwischen den Maximalkrafttests an den Ringen beim Element Schwalbe ($F(3,24) = 15.1, p < 0.001$, partielles $\eta^2 = 0.653$). Der T-Test (Post-Hoc) zeigte, dass sich die Maximalkraft beim Element Schwalbe zwischen Pre- und Posttest signifikant um 8.72 % verbesserte ($d = 1.546$). Zwischen dem Pretest und Test 2 wurde keine signifikante Veränderung der Maximalkraft beobachtet ($d = 0.164, p = 0.666$; +0.66 %). Zwischen Test 2 und 3 verbesserte sich die Maximalkraft signifikant um 4.88 % ($d = 1.099$). Während zwischen Test 3 und Posttest eine Verbesserung der Maximalkraft um 2.97 % und ein hoher Effekt beobachtet werden konnte ($d = 0.814$; $p = 0.097$). Es konnte über die vier Maximalkrafttests an den Ringen eine signifikante Verbesserung der Maximalkraft beim Element Stützwaage festgestellt werden (ANOVA mit Messwiederholung: $F(3,24) = 9.80, p < 0.001$, partielles $\eta^2 = 0.550$). Die Post-Hoc Analyse zwischen dem Pre- und Posttest ergab eine signifikante Verbesserung der Maximalkraft beim Element Stützwaage um 7.39 % ($d = 1.683$). Zwischen dem Pretest und Test 2 verbesserte sich die Maximalkraft um 3.53 % und es konnte eine positive Tendenz beobachtet werden ($d = 0.997$; $p = 0.064$). Beim Vergleich des Tests 2 und Tests 3 verbesserte sich die Maximalkraft an den Ringen um 1.98 % und es konnte ebenfalls ein hoher Effekt beobachtet werden ($d = 0.813$; $p = 0.331$). Während zwischen Test 3 und Posttest nur kleine Effekte festgestellt wurden ($d = 0.373$;

$p > 0.05$; +1.72 %) (Abbildung 8). Die durchschnittliche Haltezeit über die gesamten Maximalkraft- bzw. Kraftausdauer tests betrug beim Element Schwalbe 4.88 ± 0.29 Sekunden und beim Element Stützwaage 4.70 ± 0.26 Sekunden.

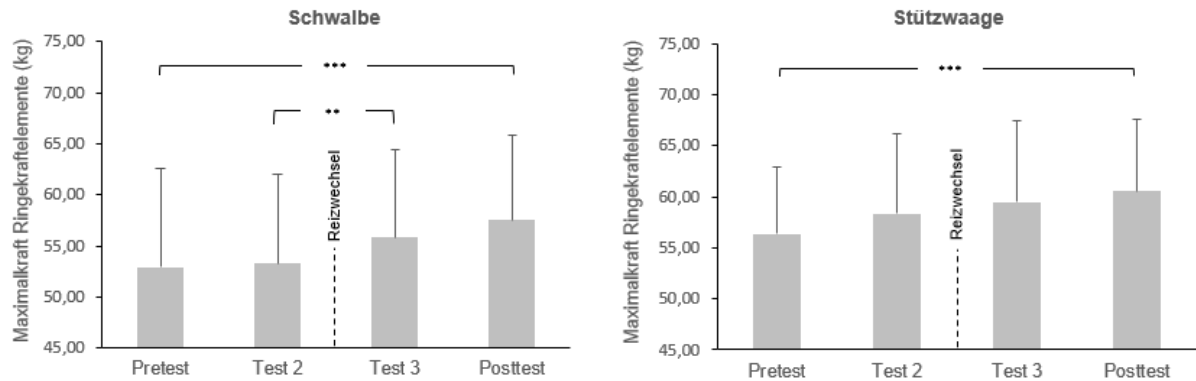


Abbildung 8. Mittelwert und Standardabweichungen der Maximalkraft der Elemente Schwalbe und Stützwaage (5s Haltezeit) vor, während und nach der exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel. $n = 9$ (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$).

3.2 Kraftausdauer Ringkraftelemente

Eine ANOVA mit Messwiederholung ergab eine signifikante Veränderung der Kraftausdauer beim Element Schwalbe ($F(1.85,12.92) = 5.94$, $p = 0.016$, partielles $\eta^2 = 0.459$). Der T-Test (Post-Hoc) zeigte eine signifikante Verbesserung der Kraftausdauer beim Element Schwalbe um 124.35 % zwischen dem Pre- und Posttest ($d = 0.899$). Während zwischen dem Pretest und Test 2 nur ein kleiner Effekt beobachtet werden konnte ($d = 0.285$; $p = 0.700$; +13.11 %), verbesserte sich die Kraftausdauer zwischen Test 2 und Test 3 um 56.43 ($d = 0.800$ $p = 0.214$). Die Kraftausdauer verbesserte sich zwischen Test 3 und Posttest um 26.80 % und es konnte ein mittlerer Effekt beobachtet werden ($d = 0.547$; $p = 0.346$).

Es konnte über die vier Tests eine signifikante Verbesserung der Kraftausdauer beim Element Stützwaage festgestellt werden (ANOVA mit Messwiederholung: $F(3,21) = 3.59$, $p = 0.031$, partielles $\eta^2 = 0.339$). Die Post-Hoc Analyse ergab eine signifikante Verbesserung der Kraftausdauer beim Element Stützwaage von 79.66 % zwischen dem Pre- und Posttest ($d = 0.962$). Zwischen den anderen Tests konnten keine signifikanten Unterschiede ($p > 0.05$) festgestellt und nur mittlere (Pretest vs. Test 2: $d = 0.621$; $p = 0.593$; +33.65 %) oder tiefe Effektstärken nachgewiesen werden (Test 2 vs. Test 3: $d = 0.414$; $p = 0.734$; +16.93 %; Test 3 vs. Posttest: $d = 0.366$; $p = 0.734$; +14.93 %) (Abbildung 9).

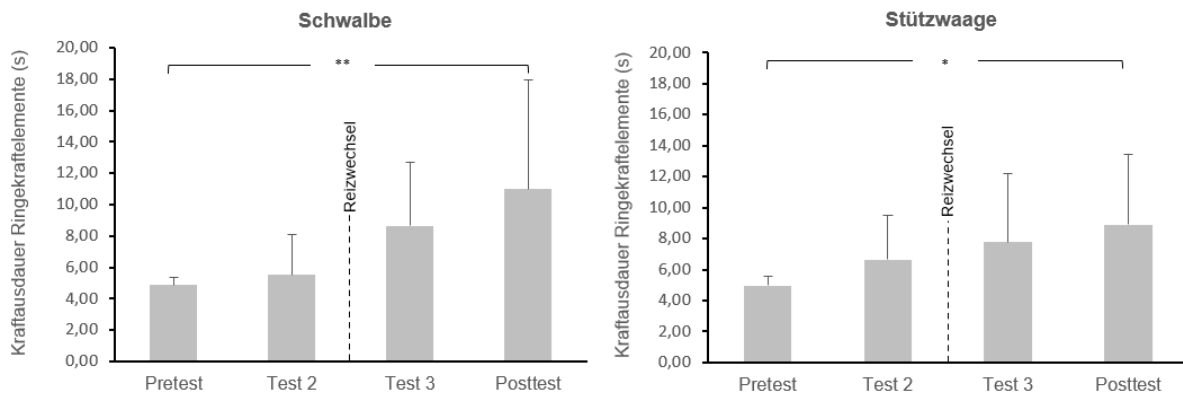


Abbildung 9. Mittelwert und Standardabweichungen der Kraftausdauer der Elemente Schwalbe und Stützwaage vor, während und nach der exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel $n = 8$ (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$).

3.3 Analyse der exzentrischen Trainingsdaten

3.3.1 Exzentrisch-isokinetische / -isoinertiale Maximalkraft. Eine ANOVA mit Messwiederholung ergab generell eine signifikante Verbesserung der F_{\max_exz} zwischen den e_{ik} Trainings (Trainings 1 – 3) ($F(2, 16) = 4.86$, $p = 0.022$, partielles $\eta^2 = 0.378$). Der T-Test (Post-Hoc) zeigte eine signifikante Verbesserung der F_{\max_exz} um 11.91 % zwischen Training 1 und Training 3 ($d = 1.086$). Zwischen Training 1 und 2, sowie Training 2 und 3 gab es eine (nicht signifikante) Steigerung der F_{\max_exz} von 4 bis 7 % ($d < 0.80$; $p > 0.05$). Der Vergleich über die drei kombiniert e_{ik_ii} (Trainings 4 – 6) zeigte ebenfalls eine generelle signifikante Verbesserung der F_{\max_exz} (ANOVA mit Messwiederholung: $F(2,16) = 13.00$, $p < 0.001$, partielles $\eta^2 = 0.620$). Die F_{\max_exz} pro Training verbesserte zwischen Training 4 und Training 6 signifikant um 24.50 % ($d = 1.498$). Zwischen Training 5 und Training 6 verbesserte sich die F_{\max_exz} signifikant um 17 % ($d = 1.038$), während zwischen dem Training 4 und Training 5 nur ein mittlerer Effekt beobachtet werden konnte ($d = 0.680$; $p = 0.168$; +6.34 %). Beim Vergleich der Serien pro Training konnte einzig in der Woche 2 im Training 4 eine signifikante Verbesserung der F_{\max_exz} beobachtet werden ($d = 0.751$; $p = 0.042$; +5.59 %). Zwischen den anderen Serien pro Training konnten Veränderungen zwischen 0.17 – 5.69 % und kleine bis mittlere Effekte festgestellt werden ($d < 0.50$; $p > 0.05$) (Abbildung 10).

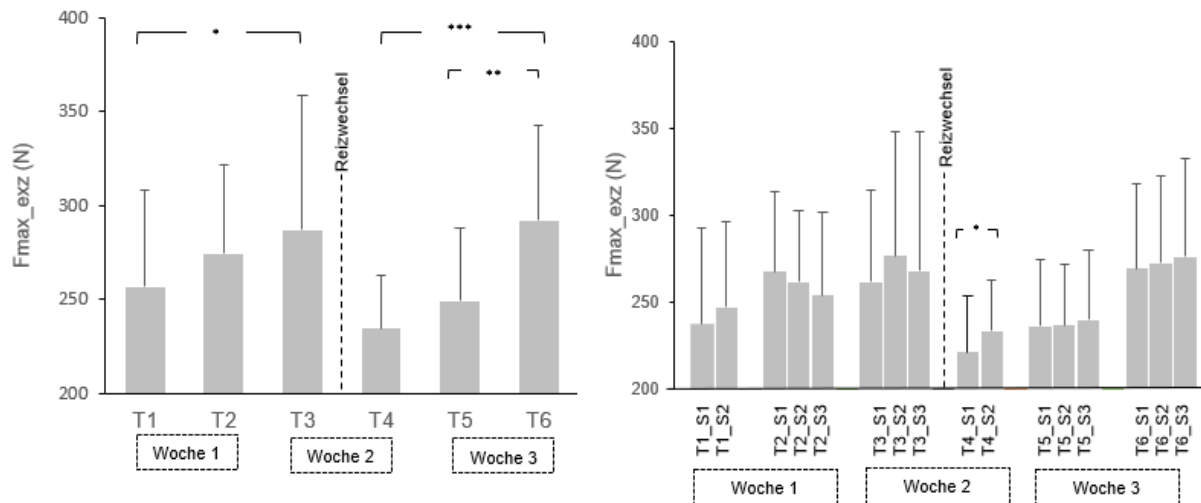


Abbildung 10. Mittelwert und Standardabweichung der exzentrischen Maximalkraft (F_{max_exz}) der beiden Maximalkrafttrainings (exzentrisch-isokinetisch und kombiniert exzentrisch-isokinetisch und isoinertial) mit Athleten aus dem Schweizerischen Nationalkader Kunstturnen. $n = 9$ (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$).

3.3.2 Exzentrisch-isokinetische / -isoinertiale Ermüdungswiderstandsfähigkeit. Es konnte über die ersten drei e_{ik} Trainings eine signifikante Verbesserung der F_{mean_exz} festgestellt werden (ANOVA mit Messwiederholung: $F(2, 16) = 10.50$, $p = 0.001$, partielles $\eta^2 = 0.567$). Die Post-Hoc Analyse ergab eine signifikante Veränderung der F_{mean_exz} von 12.56 % zwischen Training 1 und Training 3 ($d = 1.198$). Zwischen Training 1 und Training 2 verbesserte sich die F_{mean_exz} ebenfalls signifikant um 9.70 % ($d = 1.138$). Hingegen konnte zwischen Training 2 und 3 nur ein mittlerer Effekt beobachtet werden ($d = 0.510$; $p = 0.260$; +2.61 %). Der Vergleich über die drei kombiniert e_{ik_ii} Trainings (Trainings 4-6) zeigte eine signifikante Verbesserung der F_{mean_exz} (ANOVA mit Messwiederholung: $F(2, 16) = 14.10$, $p < 0.001$, partielles $\eta^2 = 0.637$). Der T-Test (Pos-Hoc) zeigte eine signifikante Verbesserung der F_{mean_exz} um 21.12 % zwischen Training 4 und Training 6 ($d = 1.810$). Die F_{mean_exz} verbesserte sich signifikant zwischen Training 4 und Training 5 um 9.05 % ($d = 0.804$), respektive um 11.06 zwischen Training 5 und Training 6 ($d = 1.062$). Beim Vergleich der Serien pro Training konnte im Training 3 eine signifikante Verringerung der F_{mean_exz} von Serie 1 zu Serie 3 beobachtet werden ($d = 0.690$; $p = 0.048$; -7.27 %). Zwischen den anderen Serien pro Training konnten nur kleine Effekte festgestellt werden ($d < 0.50$; $p > 0.05$; 0.37-4.32 %) (Abbildung 11).

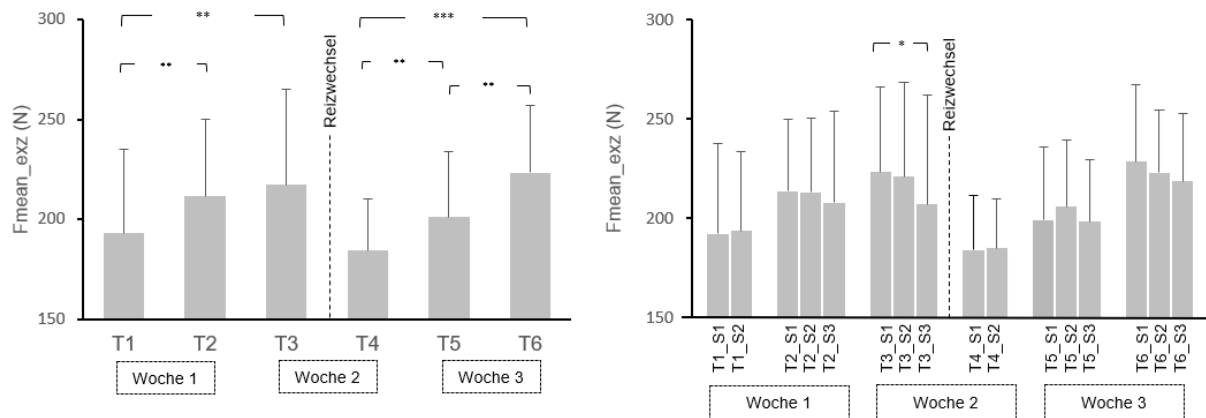


Abbildung 11. Mittelwert und Standardabweichung der exzentrischen Ermüdungswiderstandsfähigkeit (Fmean_exz) der beiden Maximalkrafttrainings (exzentrisch-isokinetisch und exzentrisch-isoinertial) mit Athleten aus dem Schweizerischen Nationalkader Kunstturnen. $n = 9$ (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$).

3.4 Schulterschmerzen

Es konnten keine signifikanten Veränderungen des QuickDash-Scores sowie des Sportmodul-scores festgestellt werden ($d < 0.50$; $p > 0.05$). Das Schmerzniveau der Athleten war während der gesamten Befragungsdauer generell tief, aber mit leichtem Anstieg ($d < 0.50$; $p = 0.478$) zu Beginn der Krafttrainingsintervention und wieder Abflachen ($d < 0.50$; $p = 0.165$) nach der Intervention. Zudem konnte nach der Krafttrainingsintervention ein tieferes Schmerzniveau als vor der Intervention beobachtet werden. Insgesamt konnten über die einzelnen Befragungen nur kleine Effekte im QuickDash und Sportmodul festgestellt werden ($d < 0.50$) (Abbildung 12).

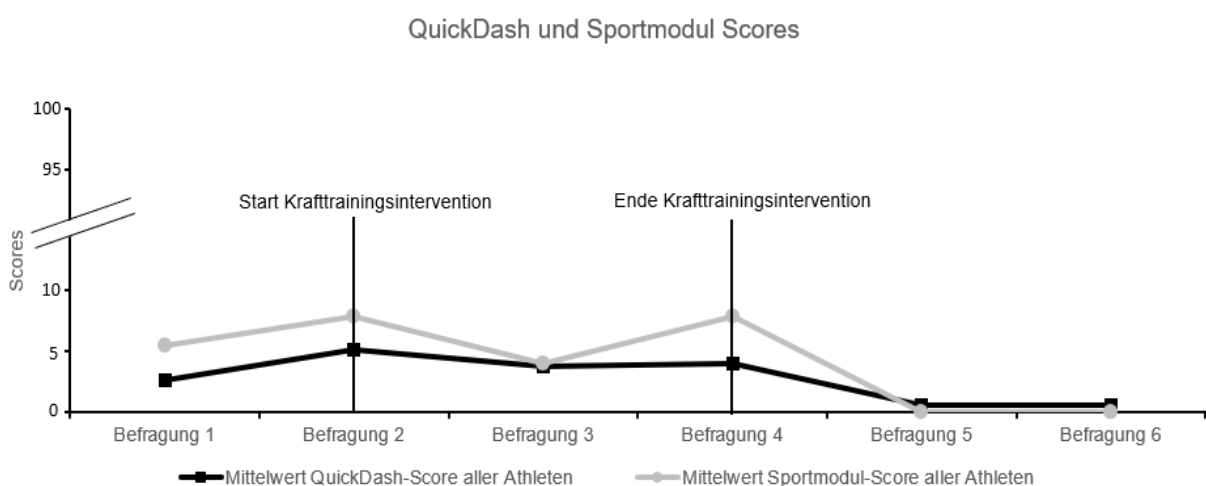


Abbildung 12. Entwicklung der Mittelwerte von QuickDash und Sportmodul Scores vor, während und nach der drei wöchigen exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel mit Athleten aus dem Schweizerischen Nationalkader Kunstturnen. $n = 9$. Max-Score = 100.

4 Diskussion

In dieser Studie wurde zum ersten Mal die Wirksamkeit einer 3-wöchigen ringe-spezifischen exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel mit dem 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE) auf die Verbesserung der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage an den Ringen überprüft. Weiter gab die Trainingsdatenanalyse der exzentrischen Trainingsübungen mit dem 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE) Aufschluss über die Entwicklungstendenzen der exzentrischen Maximalkraft und Ermüdungswiderstandsfähigkeit der oberen Extremitäten der Athleten pro Training und Serie. Darüber hinaus wurde die Auswirkung der exzentrischen Krafttrainingsintervention auf die Schulterschmerzen der Athleten untersucht. Die Resultate zeigten eine signifikante Zunahme der Maximalkraft bei beiden Krafthalteelementen an den Ringen zwischen Pre- und Posttest (Schwalbe: $d = 1.55$; $p < 0.001$; +8.72 %; Stützwaage: $d = 1.68$; $p < 0.001$; +7.39 %). Weiter verbesserte sich die Kraftausdauer bei beiden Krafthalteelementen an den Ringen nach der dreiwöchigen exzentrischen Krafttrainingsintervention signifikant (Schwalbe: $d = 0.90$; $p = 0.008$; +124.35 %; Stützwaage: $d = 0.96$; $p = 0.029$; +79.66 %). Die Analyse der exzentrischen Trainingsdaten zeigte bei beiden exzentrischen Trainingsformen eine signifikante Zunahme der F_{\max_exz} (e_ik Training: $d = 1.09$; $p = 0.021$; +11.91 %; kombiniert e_ik_ii Training: $d = 1.50$; $p < 0.001$; +24.50 %), sowie eine signifikante Verbesserung der exzentrischen Ermüdungswiderstandsfähigkeit (e_ik Training: $d = 1.20$; $p = 0.001$; +12.56 %; kombiniert e_ik_ii Training: $d = 1.81$; $p < 0.001$; +21.12 %). Ferner waren die Schulterschmerzen der Athleten generell tief.

4.1 Maximalkraft Ringekraftelemente

Die Wirksamkeit eines e_ik und kombiniert e_ik_ii Krafttrainings auf die Maximalkraft bei den Krafthalteelementen Schwalbe und Stützwaage war nach der dreiwöchigen exzentrischen Trainingsintervention klar sichtbar (Schwalbe: +8.72 %; Stützwaage: +7.39 %). Beim Vergleich der Entwicklung über die einzelnen Wochen von Test zu Test war eine kontinuierliche Verbesserung der Maximalkraft bei beiden Krafthalteelementen zu beobachten. In den ersten zwei Wochen (Pretest vs. Test 2) verbesserte sich die Maximalkraft beim Element Schwalbe lediglich um 0.66 %, während zwischen Woche 2 (Reizwechsel) und Woche 3 eine signifikante Zunahme von 4.88 % festgestellt werden konnte. Nach der exzentrischen Krafttrainingsintervention verbesserte sich die Maximalkraft an den Ringen erneut um 2.97 % in Woche 4. Beim

Element Stützwaage verbesserte sich die Maximalkraft an den Ringen in den ersten zwei Wochen (Pretest vs. Test 2) um 3.53 %, respektive um 1.98 % zwischen der Woche 2 (Reizwechsel) und Woche 3. Eine Woche nach der exzentrischen Krafttrainingsintervention konnte beim Posttest eine leichte Zunahme der Maximalkraft beim Element Stützwaage beobachtet werden (+1.72 %). Die Ergebnisse lassen vermuten, dass die kombiniert e_ik_ii Form (Woche 2) ein geeigneter Reizwechsel hinsichtlich der Steigerung der Maximalkraft beim Element Schwalbe und Stützwaage sein kann. Dadurch könnte sich auch der schnelle Kraftzuwachs innerhalb der kurzen Trainingsdauer (drei Wochen) erklären lassen. Es ist bekannt, dass ein Reizwechsel hinsichtlich Intensität und Variation der Übungsform zu einem schnelleren Kraftzuwachs führen kann, als wenn eine gleichförmige Belastung beibehalten wird (Hodges, Hayes, Horn & Williams, 2005). Zudem wird in der Literatur erwähnt, dass ein exzentrisch-isoinertiales Krafttraining wirksamer hinsichtlich der Verbesserung der Muskelkraft sein kann als das exzentrisch-isokinetische Krafttraining (Guilhem, Cornu et al., 2010). Eventuell trifft dies auch auf die kombiniert e_ik_ii Krafttrainingsform zu. Weiter zeigten die Resultate, dass die Anpassungen der Maximalkraft beim Element Schwalbe und Stützwaage genau umgekehrt waren. Es kann vermutet werden, dass die e_ik_ii Krafttrainingsmethode wirksamer auf die Maximalkraft beim Element Schwalbe sein kann. Zudem deutet die Verbesserung der Maximalkraft beim Element Schwalbe nach Trainings mit hohen Belastungen (Training 2 und 3 und Training 5 und 6) darauf hin, dass die Müdigkeit zu einem Reiz und dann zu einer Anpassung führte. Im Gegensatz zum Element Schwalbe verbesserte sich die Maximalkraft beim Element Stützwaage durch die e_ik Krafttrainingsmethode, die zu Beginn der Intervention eingesetzt wurde, am effektivsten. Exzentrische Trainingsmodalitäten können die mechanische Belastung pro motorischer Einheit erhöhen, was wiederum zu einer verbesserten Muskelkoordination führen kann (Vogt & Hoppeler, 2014). Zudem ist durch Anpassungen von Muskelaktivierungen und Erhöhung der Muskelmasse eine erhöhte exzentrische maximale Kraftproduktion möglich (Geremia et al., 2018). Hingegen wird in der wissenschaftlichen Literatur über die Generalisierbarkeit des exzentrischen Trainings im Leistungssport diskutiert (Vogt & Hoppeler, 2014). Dies aber wohl nur, weil die bisherigen exzentrischen Trainings nicht Sportart- respektive Bewegungsspezifisch waren. In dieser Studie konnte mit dem 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE) eine spezifische Trainingsübung angewendet werden, die hinsichtlich der Bewegungsrichtung, der involvierten Muskelgruppen und der Bewegungsgeschwindigkeit im Vergleich zur Zielübung (Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage an den Ringen) spezifisch war. Dies ist

ein wichtiger Aspekt dem Beachtung geschenkt werden muss, wenn neue (insbesondere exzentrisch-isokinetische) Trainingsübungen kreiert und ihre Wirksamkeit überprüft werden sollen.

Die Maximalkraft der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage konnte in dieser Studie im Vergleich zu der Studie von Schärer et al. (2019) in nur sechs statt acht Trainings fast verdoppelt werden. Durch die in dieser Studie angewendete exzentrische Krafttrainingsintervention ist eine viel höhere Intensität bei deutlich weniger Wiederholungen möglich, was schliesslich zu einer deutlichen Verbesserung der Maximalkraft beider Krafthalteelemente geführt hat. Schliesslich kann aufgrund der positiven Entwicklung der Maximalkraft der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage an den Ringen gesagt werden, dass die in dieser Studie angewendete exzentrische Krafttrainingsintervention für die Praxis sehr geeignet und auch viel effizienter ist als die erste Intervention der Studie von Schärer et al. (2019). In weiterführenden Studien empfiehlt es sich weiter zu untersuchen, ob eine der exzentrischen Trainingsmethoden wirksamer auf die Maximalkraft der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage ist.

4.2 Kraftausdauer Ringkraftelemente

Die Resultate in dieser Untersuchung zeigten, dass sich die Kraftausdauer nach der dreiwöchigen exzentrischen Krafttrainingsintervention bei beiden Krafthalteelementen signifikant gesteigert hat (Schwalbe: +124.35 %; Stützwaage: +79.66 %). Im Gegensatz zu einem traditionellen Ringkrafttraining (3 Serien à 3 x 5 Sekunden) war die gesamte Spannungsdauer der Muskulatur (3 – 4 Minuten pro Training) in dieser Studie um ein Vielfaches höher. Es kann vermutet werden, dass die erhöhte Spannungsdauer der Muskulatur der entscheidende Faktor war, welcher zu einer Verbesserung der Kraftausdauer der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage führte. Einige Studien zeigten, dass die Kraftausdauer durch ein höheres Trainingsvolumen in grösserem Umfang gesteigert werden kann, da eine höhere Belastungsdauer vermehrt die Ausdauerkomponenten sowohl der Maximalkraftausdauer als auch der anaeroben Ausdauerfähigkeit beanspruchen (De Hoyos et al., 1998; Kraemer, 1997; McGee, Jessee, Stone & Blessing, 1992). Jedoch wären mehr Studien nötig, um den Trainingsparameter (Spannungsdauer der Muskulatur) und dessen Wirksamkeit auf die Kraftausdauer der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage genauer untersuchen zu können.

Beim Vergleich der einzelnen Tests konnte bei beiden Krafthalteelementen eine wöchentliche kontinuierliche Verbesserung der Kraftausdauer festgestellt werden. In den ersten zwei Wochen (Pretest vs. Test 2) verbesserte sich die Kraftausdauer beim Element Schwalbe um 13.11 %,

während sich die Kraftausdauer zwischen Woche 2 (Reizwechsel) und Woche 3 um 56.43 % gesteigert hat. Nach der exzentrischen Krafttrainingsintervention verbesserte sich die Kraftausdauer an den Ringen erneut um 26.80 % in Woche 4. Beim Element Stützwaage verbesserte sich die Kraftausdauer an den Ringen in den ersten zwei Wochen (Pretest vs. Test 2) um 33.65 %, respektive um 16.93 % zwischen der Woche 2 (Reizwechsel) und Woche 3. Eine Woche nach der exzentrischen Krafttrainingsintervention konnte beim Posttest eine Zunahme der Kraftausdauer beim Element Stützwaage beobachtet werden (+14.93 %). Die Resultate legen nahe, dass der Reizwechsel effektiver auf die Kraftausdauer beim Krafthalteelement Schwalbe wirkte. Zudem konnte die kombiniert e_ik_ii Trainingsform eine höhere Kraftausdaueranpassung für das Element Schwalbe bewirken als die e_ik Trainingsform. Im Gegensatz zum Element Schwalbe konnte beim Element Stützwaage vor allem in der Anfangsphase (e_ik Training) der Intervention eine Verbesserung der Kraftausdauer festgestellt werden. Da beide Trainingsformen einen neuen Trainingsreiz für die Athleten darstellten, kann vermutet werden, dass die Anwendung beider Trainingsformen innerhalb kurzer Zeit die Kraftausdauer an den Ringen stark verbesserte. In weiterführenden Studien sollte weiter untersucht werden, ob eine der beiden exzentrischen Krafttrainingsmethoden wirksamer auf die Kraftausdauer der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage ist.

4.3 Analyse der exzentrischen Trainingsdaten

4.3.1 Exzentrisch-isokinetische / -isoinertiale Maximalkraft. Die Analyse der exzentrischen Trainingsdaten zeigte, dass sich die F_{max_exz} sowohl während dem e_ik als auch dem kombiniert e_ik_ii Krafttraining kontinuierlich von Training zu Training steigerte. Zwischen Training 1 und Training 3 (e_ik) war eine Zunahme der F_{max_exz} von 11.91 % zu erkennen, während zwischen Training 4 und Training 6 (kombiniert e_ik_ii) eine Kraftzunahme von 24.50 % festgestellt werden konnte. Das exzentrische Krafttraining ist eine effektive Trainingsmethode, um einen maximalen Kraftzuwachs zu erzeugen. Zudem ist bekannt, dass ein exzentrisches Widerstandstraining zu stärkerer Muskelhypertrophie und Muskelkraft führt als das Training mit konzentrischen Kontraktionen (Farthing & Chilibeck, 2003). Hingegen wird in der wissenschaftlichen Literatur aber über die allgemeine Gültigkeit dieser Resultate für den Leistungssport diskutiert. Anhand des Monitorings der exzentrischen Trainingsdaten konnte ein Vergleich zwischen den Werten der F_{max_exz} und den Maximalkraftwerten an den Ringen hergestellt werden. Die F_{max_exz} verbesserte sich während dem e_ik Krafttraining in Woche 1 um 6.97 % worauf beim Test 2 der Maximalkrafttests an den Ringen eine Verbesserung der Maximalkraft

beider Krafthaltelemente festgestellt werden konnte (Schwalbe: +0.66 %; Stützwaage: +3.53 %). Aufgrund dem kombiniert e_ik_ii Krafttraining in Woche 3 (Fmax_exz: +17 %) konnte beim Posttest der Maximalkrafttests an den Ringen eine Verbesserung der Maximalkraft beider Krafthaltelemente beobachtet werden (Schwalbe: +2.97 %; Stützwaage +1.72 %). Die Resultate zeigten, dass die Steigerung der Fmax_exz ebenfalls zu einer Steigerung der Maximalkraft beider Krafthaltelemente an den Ringen führt. Zudem war ersichtlich, dass sich die Maximalkraft beim Element Schwalbe zu Beginn kaum verbesserte, während sich die Fmax_exz ziemlich gleichmässig pro Training erhöhte. Eventuell benötigen die Athleten beim Element Schwalbe eine gewisse Zeit, bis sie das neue Kraftpotential an die Ringe transferieren können. Weiter kann vermutet werden, dass die Maximalkraftentwicklung beim Element Schwalbe vermehrt von dem kombiniert e_ik_ii Krafttraining und die Maximalkraftentwicklung beim Element Stützwaage vermehrt von der e_ik Methode profitierte.

Beim Vergleich der zwei exzentrischen Krafttrainingsmethoden wurde festgestellt, dass die maximale Kraftzunahme beim kombiniert e_ik_ii Training (+24.50 %) höher war als beim e_ik Training (+11.91 %). Befunde in der wissenschaftlichen Literatur legen nahe, dass ein exzentrisch-isoinertiales Krafttraining wirksamer hinsichtlich der maximalen Kraftzunahme ist als ein exzentrisch-isokinetisches Krafttraining (Mont, Cohen, Campbell, Gravare & Mathur, 1994; Romero-Rodriguez, Gual & Tesch, 2011; Vogt & Hoppeler, 2014). Anhand des Resultats könnte spekuliert werden, dass dies auch auf die in dieser Studie angewendete kombiniert e_ik_ii Methode zutrifft. In der Woche 2 der exzentrischen Krafttrainingsintervention zwischen Training 3 und Training 4 (Reizwechsel) konnte eine Abnahme der Fmax_exz von 18.36 % festgestellt werden. Dies lässt sich vermutlich durch das Zusatzgewicht im kombiniert e_ik_ii Krafttraining erklären. Wahrscheinlich vermochten die Athleten zu Beginn des kombiniert e_ik_ii Krafttrainings aufgrund der Hanteln (einerseits weil das Halten der Hanteln ungewohnt war, andererseits wegen dem Zusatzgewicht durch die Hanteln) weniger Druck zu erzeugen oder das Zusatzgewicht hat mit der anderen und den zwei zusätzlichen Krafrichtungen, die Krafterzeugung erschwert. Hingegen kann vermutet werden, dass die zusätzlichen Krafrichtungen (eine vertikal nach unten durch das Zusatzgewicht, die andere leicht schräg nach aussen-vorne durch das 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE)) auch die Richtungen simulieren, in welche die Ringe beim Ausführen der Krafthaltelemente stabilisiert werden müssen, wodurch die kombiniert e_ik_ii Trainingsübung noch Bewegungsspezifischer sein könnte.

Es ist hervor zu heben, dass während der dreiwöchigen exzentrischen Krafttrainingsintervention keine signifikante Abnahme der F_{max_exz} beobachtet werden konnte. Beim Vergleich der Serien pro Training verbesserte sich F_{max_exz} sogar im Training 4 (Reizwechsel) signifikant ($d = 0.75$; $p = 0.042$), was bedeuten könnte, dass die Athleten zuerst eine Serie absolvieren mussten, um sich an die neue Methode zu gewöhnen. Ansonsten konnten nur kleine bis mittlere Effekte festgestellt werden ($d < 0.50$; $p > 0.05$). Die Resultate zeigten, dass die Athleten nahezu immer in der Lage waren ihre volle F_{max_exz} zu erzeugen, ohne dabei schnell zu ermüden. Dies lässt vermuten, dass die Trainings mit der angewendeten Cluster-Methode so gut gestaltet waren, dass über die gesamte exzentrische Krafttrainingsintervention eine ständige maximale Belastung erreicht werden konnte. Es sollte jedoch beachtet werden, dass das e_{ik} und kombiniert e_{ik_ii} Krafttraining eine sehr belastende Trainingsform ist, welche nicht fortlaufend im Trainingsprozess integriert werden sollte. Es ist bekannt das exzentrisches Training mit verminderter Fasererregbarkeit, Muskel-Mikroläsionen, Schmerzen und anfängliche Muskelschwäche verbunden sein kann (Hedayatpour, Falla, Arendt-Nielsen, Vila-Chã & Farina, 2009; Felici, Colace, & Sbriccoli, 1997; Sbriccoli et al., 2001). Zudem benötigt die Sehne um einiges länger als die Skelettmuskulatur um sich an das neue Belastungsniveau zu adaptieren, was das Verletzungsrisiko erheblich erhöhen kann (Güllich & Krüger, 2013). Daher muss während dem Zeitraum des Anpassungsprozesses nebenbei das Krafttraining in der Turnhalle dementsprechend angepasst werden.

4.3.2 Exzentrisch-isokinetische / -isoinertiale Ermüdungswiderstandsfähigkeit. Der Vergleich der exzentrischen Trainingsdaten zeigte, dass sich die F_{mean_exz} sowohl während dem e_{ik} als auch kombiniert e_{ik_ii} Krafttraining kontinuierlich gesteigert hat. Zwischen dem Training 1 und Training 3 (e_{ik}) konnte eine signifikante Zunahme von 12.56 % festgestellt werden, während zwischen Training 4 und Training 6 (kombiniert e_{ik_ii}) eine signifikante Zunahme von 21.12 % zu erkennen war. Die signifikanten Verbesserungen der F_{mean_exz} bestätigte, dass die exzentrische Krafttrainingsintervention höchst wirksam hinsichtlich der Ermüdungswiderstandsfähigkeit der Athleten war. Dies kann auch zur verbesserten spezifischen Ringkraftausdauer der Elemente Schwalbe und Stützwaage geführt haben. Das Monitoring der exzentrischen Trainingsdaten erlaubte es einen Vergleich zwischen der F_{mean_exz} und der Kraftausdauer an den Ringen herzustellen. Aufgrund des e_{ik} Krafttrainings in Woche 1 (F_{mean_exz} : +9.70 %) konnte beim Test 2 ein positiver Effekt auf die Kraftausdauer beider Kraftthalteelemente an den Ringen festgestellt werden (Schwalbe: +13.11 %; Stützwaage: +33.68 %). Während dem kombiniert e_{ik_ii} Krafttraining in der Woche 3 verbesserte sich die

Fmean_exz um 11.06 % worauf beim Posttest der Kraftausdauer tests an den Ringen ebenfalls eine Verbesserung der Kraftausdauer beider Krafthalteelementen festgestellt werden konnte (Schwalbe: +26.80 %; Stützwaage: +14.93 %). Die Resultate zeigten, dass sich die Verbesserung der Fmean_exz positiv auf die Kraftausdauer beider Krafthalteelemente an den Ringen ausgewirkt hat.

Der Vergleich der Fmean_exz zwischen den zwei exzentrischen Krafttrainingsmethoden zeigte, dass die Athleten während dem e_ik Krafttraining eine höhere Kraft aufzubringen vermochten und das Kraftniveau besser halten konnten als während dem kombiniert e_ik_ii Krafttraining. Jedoch konnte bei der kombiniert e_ik_ii Methode eine stärkere Entwicklung der Fmean_exz festgestellt werden (+21.12 %) gegenüber der e_ik Methode (+12.56 %). Die Athleten konnten wahrscheinlich durch das (genauso wie im vorderen Abschnitt der Maximalkraft erwähnt) ungewohnte Setting (Zusatzgewicht / zwei verschiedenen Kraftrichtungen) beim kombiniert e_ik_ii Krafttraining zu Beginn weniger Kraft erzeugen, während in der letzten Woche die erhöhte Motivation der Athleten dazu geführt hat, dass sich die Fmean_exz stärker verbesserte. Des Weiteren ist zu vermuten, dass der Reizwechsel zu einer verbesserten Fmean_exz in den darauffolgenden Trainings (kombiniert e_ik_ii) geführt hat.

Der Vergleich der einzelnen Serien pro Training zeigte, dass die Athleten während den Trainings leicht ermüdeten mit Ausnahme der Trainings 1 und 4, in denen eine leichte Zunahme der Fmean_exz von der ersten bis zur letzten Serie beobachtet wurde (Training 1: +0.86 %; Training 4: +0.49 %). Die Fmean_exz nahm einzig zwischen den Serien beim Training 3 signifikant um 7.27 % ab. Dies legt nahe, dass die Anwendung von 3 Serien pro Training eine hohe Belastung bewirkte, die für die Athleten sehr streng war, aber notwendig, um den für die folgenden Anpassungen notwendigen Reiz zu implizieren. Zudem lassen die Resultate vermuten, dass die Erholungszeit zwischen den Trainings ausreichend war, weil selbst wenn die Athleten bei 3 Serien pro Training einer hohen Belastung ausgesetzt waren, die Athleten die Fmean_exz im darauffolgenden Training erhöhten. Schliesslich zeigten die Resultate, dass die Athleten ihre Fmean_exz durch die angewendete Cluster-Methode erhöhten, ohne schnell zu ermüden. Damit war auch eine ständige maximale Belastung über die gesamte exzentrische Krafttrainingsintervention erreichbar, was schliesslich auch die Kraftausdauer der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage positiv beeinflusste.

Generell war die exzentrische Krafttrainingsintervention gut gestaltet. Durch die clusterförmige Variation der Belastung war bei beiden exzentrischen Trainingsformen eine kontinuierliche Steigerung der F_{max_exz} und F_{mean_exz} erreichbar, einzig nach dem Reizwechsel war eine Verringerung der exzentrischen Messparameter zu erkennen. Zudem stellte die Belastungsmodalität für alle Athleten einen ungewohnten, aber sehr spezifischen Trainingsreiz dar und der Reizwechsel nach nur wenigen Trainings war hochwirksam auf die Verbesserung der Maximalkraft und Kraftausdauer der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage an den Ringen.

4.4 Schulterschmerzen

Die Schulterschmerzen der Athleten waren, vor, während und nach der Intervention sehr klein und es konnten nur geringe Schwankungen festgestellt werden. So ergab die wöchentliche Befragung der Athleten eine leichte Zunahme der Schulterschmerzen mit Beginn der Krafttrainingsintervention. Anschliessend war während der Krafttrainingsintervention und der darauffolgenden Befragung eine geringe Abnahme der Schulterschmerzen festzustellen, ehe diese zum Endzeitpunkt der Krafttrainingsintervention wieder leicht zunahmen, was im Zusammenhang mit der neuen kombiniert e_ik_ii Trainingsform stehen könnte. Es ist bekannt, dass während einem exzentrischen Training die Skelettmuskulatur stark gedehnt und überlastet wird, was insbesondere lokale Entzündungen der Typ-II-Fasern verursachen und verzögerten Muskelkater auslösen kann (Lieber & Fridén, 2002). Wie bereits in dieser Studie erwähnt, war die Zeit der maximalen Muskelspannung pro Krafttraining um ein Vielfaches höher als die übliche Spannungsdauer in einem traditionellen Ringekrafttraining bei welchem die Elemente an den Ringen trainiert werden. Trotz der in dieser Trainingsintervention sehr langen Zeit unter maximalen Spannung verletzte sich keiner der Athleten, im Gegenteil, direkt nach der Krafttrainingsintervention konnte im Durchschnitt (Score = 0) sogar ein tieferes Schmerzniveau als vor der Intervention festgestellt werden. Dies lässt vermuten, dass das dreiwöchige exzentrische Krafttraining in dieser Studie strukturelle Veränderungen im Muskel-Sehnen-System in den trainierten Muskelgruppen bewirken konnte. Es sollte jedoch beachtet werden, dass das e_ik und kombiniert e_ik_ii Krafttraining für die Athleten sehr belastend sein kann. Daher empfiehlt es sich, diese Trainingsform vor allem als Reizwechsel in Aufbauphasen anzuwenden.

5 Schlussfolgerung

Schlussfolgernd kann festgehalten werden, dass die 3-wöchige ringe-spezifische exzentrisch-isokinetische Krafttrainingsintervention mit kombinierten exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel eine effektive Krafttrainingsmethode ist, um in einer kurzen Zeit die Maximalkraft und Kraftausdauer der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage an den Ringen bei Elite-Athleten zu verbessern. Zu beachten ist, dass nach nur 3 Trainings ein Reizwechsel stattgefunden hat und dass zu Beginn und Ende der Intervention die Schulterschmerzen der Athleten am höchsten waren. Die Trainingsdatenanalyse zeigte, dass die exzentrische Krafttrainingsintervention neben der Steigerung der exzentrischen Maximalkraft vor allem auch die Ermüdungswiderstandsfähigkeit verbesserte, wodurch die verbesserte spezifische Maximalkraft und Kraftausdauer an den Ringen erklärt werden kann. Die Befragungsergebnisse bezüglich der Schulterschmerzen zeigten, dass die Athleten mit Schmerzen auf die exzentrische Krafttrainingsintervention reagiert hatten, aber dass direkt nach der Intervention bei den Athleten keine Schmerzen mehr festzustellen waren. Die e_ik Form induzierte eine grössere Maximalkraft und Kraftausdauer an den Ringen beim Element Stützwaage, während die kombiniert e_ik_ii Form zu einer höheren Maximalkraft und Kraftausdauer beim Element Schwalbe führte. Daher könnte in Zukunft die Intervention auf einzelne Elemente spezifischer abgerichtet werden, jedoch muss beachtet werden, dass noch höhere Steigerungsraten der Maximalkraft die Verletzungsgefahr noch mal erheblich steigern würden. Eventuell sollte in zukünftigen Studien untersucht werden, ob die ringe-spezifische exzentrisch-isokinetische Krafttrainingsintervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Reizwechsel wirksam auf die Maximalkraft und Kraftausdauer weiterer Krafthalteelemente an den Ringen sein kann.

Für die Trainingspraxis ist hervorzuheben, dass durch die 3-wöchige exzentrische Krafttrainingsintervention, aufgrund der sehr kurzen Interventionsdauer und der deutlich verbesserten spezifischen Maximalkraft und Kraftausdauer an den Ringen ein Trainingsvorsprung erreicht werden kann. Zudem zeigte sich der Reizwechsel als effektiver Stimulus, um die Maximalkraft und Kraftausdauer beider Elemente zu verbessern, daher kann die in dieser Studie angewendete exzentrische Trainingsform für die Praxis übernommen werden. Jedoch muss beachtet werden, dass die Athleten während dem exzentrischen Krafttraining einer sehr hohen Belastung ausgesetzt werden und dadurch das Verletzungsrisiko im täglichen technischen Training erhöht wird. Daher sollten in den normalen Trainingseinheiten nur die technischen Aspekte der Elemente

ohne maximale Krafteinsätze trainiert werden. Schliesslich eignet sich die exzentrische Krafttrainingsintervention als guter Reizwechsel, welcher aber nicht fortlaufend im Trainingsprozess integriert werden darf.

Literatur

- Askling, C., Karlsson, J. & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(4), 244-250.
- Asmussen, E. (1953). Positive and negative muscular work. *Acta Physiologica Scandinavica*, 28(4), 364-382. doi:10.1111/j.1748-1716.1953.tb00988.x
- Baker, D. (2001). Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 30-35. doi:10.1519/1533-4287(2001)015%3C0030:coubsa%3E2.0.co;2"
- Beatty, K. T., McIntosh, A. S. & Frechede, B. O. (2006). *Method for the detection of fatigue during gymnastics training*. Paper presented at the XXIV ISBS Symposium, Salzburg, Austria.
- Bigland-Ritchie, B. & Woods, J. J. (1976). Integrated electromyogram and oxygen uptake during positive and negative work. *The Journal of Physiology*, 260(2), 267-277.
- Bradshaw, E. J. & Hume, P. A. (2012). Biomechanical approaches to identify and quantify injury mechanisms and risk factors in women's artistic gymnastics. *Sports Biomechanics*, 11(3), 324-341. doi:10.1080/14763141.2011.650186
- Brehmer, S. & Hirsch, A. (2013). *Bemerkungen zu internationalen Wettkämpfen und Lehrgängen 2013*. Vortrag Kadertrainerseminar Gerätturnen Männer, Frankfurt / Main.
- Brüggemann, G. P. (2005). *Biomechanical and biological limits in artistic gymnastics*. Paper presented at the International Symposium of Biomechanics in Sports, Beijing, China.
- Brunelli, S., Sciorati, C., D'Antona, G., Innocenzi, A., Covarello, D., Galvez, B. G., . . . Bottinelli, R. (2007). Nitric oxide release combined with nonsteroidal antiinflammatory activity prevents muscular dystrophy pathology and enhances stem cell therapy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(1), 264-269. doi:10.1073/pnas.0608277104
- Cadore, E. L., González-Izal, M., Pallarés, J. G., Rodríguez-Falces, J., Häkkinen, K., Kraemer, W. J., . . . Izquierdo, M. (2014). Muscle conduction velocity, strength, neural activity, and morphological changes after eccentric and concentric training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(5), e343-e352. doi:10.1111/sms.12186

- Campbell, R., Pease, D. & Cossens, P. (2018). Quantifying landing impacts during a leg strength circuit in male artistic gymnastics- A pilot study. *ISBS Proceedings Archive*, 36(1), 831-834.
- Campos, M. J. A., Côte-Real, C. & Lebre, E. (2009). The importance of the „Swallow “on structuring and valuing rings exercises of Men's Artistic Gymnastics. *Palestrica of the Third Millennium Civilization & Sport*, 10(2), 190-195.
- Coffey, V. G. & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports Medicine*, 37(9), 737-763.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cowell, J. F., Cronin, J. & Brughelli, M. (2012). Eccentric muscle actions and how the strength and conditioning specialist might use them for a variety of purposes. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 33-48. doi:10.1519/SSC.0b013e318253f578
- De Hoyos, D., Abe, T., Garzarella, L., Hass, C. J., Nordman, M. & Pollock, M. (1998). Effects of 6 months of high-or low-volume resistance training on muscular strength and endurance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(5), 165.
- Ducloy, J., Martin, A., Robbe, A. & Pousson, M. (2008). Spinal reflex plasticity during maximal dynamic contractions after eccentric training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(4), 722-734.
- Dumortier, J., Mariman, A., Boone, J., Delesie, L., Tobbach, E., Vogelaers, D. & Bourgois, J. G. (2018). Sleep, training load and performance in elite female gymnasts. *European Journal of Sport Science*, 18(2), 151-161.
- Enoka, R. M. (1996). Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *Journal of Applied Physiology*, 81(6), 2339-2346.
- Farthing, J. P. & Chilibeck, P. D. (2003). The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology*, 89(6), 578-586.
- Felici, F., Colace, L. & Sbriccoli, P. (1997). Surface EMG modifications after eccentric exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 7(3), 193-202. doi:10.1016/S1050-6411(96)00034-X
- FIG (2017). *Code de Pointage MAG (2017-2020)*. Lausanne: FIG.

- Geremia, J. M., Baroni, B. M., Lanferdini, F. J., Bini, R. R., Sonda, F. C. & Vaz, M. A. (2018). Time course of neuromechanical and morphological adaptations to triceps surae isokinetic eccentric training. *Physical Therapy in Sport*, 34, 84-91. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.09.003
- Giorgi, A., Wilson, G. J., Weatherby, R. P. & Murphy, A. J. (1998). Functional isometric weight training: its effects on the development of muscular function and the endocrine system over an 8-week training period. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12(1), 18-25.
- Guilhem, G., Cornu, C. & Guével, A. (2010). Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 53(5), 319-341. doi:10.1016/j.rehab.2010.04.003
- Guilhem, G., Cornu, C. & Guével, A. (2011). Muscle architecture and EMG activity changes during isotonic and isokinetic eccentric exercises. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2723-2733.
- Guilhem, G., Cornu, C., Maffiuletti, N. A. & Guével, A. (2013). Neuromuscular adaptations to isoload versus isokinetic eccentric resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(2), 326-335.
- Guilhem, G., Cornu, C., Nordez, A. & Guével, A. (2010). A new device to study isoload eccentric exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3476-3483. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d640ec
- Guilhem, G., Guével, A. & Cornu, C. (2010). A standardization method to compare isotonic vs. isokinetic eccentric exercises. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(5), 1000-1006. doi:10.1016/j.jelekin.2010.03.009
- Güllich, A. & Krüger, M. (2013). *Sport. Das Lehrbuch für das Sportstudium*. Berlin: Springer-Verlag.
- Häkkinen, K., Komi, P. V., Alén, M. & Kauhanen, H. (1987). EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1 year training period in elite weight-lifters. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(4), 419-427.
- Halsen, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147.

- Hedayatpour, N. & Falla, D. (2015). Physiological and neural adaptations to eccentric exercise: mechanisms and considerations for training. *BioMed Research International*, 2015. doi:10.1155/2015/193741
- Hedayatpour, N., Falla, D., Arendt-Nielsen, L. & Farina, D. (2008). Sensory and electromyographic mapping during delayed-onset muscle soreness. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(2), 326-334.
- Hedayatpour, N., Falla, D., Arendt-Nielsen, L., Vila-Chã, C. & Farina, D. (2009). Motor unit conduction velocity during sustained contraction after eccentric exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(10), 1927-1933.
- Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren III, G. L. & Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology*, 81(5), 2173-2181. doi:10.1152/jappl.1996.81.5.2173
- Hislop, H. J. & Perrine, J. J. (1967). *The Isokinetic Concept of Exercise*. *Physical Therapy*, 47, 114-117.
- Hodges, N. J., Hayes, S., Horn, R. R. & Williams, A. M. (2005). Changes in coordination, control and outcome as a result of extended practice on a novel motor skill. *Ergonomics*, 48(11-14), 1672-1685. doi:10.1080/00140130500101312
- Hübner, K. & Schärer, C. (2015). Relationship between swallow, support scale and iron cross on rings and their specific preconditioning strengthening exercises. *Science of Gymnastics Journal*, 7(3), 59-68.
- Ichiba, T. (2002). *Kunstturnen der Männer: Eine Analyse aus sporthistorisch-bewegungstheoretischer Perspektive*. Münster: Lit-Verlag.
- Kellis, E. & Baltzopoulos, V. (1995). Isokinetic eccentric exercise. *Sports Medicine*, 19(3), 202-222.
- Komi, P. V. & Buskirk, E. R. (1972). Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics*, 15(4), 417-434. doi: 10.1080/00140137208924444
- Kraemer, W. J. (1997). A series of studies—The physiological basis for strength training in American football: Fact over philosophy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 11(3), 131-142.

- Langberg, H., Ellingsgaard, H., Madsen, T., Jansson, J., Magnusson, S. P., Aagaard, P. & Kjær, M. (2007). Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with Achilles tendinosis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(1), 61-66. doi:10.1111/j.1600-0838.2006.00522.x
- Lawton, T., Cronin, J., Drinkwater, E., Lindsell, R. & Pyne, D. (2004). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(4), 361-367.
- Lieber, R. L. & Fridén, J. (2002). Morphologic and mechanical basis of delayed-onset muscle soreness. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 10(1), 67-73.
- Lindstedt, S. L., LaStayo, P. C. & Reich, T. E. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *Physiology*, 16(6), 256-261. doi: 10.1152/physiologyonline.2001.16.6.256
- Lindstedt, S. L., Reich, T. E., Keim, P. & LaStayo, P. C. (2002). Do muscles function as adaptable locomotor springs? *Journal of Experimental Biology*, 205(15), 2211-2216.
- Marconnet, P. & Komi, P. V. (1988). Structure, architecture, et fonction des muscles striés squelettiques. In J. N. Heuleu & L. Simon (Hrsg.), *Muscle et rééducation* (S. 1-25). Paris: Masson.
- Marina, M. (2018). Jumping skills: Importance, assessment and training. In M. Jemni (Hrsg.), *The science of Gymnastics. Advanced concepts* (S. 62-69). Abingdon: Routledge.
- McGee, D., Jessee, T. C., Stone, M. H. & Blessing, D. (1992). Leg and hip endurance adaptations to three weight-training programs. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 6(2), 92-95.
- McHugh, M. P., Connolly, D. A. J., Eston, R. G. & Gleim, G. W. (1999). Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Medicine*, 27(3), 157-170.
- Mont, M. A., Cohen, D. B., Campbell, K. R., Gravare, K. & Mathur, S. K. (1994). Isokinetic concentric versus eccentric training of shoulder rotators with functional evaluation of performance enhancement in elite tennis players. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(4), 513-517. doi:10.1177/036354659402200413
- Naundorf, F., Brehmer, S., Fetzer, J. & Hirsch, R. (2012). Analyse der internationalen Leistungsentwicklung im Gerätturnen vor und nach der grundlegenden Reform des Wertungssystems im Jahr 2005. *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, 19, 219–229.

- Naundorf, F., Brehmer, S., Körner, S., Seidel, I. & Wick, J. (2017). Analyse aktueller Entwicklungstendenzen im Gerätturnen. In J. Wick, I. Seidel & D. Büsch (Hrsg.), *Olympiaanalyse Rio 2016* (S. 129-141). Leipzig: Meyer & Meyer Verlag.
- Nordez, A., Casari, P. & Cornu, C. (2008). Effects of stretching velocity on passive resistance developed by the knee musculo-articular complex: contributions of frictional and viscoelastic behaviours. *European Journal of Applied Physiology*, 103(2), 243-250.
- Patten, C., Kamen, G. & Rowland, D. M. (2001). Adaptations in maximal motor unit discharge rate to strength training in young and older adults. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 24(4), 542-550.
- Perrey, S. (2009). Physiologie de la contraction musculaire excentrique et aspects énergétiques. In J. L. Croisier & P. Codine (Hrsg.), *Exercice Musculaire Excentrique*, (S. 1-6). Paris : Masson.
- Proske, U. & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of Physiology*, 537(2), 333-345. doi:10.1111/j.1469-7793.2001.00333.x
- Romero-Rodriguez, D., Gual, G. & Tesch, P. A. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Physical Therapy in Sport*, 12(1), 43-48. doi:10.1016/j.ptsp.2010.10.003
- Roulland, R. (2003). Les ischio-jambiers du footballeur: isocinétisme et prévention. *Kinésithérapie Scientifique*. (437), 31-36.
- Sakamoto, A., Sinclair, P. J. & Naito, H. (2016). Strategies for maximizing power and strength gains in isoinertial resistance training: Implications for competitive athletes. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 5(2), 153-166. doi:10.7600/jpfsm.5.153
- Sartor, F., Vailati, E., Valsecchi, V., Vailati, F. & La Torre, A. (2013). Heart rate variability reflects training load and psychophysiological status in young elite gymnasts. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2782-2790. doi: 10.1519/JSC.0b013e31828783cc
- Sbriccoli, P., Felici, F., Rosponi, A., Aliotta, A., Castellano, V., Mazza, C., . . . Marchetti, M. (2001). Exercise induced muscle damage and recovery assessed by means of linear and non-linear sEMG analysis and ultrasonography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 11(2), 73-83. doi:10.1016/S1050-6411(00)00042-0

- Schärer, C., Tacchelli, L., Göpfert, B., Gross, M., Lüthy, F., Taube, W. & Hübner, K. (2019). Specific eccentric–isokinetic cluster training improves static strength elements on rings for elite gymnasts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4571. doi:10.3390/ijerph16224571
- Vila-Chã, C., Falla, D., Correia, M. V. & Farina, D. (2012). Adjustments in motor unit properties during fatiguing contractions after training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(4), 616-624.
- Vogt, M. & Hoppeler, H. H. (2014). Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of Applied Physiology*, 116(11), 1446-1454.

Anhang

Anhang 1: Fragebogen Schulterschmerzen

Anhang 1: Fragebogen Schulterschmerzen



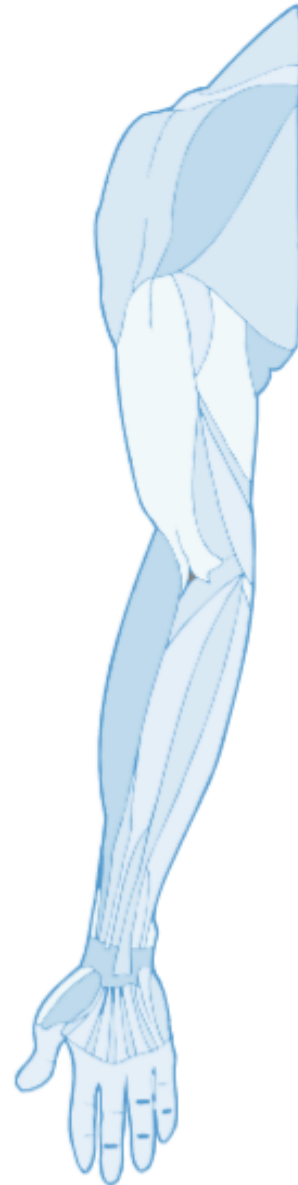
ANLEITUNG

Dieser Fragebogen beschäftigt sich sowohl mit Ihren Beschwerden als auch mit Ihren Fähigkeiten, bestimmte Tätigkeiten auszuführen.

Bitte beantworten *Sie alle Fragen* gemäß Ihrem Zustand in der vergangenen Woche, indem Sie einfach die entsprechende Zahl ankreuzen.

Wenn Sie in der vergangenen Woche keine Gelegenheit gehabt haben, eine der unten aufgeführten Tätigkeiten durchzuführen, so wählen Sie die Antwort aus, die Ihrer Meinung nach *am ehesten* zutreffen würde.

Es ist nicht entscheidend, mit welchem Arm oder welcher Hand Sie diese Tätigkeiten ausüben. Antworten Sie Ihrer Fähigkeit entsprechend, ungeachtet, wie Sie die Aufgaben durchführen konnten.



© Institute for Work & Health 2006. All rights reserved.

Deutsche Version: Günter Germann, Angela Harth, Gerhard Wind, Erhan Demir.

QuickDASH

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
3. Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
4. Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
5. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
6. Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)	1	2	3	4	5

7. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
1	2	3	4	5

8. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
1	2	3	4	5

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein.
(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)

	Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
9. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
10. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5

11. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1	2	3	4	5

QuickDASH Wert für Behinderung/Symptome = $\left(\left[\frac{\text{Summe der } n \text{ Antwortpunkte}}{n} \right] - 1 \right) \times 25$ wobei n der Anzahl der beantworteten Fragen entspricht

Wurden mehr als 1 Frage nicht beantwortet, so darf ein QuickDASH Wert nicht berechnet werden.

ARBEITS- UND BERUFS-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems auf Ihre Arbeit (einschließlich Haushaltsführung, falls dies Ihre Hauptbeschäftigung ist).

Bitte geben Sie Ihre/n Arbeit/Beruf hier an: _____

☐ Ich bin nicht berufstätig (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt.

Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
12. In der üblichen Art und Weise zu arbeiten?	1	2	3	4	5
13. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihre übliche Arbeit zu erledigen?	1	2	3	4	5
14. So gut zu arbeiten wie Sie es möchten?	1	2	3	4	5
15. Die bisher gewohnte Zeit mit Ihrer Arbeit zu verbringen?	1	2	3	4	5

SPORT- UND MUSIK-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder auf das Ausüben Ihres Sports oder auf beides. Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben (oder beides), so beantworten Sie bitte die Fragen in bezug auf das Instrument oder die Sportart, die für Sie am wichtigsten ist.

Bitte geben Sie dieses Instrument bzw. diese Sportart hier an: _____

☐ Ich treibe keinen Sport oder spiele kein Instrument (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt.

Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
16. In der üblichen Art und Weise Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
17. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
18. So gut Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben wie Sie es möchten?	1	2	3	4	5
19. Die bisher gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstrumentes oder mit Sporttreiben zu verbringen?	1	2	3	4	5

Auswertung der optionalen Module: Die Antwortpunkte der Fragen werden summiert; durch 4 (Anzahl der Fragen) dividiert; 1 wird subtrahiert und danach mit 25 multipliziert.

Für die Auswertung eines optionalen Moduls dürfen keine Antworten fehlen.

Dank

Ein grosses Danke an meinen Referenten Dr. Christoph Schärer für seine Betreuung und Unterstützung bei der Erstellung dieser Masterarbeit. Zudem möchte ich mich bei den zehn beteiligten Turner des schweizerischen Kunstturnnationalkaders für ihre Motivation und den geleisteten Einsatz bedanken, ohne sie wäre diese Masterarbeit nicht möglich gewesen. Ein letztes Dankeschön gilt meiner Frau, meinen Freunden und meiner Familie, die mich während dieser Masterarbeit ermutigt und unterstützt haben.