

**Wirksamkeit eines dreiwöchigen
exzentrisch-isokinetischen und
exzentrisch-isokinetisch-isoinertialen Trainings
auf das Krafthalteelement Kopfkreuz an den Ringen**

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht
eingereicht von

Claudio Capelli

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

Ipsach, Juni 2022

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	5
1.1 Hintergrund und Ausgangslage	5
1.2 Krafttraining	9
1.3 Ziel der Arbeit	16
2 Methode.....	18
2.1 Untersuchungsgruppe.....	18
2.2 Studiendesign	18
2.3 Instrumente.....	22
2.4 Statistische Analyse.....	24
3 Resultate	25
3.1 Maximalkraft Kopfkreuz.....	25
3.2 Kraftausdauer Kopfkreuz	26
3.3 Exzentrische Trainingsdaten	27
4 Diskussion	30
4.1 Maximalkraft Kopfkreuz.....	30
4.2 Kraftausdauer Kopfkreuz	31
4.3 Exzentrische Trainingsdaten	32
5 Schlussfolgerung	36
Literatur	37
Dank	41

Zusammenfassung

Einleitung. Im Kunstturnen sind sowohl die körperliche Voraussetzung als auch die physische Verfassung von grosser Bedeutung. Essentiell sind eine ausgeprägte Muskulatur und dementsprechend ein gutes Maximalkraftniveau. Diese Maximalkraft ist insbesondere für das Gerät Ringe zentral, da verschiedene Kraftelemente nacheinander geturnt werden. Diese Kraftelemente müssen zwei Sekunden in einer vorgegebenen Position gehalten werden. Um diese Kraft aufbringen zu können, werden auch im Kunstturnen vermehrt exzentrische Krafttrainingsformen eingesetzt. Es gibt jedoch kaum Studien, die zeigen welche Wirksamkeit ein exzentrisches Krafttraining auf das Element Kopfkreuz an den Ringen hat.

Ziel. Diese Masterarbeit hat zum Ziel, den Effekt eines exzentrisch-isokinetischen Krafttrainings kombiniert mit einem exzentrisch-isokinetisch-isoinertialen Krafttraining auf das Element Kopfkreuz an den Ringen bei Spitzenathleten zu analysieren. Ergänzend wird ein Monitoring der exzentrischen Trainingsdaten eingesetzt, um nachträglich die Wirksamkeit des Trainings zu überprüfen, damit für die nachfolgenden Interventionen ein noch effizienteres Programm zur Verfügung steht. Diese Daten werden analysiert und mit den Veränderungen der Maximalkraft und der Kraftausdauer beim Element Kopfkreuz an den Ringen verglichen.

Methode. Fünf Athleten des Schweizerischen Nationalkaders im Kunstturnen absolvierten eine dreiwöchige Krafttrainingsintervention an einem computergesteuerten Kraftgerät (Quantum Syncro 1080). Die Athleten führten sechs Trainingseinheiten in einer Clusterform durch. Die drei ersten Trainingseinheiten wurden in einer exzentrisch-isokinetischen Trainingsform (exz_ik) trainiert und die darauffolgenden drei Trainingseinheiten in einer kombinierten exzentrisch-isokinetisch-isoinertialen Trainingsform (exz_ik_ii). Es fanden zwei Trainings pro Woche statt. Vor, während und nach der Intervention wurde die Maximalkraft sowie die Kraftausdauer beim Element Kopfkreuz an den Ringen bei allen Turnern überprüft.

Resultate. Für das Element Kopfkreuz an den Ringen hat ein Vergleich zwischen Pre- und Post-Test gezeigt, dass die Maximalkraft (+15.45 %; $p = 0.002$; $d = 3.49$) und die Kraftausdauer (+143.5 %; $p = 0.045$; $d = 1.29$) signifikant zugenommen haben. Dabei hat die detaillierte Untersuchung der exzentrischen Trainingsdaten gezeigt, dass sowohl die exzentrische Maximalkraft (F_{\max_exz}) +9.85 % als auch die exzentrische Widerstandsfähigkeit ($F_{\text{mean_exz}}$) +8.83 % ($p < 0.05$) mit der exzentrisch-isokinetischen Trainingsform signifikant zugenommen hat. Keine signifikante Veränderung zeigte die Analyse der exzentrisch-isokinetisch-isoinertialen Trainingsform.

Diskussion. Die dreiwöchige exzentrische Trainingsintervention zeigt einen grossen Effekt hinsichtlich der Verbesserung der Maximalkraft und der Kraftausdauer auf das Kraftelement Kopfkreuz. Auch innerhalb der Trainingsinterventionen kann eine hohe Wirksamkeit des Reizwechsels von der exzentrisch-isokinetischen zur exzentrisch-isokinetisch-isoinertialen Trainingsintervention für die Maximalkraft an den Ringen festgestellt werden.

Schlussfolgerung. Die exzentrische Trainingsintervention hat eine erkennbare Wirkung auf das Element Kopfkreuz an den Ringen für das Schweizerische Nationalkader Kunstturnen der Männer. Die durchgeführte Trainingsintervention ist interessant für die Anwendung im Kunstturnen, weil innerhalb von nur drei Wochen ein Effekt erkennbar ist. Dennoch muss beachtet werden, dass die Ermüdung der Athleten im technischen Training klar bemerkbar ist. Deshalb eignet sich diese Form nicht als Dauerethode.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird nachfolgend an der Stelle von exzentrisch-isokinetisch-isoinertial lediglich exzentrisch-isoinertial geschrieben.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Ausgangslage

Das Kunstturnen der Männer gehört seit dem Jahr 1896 zum Programm der Olympischen Spiele. Der Kunstturnwettkampf der Männer wird an sechs Geräten bestritten. Diese werden in drei Gerätetypen unterteilt: Sprunggeräte (Boden und Sprung), Stützgeräte (Pferdpauschen und Barren) und Hanggeräte (Ringe und Reck) (FIG, 2017). Von den ersten Olympischen Spielen 1896 bis heute hat sich das Kunstturnen stark verändert. Während im 1896 die Wettkämpfe unter freiem Himmel geturnt wurden, werden diese heute in riesigen Turnhallen mit tausenden von Zuschauern durchgeführt. Weiter haben sich die Trainingsformen und Geräteigenschaften verändert, insbesondere die Federeigenschaften der Geräte wurden laufend optimiert (Naundorf, Brehmer, Körner & Seidel, 2017). Beispielsweise wurde früher das Bodenturnen noch auf dem Rasen und die Landungen an den Ringen auf dem harten Sand absolviert. Heute werden die Landungen auf weiche Matten geturnt und auch der Boden besteht aus vielen Federn unter der Bodenmatte und hat eine elastische Oberfläche.

Neben den gerätespezifischen Veränderungen hat sich auch das Training der Athleten verändert. Heute wird deutlich mehr, zielgerichteter und professioneller trainiert (Jemni, Friemel, Sands & Mikesky, 2001). Deshalb hat sich die physische Verfassungen der Athleten stark verbessert. Dies wurde möglich durch neue Erkenntnisse aus verschiedenen sporteigenen und -fremden Studien ergänzt von Erfahrungen der Athleten und Trainer. Die Übungen heute sind deutlich länger und anspruchsvoller als noch vor einigen Jahren, als noch Pflichtübungen geturnt werden mussten (Abschaffung 1996). Die verschiedenen Anpassungen des Code de Pointage (C.d.P.) sowie das Ersetzen der Maximalnote *zehn* durch ein nach oben offenes Wertungssystem im Jahr 2006, schafften die Grundlage des heutigen Kunstturnens (Naundorf et al., 2017). Durch die Abschaffung der Höchstnote *zehn* konnte ein deutlicher Anstieg der Schwierigkeit und Dauer der Übung festgestellt werden. Naundorf et al. (2017) zeigten in ihrer Studie einen markanten Anstieg der mittleren Übungsdauer bei Eliteathleten in den letzten Jahren: an den Geräten Pferdpauschen (+ 31 %), Ringe (+ 24 %), Barren (+ 56 %) und Reck (+ 39 %) wurde die Dauer der Übung um mehr als einen Fünftel verlängert. Hinzu kommt ein deutlicher Anstieg der D-Note (Difficulty: Schwierigkeit) bei gleichzeitig sinkender E-Note (Execution: Ausführung) (Naundorf, Brehmer, Fetzer & Hirsch, 2012). Neben den genannten Auswirkungen des C.d.P. haben insbesondere die Weiterentwicklung der Turngeräte einen grossen Beitrag zur rasanten Leistungsentwicklung im Kunstturnen beigetragen.

Als Beispiel für diese Entwicklung haben Brehmer und Hirsch (2013) gezeigt, dass sich die Schraubentechnik der Athleten aufgrund der verbesserten Federeigenschaften der neuen Bodenfläche optimiert hat. Ergänzend hat die Fortentwicklung der Federelemente zu einer grösseren Sprunghöhe (mehr Translations- und Rotationsenergie) geführt, dies ermöglicht es den Athleten anspruchsvollere Elemente zu turnen wie z.B. Dreifachsalto rückwärts gebückt. Angesichts der ständigen Fortentwicklung der Federeigenschaften der Turngeräte ist die Belastung bei den Landungen für die Athleten deutlich höher. Dies führt zu einer höheren Beanspruchung der passiven (Gelenke, Sehnen, Bänder) und der aktiven Strukturen (Muskeln) des Körpers der Athleten. Brüggemann (2005) hat aufgezeigt, dass die häufigen Verletzungen sowohl im Training als auch im Wettkampf, ein Indiz dafür sind, dass Kunstturner vermehrt an ihre körperlichen Grenzen gehen.

Auch das Ringeturnen hat sich in den letzten Jahren deutlich verändert. Durch die laufenden Anpassungen des C.d.P. und den technischen und physischen Veränderungen hat sich das Hanggerät Ringe zu einem Schwung- und Kraftgerät entwickelt. Eine Übung enthält Schwung-, Kraft- und Halteelemente zu etwa gleichen Anteilen. Die Elemente können durch den Stütz, durch den Hang, durch oder in den Handstand geturnt werden. Übergänge von Schwung- in Kraftelemente oder umgekehrt prägen das heutige Ringeturnen. Die Arme und der Körper müssen dabei möglichst bei jedem Element gestreckt sein (FIG, 2022).

Gemäss dem Artikel «12.2.2 Informationen über die D-Note» (FIG, 2022, S. 78) gibt es folgende Elementgruppen:

- Kippen und Schwungelemente und Schwünge durch oder in den Handstand (2 Sekunden(s))
- Kraft- und Halteelemente (2 s)
- Schwung- zu Kraftelemente (2 s)
- Abgänge

Gemäss dem neusten C.d.P. muss eine Ringeübung Elemente aus allen vier Elementgruppen beinhalten, was dazu führt, dass die Übungen abwechslungsreicher aber auch anspruchsvoller sind. Ausserdem können die Athleten maximal drei Kraftelemente hintereinander turnen und müssen danach wieder ein Element der Schwunggruppe zeigen.

Alle Elemente sind im C.d.P. (FIG, 2022) nach deren Bewegungscharakteristik in vier Elementgruppen pro Gerät und nach deren Schwierigkeit von A (= 0.1 Punkte Bonus) bis I (= 0.9 Punkte Bonus) eingestuft (Tabelle 1).

Tabelle 1

Schwierigkeitstabelle für die Einstufung von Elementen

Wertteil	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Wert	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90

Anmerkung: FIG (2017, S. 21)

Die Addition der zehn schwierigsten Elemente pro Übung ergibt den Schwierigkeitswert der Übung (D-Wert).

$$\text{Beispiel: } 3 \times C, 4 \times D, 3 \times E = (3 \times 0.3) + (4 \times 0.4) + (3 \times 0.5) = 4.0$$

Wenn Elemente aus allen vier Elementgruppen in der Übung erfolgreich absolviert werden, kommt zur Summe des Schwierigkeitsindex der gezeigten Elemente noch 0.5 Punkte pro gezeigter Elementgruppe dazu. Was bedeutet, dass zu den (exemplarischen) 4.0 Punkten der Schwierigkeitstabelle des vorangehenden Beispiels noch 2.0 Punkte für die Elementgruppen addiert werden. Dies resultiert in einem Schwierigkeitswert (D-Wert) von 6.0 Punkten. Zum D-Wert wird die Ausführungsnote (E-Wert) addiert, was in der Endnote resultiert (F-Wert). Mit dem E-Wert wird die Ausführung der Übung definiert. Abweichungen von der im C.d.P. definierten perfekten Ausführung werden hier von der Maximalnote 10.0 abgezogen. An den Ringen werden die meisten Haltungsabzüge durch Fehler in der Ausführung von Krafthalteelementen gemacht. Die FIG definiert die perfekte Halteposition im C.d.P.. Die Höhe der Abzüge hängt von der Winkelabweichung dieser Halteposition ab (Abbildung 1). Alle Elemente, welche in eine Halteposition führen, müssen zudem mindestens zwei Sekunden gehalten werden. Ein Halt ist erfüllt, wenn der Körper in der vorgeschriebenen Halteposition ist. Mögliche Abzüge:

- Leichter Fehler = 0.1 Punkte Abzug
- Mittlerer Fehler = 0.3 Punkte Abzug
- Grosser Fehler = 0.5 Punkte Abzug
- Keine Anerkennung = Element wird nicht in die Wertung einbezogen

Leichter Fehler	Mittlerer Fehler	Großer Fehler	Keine Anerkennung-D-K
bis zu 15°	16° - 30°	> 30°	> 45
Beispiele:			

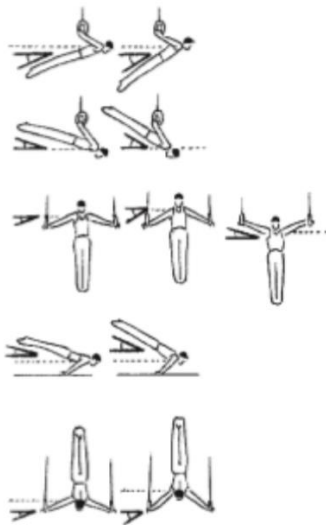


Abbildung 1. Technische Punkteabzüge bei Krafthalteelementen abhängig von der Winkelabweichungen der definierten perfekten Halteposition (FIG, 2022)

Der C.d.P. wird laufend überarbeitet, insbesondere aber alle vier Jahre am Ende eines olympischen Zyklus. Einerseits aus sicherheitstechnischen Gründen, andererseits werden Elemente auf- oder abgewertet weil sie selten oder zu oft geturnt werden. Elemente, welche als zu gefährlich eingeschätzt werden, können dabei auch aus dem C.d.P. gestrichen werden, da der Sicherheitsaspekt wegen zu hoher Verletzungsgefahr nicht mehr gewährleistet ist. Andererseits können Elemente, welche sehr wenig oder nie im Wettkampf zu sehen sind, im Schwierigkeitswert aufgewertet werden. Dies führt zu Änderungen in der Übungszusammenstellung und somit zu einer grösseren Variation von Elementen in den Wettkampfübungen.

An den Ringen sind aktuell die Elemente Schwalbe und Stützwaaage die wichtigsten Elemente um einen hohen D-Wert zu erreichen (Campos, Côté-Real & Lebre, 2009). Der Schwalbe (Abbildung 2) ist der Schwierigkeitswert *D* und der Stützwaaage (Abbildung 3) der Schwierigkeitswert *C* zugeordnet.



Abbildung 2. Element Schwalbe (FIG, 2022)

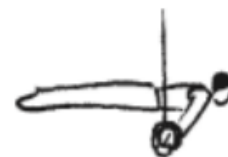


Abbildung 3. Element Stützwaaage (FIG, 2022)

In der neusten Ausgabe des C.d.P. (FIG, 2022) wurde der Schwierigkeitsgrad des Elementes Kopfkreuz (Abbildung 4) von einem C-Element zu einem D-Element erhöht. Somit wird dieses Element für die Athleten in ihrer Übung attraktiver, da es mehr Bonifikation für die D-Note

gibt. Solche Anpassungen sollten von Trainer und Athleten früh erkannt werden. Mit entsprechenden Trainingsmethoden kann das Element baldmöglichst in der Wettkampfübung geturnt werden. Diese Erhöhung des Schwierigkeitswertes bildete die Basisidee für diese Masterarbeit und soll den Trainern des Nationalkaders Kunstturnen der Schweiz als Unterstützung dienen.

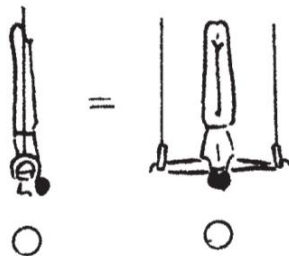


Abbildung 4. Element Kopfkreuz an den Ringen (FIG, 2022)

1.2 Krafttraining

Eine abschliessende Definition von *Kraft*, welche sowohl die physischen als auch die psychischen Aspekte erfasst, stellt, im Gegensatz zur physikalischen Bestimmung, eine Herausforderung dar. Diese Schwierigkeit existiert, da die Arten der Kraft, der Muskelarbeit, der Muskelanspannung bzw. der differenzierte Charakter der Muskelspannung von vielen ausserordentlichen Faktoren beeinflusst werden (Weineck, 2014). Die Art der Kraft wird in zwei verschiedene Manifestationsformen unterteilt. Zum einen gibt es die *allgemeine* Kraft, welche als sportunabhängige Kraft aller Muskelgruppen verstanden wird und zum anderen die *spezifische* Kraft, welche für eine bestimmte Sportart unabdingbar ist. Diese Kraftformen treten in den Sportarten aber niemals in einer Reinform, sondern immer in einer Mischform der konditionellen Leistungsfaktoren auf. Abbildung 5 zeigt die vier Erscheinungsformen der Kraft auf: die Maximalkraft, die Schnelkraft, die Reaktivkraft und die Kraftausdauer (Weineck, 2014).

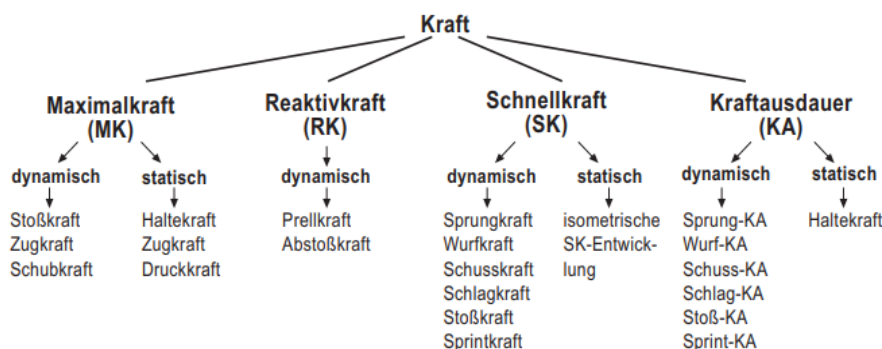


Abbildung 5. Die Kraft und ihre verschiedenen Kraftfähigkeiten und Erscheinungsformen (Weineck, 2014, S. 372)

1.2.1 Allgemeines und spezifisches Krafttraining im Kunstturnen. Bührle und Werner (1984) zeigten, dass ein hochentwickeltes Kraftniveau auch bei intensiver Durchführung des Gerätetrainings selbst nicht aufrechterhalten werden kann. Diese Einsicht hat sich bei allen Sportarten bewahrheitet. Das Training an den Geräten alleine ist daher nicht ausreichend um die notwendige physische Verfassung für das Turnen auf Elite Niveau zu entwickeln oder aufrechtzuerhalten (Oppel, 1967). Bührle und Werner (1984) empfehlen daher, im Training neben den zahlreichen Elementen, Kombinationen, halben und vollständigen Wettkampfübungen, ein spezifisches Krafttraining durchzuführen. Nicht regelmässig durchgeführtes Krafttraining kann den Leistungsrückgang oder zumindest die Stagnation bei Athleten erklären, die in der Vorbereitungssaison vielversprechende Leistungen zeigten. Turnfachleute warnen zudem vor zu wenig Krafttraining während der Wettkampfphasen (Plotkin, Rubin & Arkeev, 1983). Krafttraining sollte immer ein Teil des Trainings sein, jedoch ist die Steuerung, aufgrund der hohen Belastung und des zeitlich grossen Umfanges des Techniktrainings, enorm wichtig. Bei einem Kunstturner sollte die Muskulatur dementsprechend gut ausgeprägt sein. Da das Körpergewicht im Kunstturnen eine grosse Rolle spielt, sollten die Athleten ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen einer ausgeprägten Muskulatur und ihrem Körpergewicht haben. Dies zeigt auf, dass im Kunstturnen die relative Maximalkraft (Maximalkraft im Verhältnis zum Körpergewicht) von grosser Bedeutung ist. Es ist daher zentral, Trainingsmethoden zu finden, mit welchen die Maximalkraft effizient gesteigert werden kann, aber der Muskelquerschnitt nicht markant zunimmt.

Nach Güllich und Krüger (2013) charakterisiert die Maximalkraft die höchstmögliche Kraft, die vom Nerv-Muskel-System willkürlich gegen einen Widerstand erzeugt werden kann. Dabei wird zwischen der *konzentrischen* Maximalkraft und der *exzentrischen* Maximalkraft unterschieden. Im Kunstturnen und insbesondere an den Ringen wurden in der Vergangenheit vor allem konzentrische Trainingsformen durchgeführt, um die benötigte Kraft aufzubauen (Hübner & Schärer, 2015). Bisher wurden die Krafthalteelemente durch spezifische vorbereitende Langhantelübungen, durch das Üben der Halteposition mit Trainerhilfe oder einem speziellen Gegengewichtsgerät trainiert (Hübner & Schärer, 2015). In ihrer Studie fanden sie hohe Zusammenhänge zwischen der Maximalkraft bei traditionellen konzentrischen Langhantelübungen (Schwalbe liegend und Bankdrücken) und den Kraftelementen Schwalbe und Stützwaage. Ausserdem wurde neulich eine spezifische exzentrisch-isokinetische Krafttrainingsübung in das Trainingsprogramm integriert (Schärer et al., 2019). Sie zeigten in ihrer Studie, dass durch ein vierwöchiges Clustertraining mit exzentrisch-isokinetischer Ausführung die spezifische Maximalkraft beim Kraftelement Schwalbe wie auch der Stützwaage verbessert werden konnte.

Da der Trainingsaufwand, die Gesamtbelastung und -beanspruchung für dieses spezifische Training sehr hoch waren, stellte sich die Frage, ob die gleiche exzentrisch-isokinetische Trainingsübung mit einer veränderten Trainingsmodalität die spezifische Maximalkraft der Krafthalteelemente Schwalbe und Stützwaage an den Ringen bereits nach drei Wochen Training verbessert.

1.2.2 Maximalkraft. Gemäss Güllich und Krüger (2013) wird die Maximalkraft als höchstmögliche Kraft definiert, die der Körper bei bewusster Ansteuerung der Muskeln aufbringen kann. Eine höhere Kraft stellt lediglich die Absolutkraft dar. Diese kann nur über besondere Bedingungen (Todesangst, Hypnose etc.) erreicht werden. Die Differenz zwischen der Absolutkraft und der Maximalkraft kann bei untrainierten Menschen bis zu 30% betragen (Weineck, 2014).

Die Maximalkraft wird in *isometrische* und *dynamische* Maximalkraft unterschieden. Bei der *isometrischen* Maximalkraft handelt es sich um die höchste Kraft, die der Körper bei bewusster Ansteuerung der Muskeln gegen einen unüberwindlichen Widerstand zu erbringen vermag. Dem gegenüber stellt die *dynamische* Kraft die höchste Kraft, die der Körper bei bewusster Ansteuerung der Muskeln innerhalb eines Bewegungsablaufes zu realisieren vermag, dar. Da eine maximale Kraft nur möglich ist, wenn die Belastung und die Kontraktionskraft des Muskels im Gleichgewicht sind, ist die isometrische Kraft immer grösser als die dynamische Kraft (Weineck, 2014).

Die Maximalkraft ist abhängig von verschiedenen Komponenten. Neben dem physiologischen Muskelquerschnitt ist sie auch abhängig von der intermuskulären Koordination (Koordination zwischen den Muskeln, welche bei einer Bewegung zusammenarbeiten) und der intramuskulären Koordination (Koordination innerhalb des Muskels) (Weineck, 2014). Über alle drei Komponenten kann eine Verbesserung der Maximalkraft erreicht werden. Die intramuskuläre Koordination kann durch kurzfristige konzentrische und exzentrische Krafteinsätze verbessert werden (Weineck, 2014). Jedoch wird die Kontraktionskraft der einzelnen motorischen Einheiten nur geringfügig verbessert (Bührle & Schmidtbleicher, 1981). Durch die Verbesserung der intramuskulären Koordination ist eine Kraftzunahme ohne wesentliche Querschnitts- und Gewichtszunahme möglich. Dies ist vor allem für Sportarten von hoher Bedeutung, bei denen das eigene Körpergewicht beschleunigt werden muss, wie dies im Kunstturnen der Fall ist (Weineck, 2014).

1.2.3 Exzentrische Maximalkraft. Eine exzentrische Muskelkontraktion kennzeichnet sich durch Muskelaktivität, wobei der Muskel sich nicht verkürzt, sondern verlängert. Wissenschaftliche Studien zeigen, dass beim exzentrischen Training der Energieverbrauch viel effizienter ist, als bei einem konzentrischen Training. Insbesondere Kraft, Leistung und Schnelligkeit verbessern sich mit exzentrischem Training besser als mit konzentrischem Krafttraining (Douglas, Pearson, Ross & McGuigan, 2017b). Das Merkmal der exzentrischen Kraft beinhaltet ein bewusst langsames Nachgeben gegenüber hohen beziehungsweise supramaximalen Belastungen. Dementsprechend wird durch die relativ lange Dauer unter maximaler Muskelspannung ein ausgeprägter Hypertrophieerz ausgesetzt (Kraemer & Ratamess, 2004).

Das exzentrische Training führt zu einer starken Dehnung und Überlastung der Muskulatur, dabei können kleine Risse in den Muskelfasern entstehen (Coffey & Hawley, 2007; Hedayatpour, Falla, Arendt-Nielsen & Farina, 2008). Der Effekt von exzentrischem Training auf die dynamische und statische Kraftentwicklung wurde bereits in verschiedenen Studien analysiert. Unter anderem haben Geremia et al. (2018) gezeigt, dass die Muskelaktivierung und Muskelmasse durch das exzentrische Training angepasst wurde. Dies führte einerseits zu einer verbesserten exzentrischen und isometrischen Kraftentwicklung und andererseits zu einer besseren Abstimmung der Muskulatur während der exzentrischen Bewegung. Dabei konnten Vogt und Hoppeler (2014) belegen, dass die funktionellen Anpassungen in der Skelettmuskulatur auf der Vergrößerung der Querschnittsfläche von Typ-II-Fasern der Muskulatur, der Faszikellänge und der Anzahl Sarkomere basieren. Gemäss Farthing und Chilibeck (2003) führt ein exzentrisches Krafttraining zu einer stärkeren Muskelkraft und Muskelhypertrophie als ein konzentrisches Krafttraining. Die Wirksamkeit von exzentrischem Training konnte bis anhin jedoch nicht abschliessend geklärt werden. Gemäss Vogt und Hoppeler (2014) stellt es eine Herausforderung dar, Vergleiche zwischen konzentrischem und exzentrischem Krafttraining bei Spitzenathleten durchzuführen, da das neuromuskuläre System noch detaillierter erforscht werden muss. In ihrem Diskussionspaper halten sie jedoch fest, dass exzentrisches Training vielversprechend ist und daher systematisch ins Trainingsprogramm integriert werden soll, da es einerseits die Leistung in vielen Sportarten steigert und andererseits vor Verletzungen schützt. In der nahen Vergangenheit wurden nun vermehrt exzentrische Trainingsmethoden eingesetzt, um die spezifische Kraft der Athleten zu verbessern. In einer Studie mit alpinen Skifahrern, die auf einem exzentrischen Veloergometer trainierten, zeigte Vogt (2011), dass die Gesamtlast, die während einer Trainingseinheit umgesetzt wird, über der Gesamtlast liegt, die während eines klassischen Gewichthebetrainings angewendet werden kann. Wie bereits erwähnt, zeichnet sich das exzentrische Training dadurch aus, dass die Muskulatur effektiv überladen werden kann

ohne viel Energie zu verbrauchen. Dadurch ist eine massive Steigerung der Trainingsbelastung pro Trainingseinheit für sportliche Trainingszwecke erreichbar (Vogt & Hoppeler, 2014). Die Verlängerung der Muskeln welche durch das exzentrische Training bewirkt wird, führt zu einer optimalen Spannungsentwicklung innerhalb der Muskulatur. Dies führt dazu, dass die Zusammenarbeit der Muskeln effizienter wird.

1.2.4 Exzentrisch-isokinetisches vs. exzentrisch-isoinertiales Krafttraining. Ein besonderes Merkmal des *exzentrisch-isokinetischen* Krafttrainings ist der gleichmässige Bewegungsablauf (iso = gleich, kinetisch = bewegend). Isokinetische Trainingsgeräte garantieren in jeder Phase der Bewegung eine konstante Geschwindigkeit, unabhängig des Drehmomentes oder der Hebellänge des Lastarms (Weineck, 2014). Dies führt zu verschiedenen Vorteilen (Weineck, 2014, S. 441):

- Während des gesamten Bewegungsvollzuges kann mit vollem Krafteinsatz gearbeitet werden
- Die den unterschiedlichen Hebelverhältnissen angepasste Belastung kräftigt die Muskulatur in allen Bewegungsabschnitten gleichmässig
- Da bei der ganzen Bewegung keine Belastungsspitzen auftreten, kann die Aufwärmzeit verkürzt und die Muskelkatersymptome mehrheitlich vermieden werden

Das *exzentrisch-isoinertiale* Krafttraining zeichnet sich dadurch aus, dass der beanspruchte Muskel einer konstanten Überlastung entgegenwirkt. Der Athlet überschreitet durch diese Überbelastung seine Kraftkapazität wodurch es zu einer Dehnung des Muskelsehnensystems beim Ausführen des exzentrischen Trainings kommen kann. Bei dieser Krafttrainingsart wird während der gesamten Bewegung ein konstantes, unverändertes Gewicht gebremst wie zum Beispiel das Körpergewicht oder verschiedene Gewichtsstangen. Im Gegensatz zum festen Gewicht variiert während der Bewegung die Winkelgeschwindigkeit und die mechanischen Belastungen (Guilhem, Cornu & Guével, 2010).

Sowohl das exzentrisch-isokinetische Krafttraining als auch das exzentrisch-isoinertiale Krafttraining weisen unterschiedliche mechanische Einschränkungen auf. Daher müssen für jede Übung spezifische, strukturelle und neuronale Anpassungsstrategien abgeleitet werden (Guilhem, Cornu & Guével, 2011). Nordez, Casari und Cornu (2008) haben gezeigt, dass die exzentrisch-isoinertiale Methode, aufgrund der Schwerkraft, eine mechanische Überlastung auslöst, welche zu Beginn zu einer grösseren Extremitätenbeschleunigung führt. Dies steht im Gegensatz zu der exzentrisch-isokinetischen Kontraktion, welche die elastische Komponente des Muskelsehnensystems dehnt.

Aufgrund der Vorteile des exzentrisch-isoinertialen als auch des exzentrisch-isokinetischen Krafttrainings wird die kombinierte Trainingsmethode nun auch im Kunstturnen angewendet. Dies mit der Hoffnung, die spezifische Kraft bei statischen Elementen zu verbessern. Schärer, Bucher, Lüthy und Hübner (2022) haben in ihrer aktuellen Studie gezeigt, dass diese Trainingsmethode insbesondere für die Elemente Schwalbe und Stützwaage an den Ringen geeignet ist, da bei statischen Kraftelementen die Schwerkraft überwunden werden muss. Wie bereits oben beschrieben kann mit einem exzentrisch-isoinertialen Krafttraining, im Gegensatz zum konzentrischen Krafttraining, die Maximalkraft und Muskelhypertrophie optimiert und die Muskelkoordination verbessert werden (Hollander et al., 2007). Beim exzentrisch-isoinertialen Krafttraining werden zwar weniger motorische Einheiten angesteuert als beim herkömmlichen konzentrischen Krafttraining, die Belastung pro motorische Einheit ist aber höher (Douglas, Pearson, Ross & McGuigan, 2017a). Diese höhere Belastung hat den Nachteil, dass das Krafttraining weniger gut gesteuert werden kann (Vogt & Hoppeler, 2014). Um dieses effektive exzentrisch-isoinertiale Training trotzdem anwenden zu können, wurden computergesteuerte Geräte entwickelt wie zum Beispiel das Gerät 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE), welches in dieser Arbeit verwendet wurde.

1.2.5 Monitoring. Die Professionalisierung des Sportes und die gestiegenen körperlichen Anforderungen haben das Interesse einer datenbasierten Überwachung der individuellen Belastung eines Athleten erhöht. Daher verwenden Athleten und Trainer vermehrt wissenschaftliche Ansätze für die Gestaltung und Überwachung der Trainingsprogramme. Dabei werden primär Daten erhoben, die für das Überprüfen von Hypothesen, Evaluieren von Massnahmen und Gewinnen von Wissen nützlich sein können. Die notwendigen Daten werden sowohl im Training aber auch im Wettkampf erhoben, um die Trainingsplanung und Wettkampfvorbereitung laufend zu verbessern und zu individualisieren (Güllich & Krüger, 2013). Die Ziele des Monitorings sind die Verbesserung der physischen Verfassung und die Minimierung der Verletzungen. Schache, Crossley, Macindoe, Fahrner und Pandey (2011) zeigten in ihrer Studie, dass anhand eines Monitorings Verletzungen erkannt werden können. Dabei untersuchten sie jede Woche die Kraft der ischiokruralen Muskulatur eines australischen Profi-Footballspielers. Fünf Tage vor der Zerrung der ischiokruralen Muskulatur zeigten sie, dass die maximale willkürliche isometrische Kontraktion rechts 10.9 % geringer war als links. In den vorherigen Wochen betrug die Asymmetrie zwischen beiden Beinen aber nur ± 1.2 %. Mit diesem Wissen hätte die Verletzung vielleicht vermieden werden können.

Der stetig steigende Schwierigkeitsgrad und die physische Belastung im Kunstturnen haben die Notwendigkeit eines Monitorings in den letzten Jahren erhöht. Die Vielfältigkeit (Kraft, Beweglichkeit, Koordination etc.) des Kunstturnens stellt jedoch eine grosse Herausforderung hinsichtlich der Messbarkeit dar. Im Techniktraining werden individuell verschiedene Schwierigkeitsgrade und unterschiedlich viele Elemente pro Training geturnt, weshalb die Trainingsbelastung der Athleten sehr unterschiedlich ausfallen kann. Diese Individualität erschwert die Zuordnung eines Elementes zu einer Belastungsstufe. Um einen Überblick zu bekommen, werden aktuell unterschiedliche Faktoren der Trainingsbelastung protokolliert und analysiert. Es bestehen bereits verschiedene Studien, welche die Daten zur Trainingsbelastung von Kunstturnern und Kunstturnerinnen erheben und die Zusammenhänge zu Übertraining, Verletzung oder Ermüdung aufzeigen (Beatty, McIntosh & Frechede, 2006; Bradshaw & Hume, 2012; Campbell, Pease & Cossens, 2018; Dumortier et al., 2018). Zum Beispiel zeigten Sartor, Vailati, E., Valsecchi, Vailati, F. und La Torre (2013) anhand einer Studie mit jungen Kunstturnern, dass die Herzfrequenzvariabilität (HRV) als Indikator für die Trainingsbelastung und den psychophysiologischen Zustand verwendet werden kann. Dabei wurden über eine Zeitspanne von zehn Wochen täglich Herzfrequenzmessungen oder Kraft- und Beweglichkeitstests gemacht.

Die Trainingsbelastung kann anhand verschiedener Instrumente und Methoden gemessen werden. Die Trainingswissenschaft unterscheidet zwischen externer Belastung und interner Beanspruchung. Dabei wird die externe Belastung deutlich häufiger angewendet als die interne Beanspruchung. Die externe Belastung wird definiert als die vom Sportler geleistete Arbeit, dabei erfolgt die Messung unabhängig von seinen persönlichen Eigenschaften. Dem gegenüber umfasst die interne Beanspruchung das physische und psychische Empfinden nach einer Belastung (Halson, 2014). Gemäss Halson (2014) sind beide Messungen zentral für das Verständnis der Trainingsbelastung eines Athleten, daher wird eine Kombination dieser Methoden vorgeschlagen. Die Messung der externen Belastung und internen Beanspruchung erfolgt anhand verschiedener Methoden (Halson, 2014):

- Externe Belastung: Leistungsmessgeräte, Zeitmessanalyse oder Messung der neuromuskulären Funktion
- Interne Beanspruchung: Wahrgenommene Anstrengung (RPE), Trainingsimpuls (TRIMP), Herzfrequenz (HR), Herzfrequenzvariabilität (HRV), Laktatkonzentration, Hormonkonzentration, Tagebücher und Fragebögen oder die Schlafqualität.

Früher haben sich die Trainer und Betreuer vor allem auf das persönliche Wissen, die Erfahrungen und Meinungen gestützt. Heute ist die Anwendung gesammelter Trainingsdaten von

modernsten Trainingsgeräten auch im Kunstturnen verbreitet. Unter anderem wird das computergesteuerte Gerät 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE) für das Monitoring des Krafttrainings angewendet. Es ermöglicht eine präzise Steuerung der Belastung, der Bewegungsgeschwindigkeit und des Trainingsmodus (konzentrisch, exzentrisch) durch verschiedene Übungseinstellungen. Anhand dieses Gerätes können Daten bezüglich der Ausführung der einzelnen Wiederholungen erhoben und somit die Qualität der Ausführung überprüft werden. Diese Eigenschaften ermöglichen ein wirksames Monitoring eines ringspezifischen Krafttrainings (Schärer et al., 2019).

Diese Arbeit befasst sich mit einem Aspekt dieses Trainings- und Lernprozesses: Ein spezifisches Element an den Ringen wird anhand eines strukturierten Trainingsplans trainiert und der Effekt dieses Trainings auf das Element überprüft.

1.3 Ziel der Arbeit

Die Aufwertung des Kopfkreuzes im C.d.P. vom Elementwert C auf den Elementwert D (von 0.3 auf 0.4 Punkte Bonifikation) erhöht die Attraktivität dieses Elementes. Um diese Anpassung ausnutzen zu können, soll eine effektive Trainingsmethodik entwickelt und angewandt werden, damit die Athleten des Schweizerischen Nationalkaders durch einen optimalen Kraftaufbau wichtige zusätzliche Bonifikations-Punkte in ihre Ringeübungen integrieren können. Dabei wird in Anlehnung an die Studie von Schärer et al. (2019) das exzentrisch-isokinetische kombiniert mit dem exzentrisch-isoinertialen Krafttraining am Gerät 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE) angewendet. Es wird eine Trainingsintervention mit Athleten des Schweizerischen Nationalkaders durchgeführt. Anhand der Tests vor, während und nach der Intervention, kann beobachtet werden, inwiefern die Intervention eine Wirkung auf die Maximalkraft sowie die Kraftausdauer des Elementes Kopfkreuz hat. Durch die Intervention sollen nachfolgende Fragestellungen beantwortet werden:

1. Wie ist die Wirksamkeit einer dreiwöchigen exzentrisch-isokinetischen/ exzentrisch-isokinetisch-isoinertialen Krafttrainingsübung auf die Verbesserung der Maximalkraft des Krafthalteelementes Kopfkreuz (5 Sekunden Haltezeit) an den Ringen?
2. Wie ist die Wirksamkeit einer dreiwöchigen exzentrisch-isokinetischen/ exzentrisch-isokinetisch-isoinertialen Krafttrainingsübung auf die Kraftausdauer des Krafthalteelementes Kopfkreuz mit identischem Gewicht im Vergleich zur ersten Messung?

3. Wie verändern sich die Maximalkraft (F_{\max_exz}) sowie deren Mittelwerte pro Training, Serie (exzentrisch-isokinetische Widerstandsfähigkeit: $F_{\text{mean_exz}}$) der oberen Extremitäten während einer dreiwöchigen ringspezifischen exzentrisch-isokinetischen und exzentrisch-isokinetisch-isoinertialen Krafttrainingsintervention?

2 Methode

Nachfolgend wird das methodische Vorgehen der Arbeit aufgezeigt und die Untersuchungsgruppe, das Studiendesign und die Datenauswertung werden dargelegt.

2.1 Untersuchungsgruppe

Die Untersuchung wurde mit fünf männlichen Athleten (Alter: 20.2 ± 1.10 Jahre, Grösse: 170.5 ± 5.81 cm, Gewicht: 65.71 ± 5.21 kg) des Schweizerischen Nationalkader im Kunstturnen durchgeführt. Die Athleten stellten sich freiwillig für die Untersuchung zur Verfügung und haben die Einverständniserklärung unterschrieben. Die Ethikkommission hat die Untersuchung bewilligt, damit dürfen die Messdaten für wissenschaftliche Analysen verwendet werden (Project ID: 2018 – 00742).

2.2 Studiendesign

Im Zentrum dieser Arbeit stand eine dreiwöchige Krafttrainingsintervention am Gerät 1080 Quantum Syncro. Die Turner führten sechs Trainingseinheiten in einer Clusterform durch. Die drei ersten Trainingseinheiten wurden in einer exzentrisch-isokinetischen Form (exz_ik) trainiert und die darauffolgenden drei Trainingseinheiten in einer kombinierten exzentrisch-isokinetisch und isoinertialen Form (exz_ik_ii). Es fanden zwei Trainings pro Woche statt. Vor, während und nach der Intervention wurde die Maximalkraft sowie die Kraftausdauer beim Element Kopfkreuz an den Ringen bei allen Turnern überprüft (Abbildung 6).

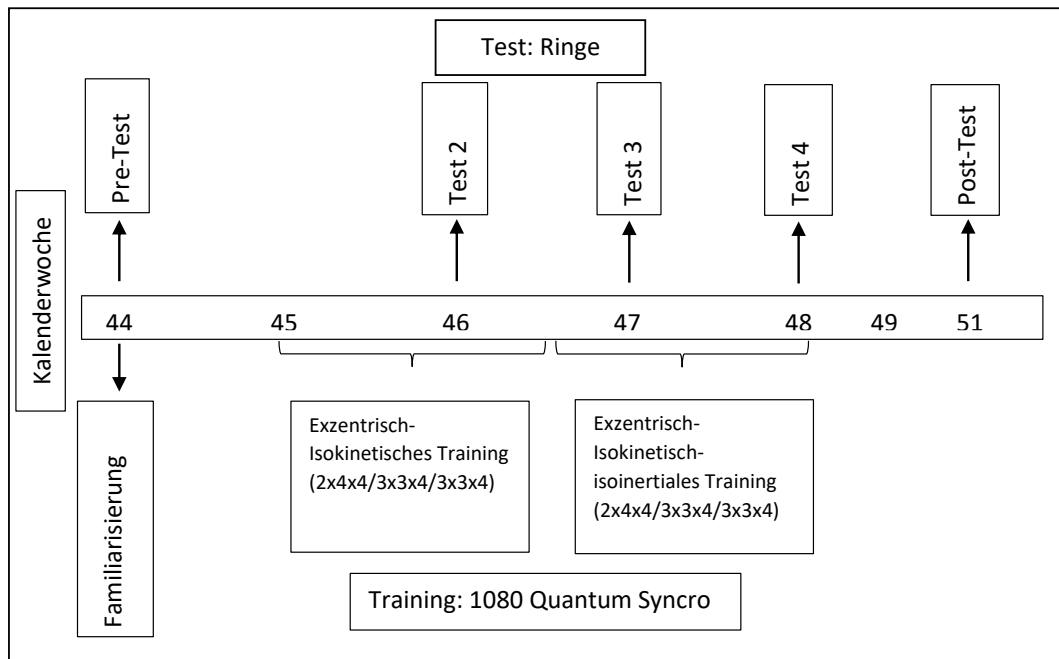


Abbildung 6. Ablauf des exzentrisch-isokinetischen kombiniert exzentrisch-isokinetisch-isoinertialen Trainings (Anzahl Serien und Wiederholungen) und die Tests der Maximalkraft und Kraftausdauer für das Kopfkreuz an den Ringen.

Beim Pre-Test (vor der Intervention) mussten die Turner das Element Kopfkreuz an den Ringen während fünf Sekunden halten (Abbildung 7). Um möglichst genau (und maximal) fünf Sekunden halten zu können, durften Zusatz- oder Gegengewichte (Gurt mit Flaschenzugsystem) in Anspruch genommen werden. Dieser Test wurde als Ausgangsniveau gewertet. Bei den Tests während und nach der Intervention mussten die Turner erneut das Kopfkreuz an den Ringen während fünf Sekunden halten. Somit konnte die Veränderung der Maximalkraft beobachtet werden. Zusätzlich wurde an den Ringen bei jedem Test die Kraftausdauer mit dem gleichen Widerstand des Pre-Tests verglichen.

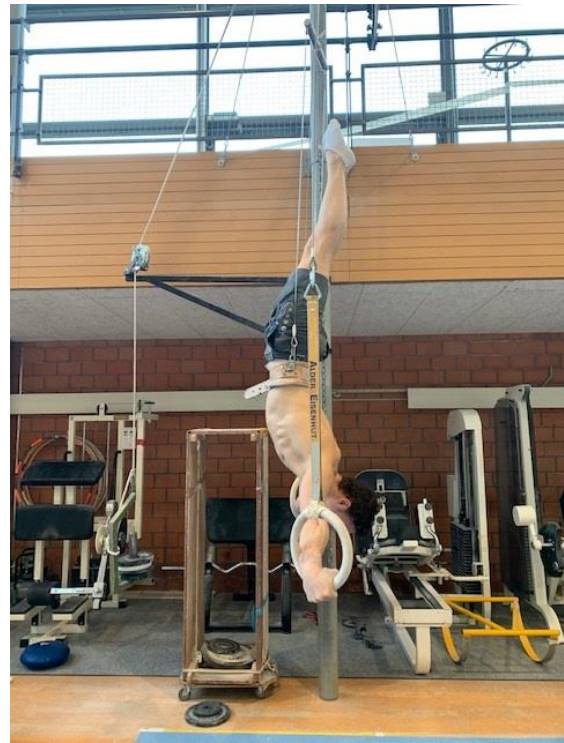


Abbildung 7. Kopfkreuz an den Ringen mit Gegengewicht

2.2.1 Exzentrische Trainingsintervention. Zur optimalen Durchführung der exzentrischen Trainings absolvierten die Athleten vor der exzentrisch-isokinetischen Trainingsintervention ein Familiarisierungstraining am Testtag vom Pre-Test (nach Abschluss der Tests an den Ringen). Die Wiederholungen bei der Familiarisierung war 1x4x4. Familiarisierung bedeutet, dass nur eine Serie der Trainingsübung durchgeführt wird, um die Muskulatur an die Belastung zu gewöhnen. McHugh, Connolly, Eston und Gleim (1999) haben aufgezeigt, dass unbekannte exzentrische Übungen häufig zu Muskelschäden führen mit Symptomen wie Kraftverlust, Schmerzen, Muskelempfindlichkeit und erhöhter Kreatinkinase-Aktivität. Diese Symptome können durch die gleiche Wiederholung der Belastung reduziert werden. Aus diesem Grund wurde für diese Trainingsintervention die Familiarisierung durchgeführt.

In den Trainingseinheiten absolvierten die Athleten drei Mal in Folge ein exzentrisch-isokinetisches Krafttraining (Abbildung 8). Im ersten Training führten sie zwei Serien mit vier Sätzen von vier Wiederholungen durch. Zwischen den Wiederholungen konnten sie 20 Sekunden Pause machen und zwischen den Sätzen 5 Minuten. Im zweiten und dritten Training absolvierten sie jeweils drei Serien mit drei Sätzen von vier Wiederholungen. Anschliessend kam der Reizwechsel zur exzentrisch-isoinertialen Trainingsform, welche die gleiche Anzahl Serien, Sätze und Wiederholung beinhaltete. Die Trainings wurden am Gerät 1080 Quantum Syncro durchgeführt. Während der Trainingsübung saßen die Athleten mit gestrecktem Rücken auf

einer Kraftbank. In der Startposition hielten sie die Arme in der Hochhalte. Anschliessend zog das 1080 Quantum Syncro die Ringe in einer gleichbleibenden Geschwindigkeit (0.1m/s) nach unten. Die Athleten gaben ab der Höhe der Armposition von 45°-Winkel vollen Druck auf die Ringe und hielten diesen aufrecht bis die Hände 15°-Winkel seitwärts unter Schulterhöhe waren.



Abbildung 8. Exzentrisch-isokinetische Kraftintervention (1080 Quantum Syncro)

Bei den drei folgenden exzentrisch-isoinertialen Kraftinterventionen hielten die Athleten statt der Ringe Gewichtshanteln in der Hand. Somit zog nicht nur das Kraftgerät nach unten, sondern auch das Gewicht der Kurzhanteln (Abbildung 9). Um das Gewicht herauszufinden wurde der Mittelwert von F_{min} (Minimum Kraft) von den Serien 1 (Familiarisierung) bis 4 (exzentrisch-isokinetische Intervention) von jedem Athleten analysiert. Anschliessend wurden 30 % der erreichten exzentrischen Maximalkraft des exzentrisch-isokinetischen Trainings 1-3 berechnet. Dies wurde so gewählt, damit die Athleten sicher bis zum Ende der Serie durchhalten, jedoch ein genügend grosser zusätzlicher isoinertialer Reiz entsteht, um die Athleten noch mehr zu ermüden. Zudem ist dies ein Reizwechsel, den es braucht, um eine Stagnation während der

exzentrischen Intervention zu verhindern.



Abbildung 9. Exzentrisch-isokinetisch-isoinertiale Kraftintervention (1080 Quantum Syncro)

2.3 Instrumente

Für die Durchführung der Tests und der Trainingsinterventionen wurden die Instrumente Videoaufnahme 2D und das 1080 Quantum Syncro eingesetzt, nachfolgend wird auf deren Verwendung eingegangen.

2.3.1 Videoaufnahme 2D. Die Aufnahmen für die Tests «Kopfkreuz an den Ringen» wurden mit einem iPad (Apple, Cupertino, USA) aufgezeichnet. Das iPad wurde auf Ringe-Höhe (1 Meter) und im Abstand von zwei Metern vor den Ringen installiert (Abbildung 10).

Die Videoaufnahmen dienten zur Bestimmung der Haltepositionen (Schulterwinkel und Körperwinkel vom Kopfkreuz) und der Haltezeit. Die Winkelabweichungen mussten in dem vom C.d.P. vorgegebenen Bereich zur Anerkennung von Halteelementen liegen ($<45^\circ$ -Winkel).

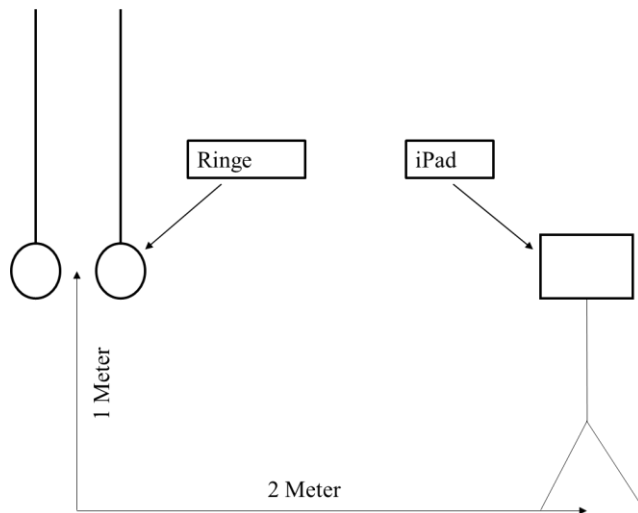


Abbildung 10. Videoaufnahmen der Tests vom Kopfkreuz mit einem iPad

2.3.2 1080 Quantum Syncro. Das computergesteuerte Krafttrainingsgerät 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lindigö, SWE) besteht aus zwei nebeneinander platzierten Quantum Maschinen, welche durch zwei iPads synchronisiert werden können (Abbildung 11). Die gesamten Einstellungen wurden durch die iPads gesteuert. Die Bewegungsgeschwindigkeit konnte nach Belieben eingestellt werden. Bei dieser Intervention wurde eine exzentrische konstante Geschwindigkeit von 0.1 m/s gewählt. Aufgezeichnet wurden bei jedem Versuch die maximale exzentrische Kraft, Geschwindigkeit und Leistung während der gesamten Bewegung. Jede einzelne Wiederholung wurde aufgezeichnet und trug zur Analyse und der Veränderung innerhalb der Trainingsintervention bei.

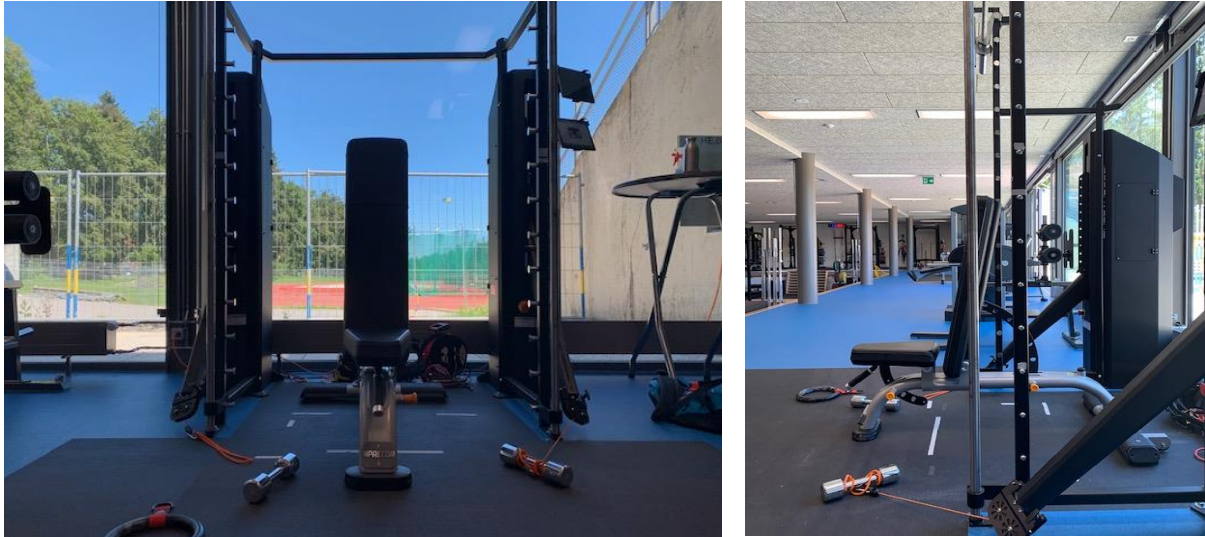


Abbildung 11. 1080 Quantum Syncro Front- (linkes Bild) und Seitenansicht (rechtes Bild)

2.4 Statistische Analyse

Beim Kraftelement Kopfkreuz an den Ringen wurden die Veränderungen der Haltezeit (Kraftausdauer) wie auch die Maximalkraft bestimmt (= Körpergewicht +/- Zusatzgewicht oder Gegengewicht). Für die Intervention über drei Wochen waren vor allem F_{max} (exzentrisch-isokinetische /-isoinertiale Maximalkraft) und F_{mean} (exzentrisch-isokinetische /-isoinertiale Widerstandsfähigkeit) von Bedeutung. F_{max} und F_{mean} werden für jede Serie und jedes Training berechnet. Der Mittelwert und die Standardabweichung wurden von allen Messdaten der Tests an den Ringen und Trainings am 1080 Quantum Syncro berechnet, auf Normalverteilung überprüft und statistische Unterschiede mittels ANOVA und T-Test berechnet. Aufgrund der kleinen Probandenzahl wurden auch die Effektstärken (d) für die einzelnen Veränderungen berechnet (Hopkins, Marshall, Batterham & Hanin, 2009). Dabei gelten folgende Effektstärken: grosser Effekt: $d \geq 1.2$, mittlerer Effekt: $d \geq 0.6$ und kleiner Effekt: $d \geq 0.2$. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0.05$ festgelegt.

3 Resultate

Nachfolgend werden die Resultate der verschiedenen Messungen dargestellt, welche die Grundlage für die Diskussion im nächsten Kapitel sind. Dabei werden zuerst die Resultate der Maximalkraft- und Kraftausdauer tests präsentiert und danach auf die Resultate der Trainingsinterventionen (exz_ik und exz_ik_ii) eingegangen.

3.1 Maximalkraft Kopfkreuz

Die Varianzanalyse (ANOVA) über mehrere Maximalkrafttests hat eine signifikante Veränderung beim Element Kopfkreuz an den Ringen aufgezeigt ($F(4,8) = 12.5$; $p = 0.002$; partielles $\eta^2 = 0.862$). Weiter konnte anhand des T-Tests (Post-Hoc) gezeigt werden, dass die Maximalkraft zwischen dem Pre-Test und dem Post-Test signifikant um 15.45% gesteigert wurde ($d = 3.49$). Keine signifikante Veränderung der Maximalkraft konnte im Vergleich von Pre-Test zu Test 2 beobachtet werden, die Analyse der Effektstärke hat jedoch einen mittleren Effekt ($d = 0.804$; $p = 0.073$; +3.09 %) gezeigt. Im Vergleich von Test 2 zu Test 3 war die Maximalkraft um 2.55 % gestiegen. Es konnte eine mittlere Effektstärke festgestellt werden ($d = 0.639$). Signifikant war jedoch die Verbesserung zwischen Test 3 und Test 4 ($d = 2.07$; $p = 0.013$; +4.28%). Während zwischen Test 4 und Post-Test keine signifikante Veränderung beobachtet werden konnte ($d = 0.263$; $p = 0.694$; +1.53%) (Abbildung 12).

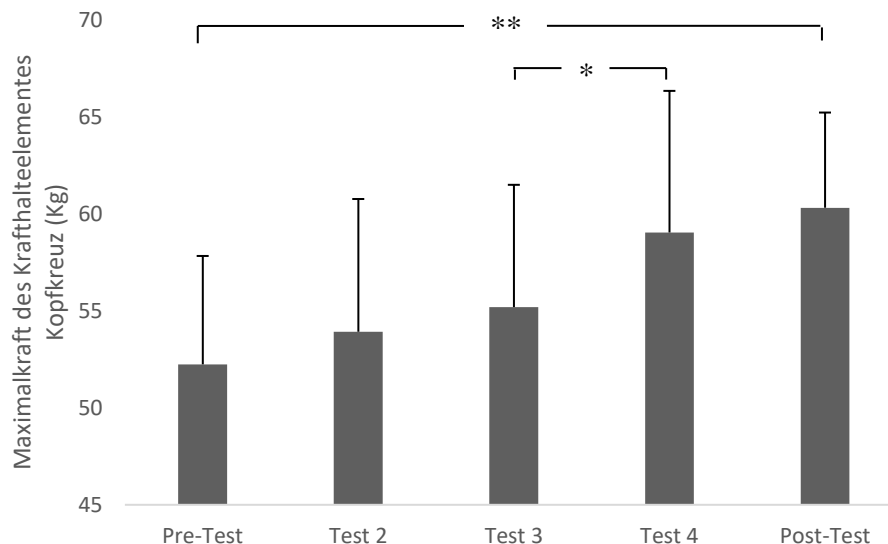


Abbildung 12. Mittelwert und Standardabweichungen der Maximalkraft vom Element Kopfkreuz (5 Sekunden Haltezeit) an den Ringen. $n = 5$ (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$).

3.2 Kraftausdauer Kopfkreuz

Die Varianzanalyse (ANOVA) über mehrere Kraftausdauer Tests hat eine signifikante Veränderung beim Element Kopfkreuz an den Ringen gezeigt ($F(4,8) = 4,01$; $p = 0.045$; partielles $\eta^2 = 0.667$). Der T-Test (Post-Hoc) zeigte, dass sich die Kraftausdauer beim Element Kopfkreuz von Pre-Test zum Post-Test signifikant um 143.5 % verbesserte ($d = 1.29$). Zwischen dem Pre-Test und Test 2 konnte keine signifikante Verbesserung beobachtet werden, jedoch konnte ein mittlerer Effekt festgestellt werden ($d = 0.813$). Ähnliches konnte zwischen Test 2 und Test 3 beobachtet werden. Es gab zwar keine signifikante Verbesserung, jedoch konnte ein mittlerer Effekt festgestellt werden ($d = 0.720$; $p = 0.183$; + 41.9 %). Dies gilt auch für den Vergleich von Test 3 zu Test 4, hier hat sich die Kraftausdauer um 27.20 % verbessert und es wurde eine mittlere Effektstärke gemessen ($d = 0.767$; $p = 0.222$). Während zwischen Test 4 und Post-Test kein Effekt ersichtlich war ($d = 0.164$; $p = 0.803$; +7 %) (Abbildung 13).

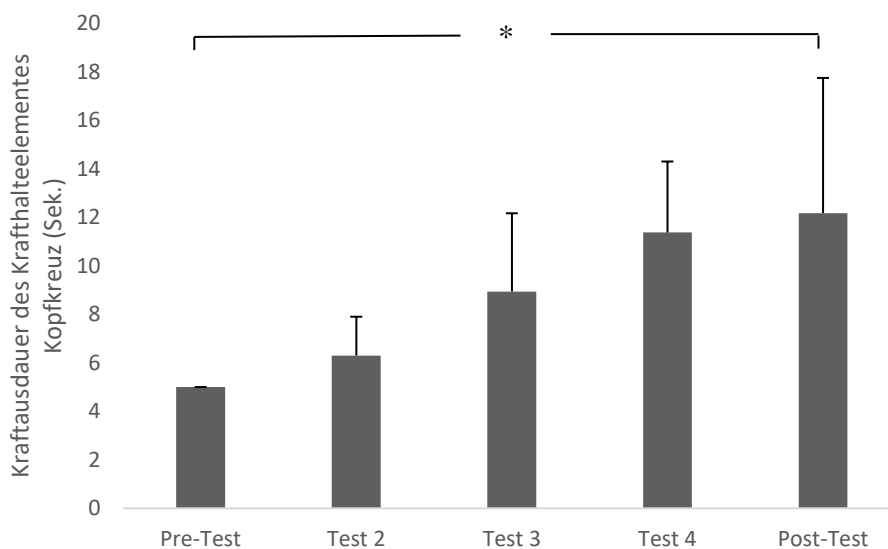


Abbildung 13. Mittelwert und Standardabweichungen der Kraftausdauer vom Element Kopfkreuz an den Ringen. $n = 5$ (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$).

3.3 Exzentrische Trainingsdaten

3.3.1 Exzentrisch-isokinetische / -isoinertiale Maximalkraft. Die Varianzanalyse (ANOVA) über mehrere exzentrisch-isokinetische Trainings zeigte eine signifikante Veränderung der Fmax_exz zwischen den exz_ik Trainings 1 – 3 ($F(2,8) = 6.05, p = 0.025$, partielles $\eta^2 = 0.602$). Zwischen Training 1 und 3 zeigte der T-Test (Post-Hoc) eine signifikante Verbesserung der Fmax_exz von 9.85 % ($d = 1.73$). Weiter gab es zwischen Training 1 und 2 eine signifikante Steigerung der Fmax_exz von 6.69% ($d = 1.29; p = 0.045$). Hingegen konnte keine signifikante Verbesserung der Fmax_exz (ANOVA mit Messwiederholung: $F(2,8) = 12.3, p = 0.857$, partielles $\eta^2 = 0.038$) über die drei kombinierten exz_ik_ii (Trainings 4 – 6) gezeigt werden. Bei der Analyse der Serien pro Training hat sich im Training 3 eine signifikante Verringerung der Fmax_exz von Serie 1 zu Serie 3 gezeigt ($d = 1.516; p = 0.028; -5.4 \%$). Eine signifikante Verringerung der Fmax_exz konnte auch im Training 4 von Serie 1 zu Serie 2 beobachtet werden ($d = 1.55; p = 0.026; -6.71\%$). Auch im Training 5 von Serie 2 zu Serie 3 ($d = 1.38; p = 0.036; -7.77 \%$) konnte eine signifikante Verringerung festgestellt werden (Abbildung 14).

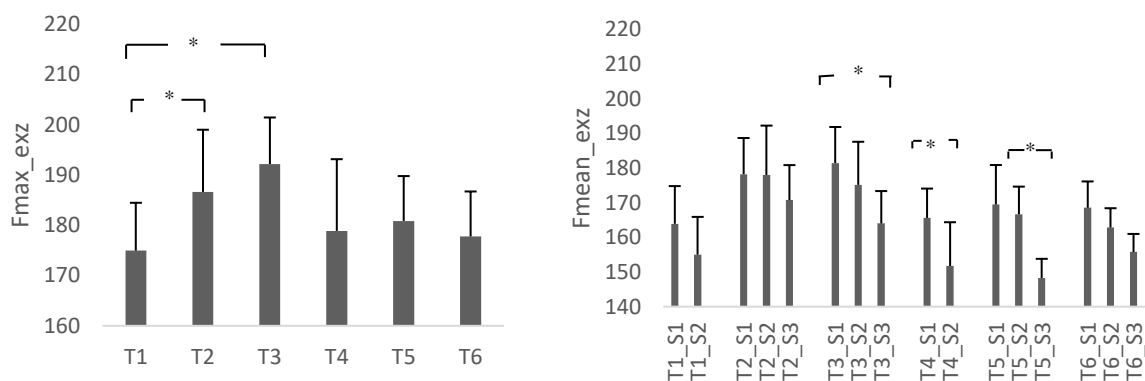


Abbildung 14. Mittelwert und Standardabweichung der exzentrischen Maximalkraft (Fmax_exz) der beiden Maximalkrafttrainings (T) (exzentrisch-isokinetisch: T1 – T3 und kombiniert exzentrisch-isokinetisch und isoinertiales Training: T4 – T6) und Vergleich der Serien. n = 5 (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$).

3.3.2 Mittelwert der exzentrisch-isokinetischen / -isoinertialen Widerstandsfähigkeit.

Über die ersten drei exz_ik Trainings konnte eine signifikante Verbesserung der Fmean_exz beobachtet werden (ANOVA mit Messwiederholung: $F(2, 8) = 11.1$; $p = 0.005$, partielles $\eta^2 = 0.736$) (Abbildung 15). Der T-Test (Post-Hoc) zeigte eine signifikante Verbesserung der Fmean_exz um 8.83 % von Training 1 zu Training 3 ($d = 2.170$). Weiter konnte eine signifikante Verbesserung von Fmean_exz um 10.30 % ($d = 1.780$; $p = 0.016$) im Vergleich von Training 1 zu Training 2 festgestellt werden. Hingegen wurde zwischen Training 2 und 3 eine Verringerung von Fmean_exz festgestellt ($d = 0.249$; $p = 0.607$; -1.31 %), jedoch nicht signifikant. Von Training 4 - 6 exz_ik_ii konnte keine signifikante Verbesserung der Fmean_exz beobachtet werden (ANOVA mit Messwiederholung: $F(2, 8) = 0.349$, $p = 0.716$, partielles $\eta^2 = 0.080$). Der T-Test (Post-Hoc) zeigte eine minimale Veränderung der Fmean_exz um 2.33 % zwischen Training 4 und Training 6 ($d = 0.365$).

Bei der Analyse der Serien pro Training konnte im Training 2 eine signifikante Verringerung der Fmean_exz von Serie 2 zu Serie 3 beobachtet werden ($d = 1.58$; $p = 0.024$; -4.07 %). Eine signifikante Verringerung der Fmean_exz konnte auch im Training 3 von Serie 1 zu Serie 3 ($d = 1.92$; $p = 0.013$; -9.6 %) sowie von Serie 2 zu Serie 3 ($d = 1.89$; $p = 0.013$; -6.35 %) beobachtet werden. Auch im Training 4 konnte von Serie 1 zu Serie 2 eine signifikante Verringerung beobachtet werden ($d = 1.37$; $p = 0.038$; -8.36 %). Im Training 5 konnte von Serie 1 zu Serie 3 ($d = 2.77$; $p = 0.003$; -12.5 %) wie auch von Serie 2 zu Serie 3 ($d = 2.8$; $p = 0.003$; -11.02 %) eine signifikante Verringerung beobachtet werden. Auch im Training 6 von Serie 1 zu Serie 2 konnte eine signifikante Verringerung beobachtet werden ($d = 1.7$; $p = 0.019$; -3.39 %) (Abbildung 16).

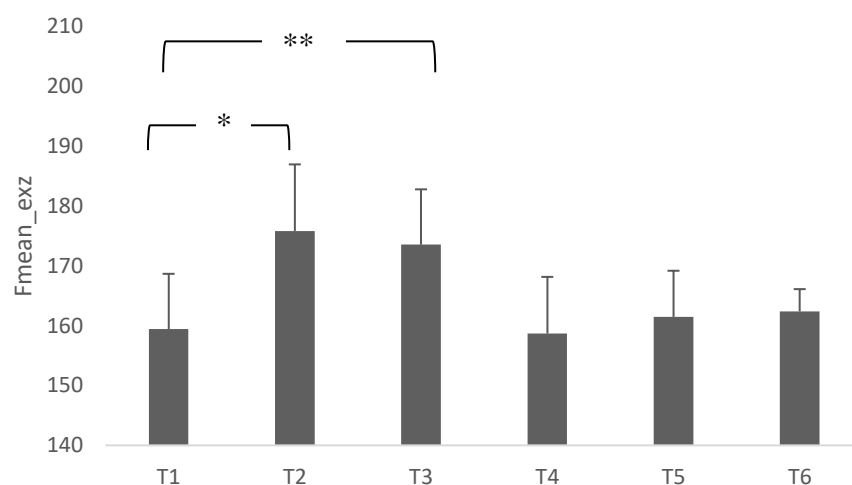


Abbildung 15. Mittelwert und Standardabweichung der exzentrischen Widerstandsfähigkeit (Fmean_exz) der beiden Krafttrainings (exzentrisch-isokinetisch und exzentrisch-isoinertial). $n = 5$ (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$).

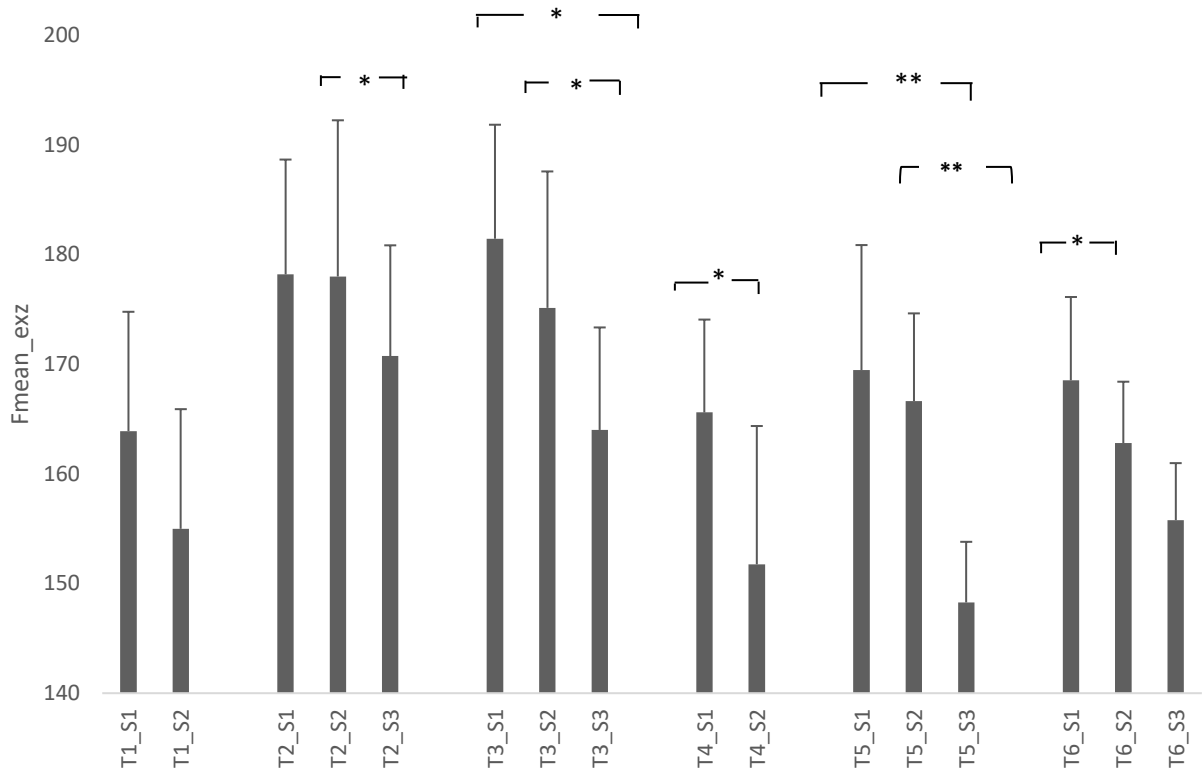


Abbildung 16. Vergleich der Serien: Mittelwert und Standardabweichung der exzentrischen Widerstandsfähigkeit (Fmean_exz) der beiden Krafttrainings (exzentrisch-isokinetisch und exzentrisch-isoinertial). n = 5 (*: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$).

4 Diskussion

In der nachfolgenden Diskussion wird zuerst auf die allgemeinen Resultate eingegangen. Anschließend werden die Fragestellungen beantwortet, diskutiert und mit der Literatur verglichen. Danach folgt in der Schlussfolgerung die kritische Würdigung der Arbeit und ein Ausblick auf weiterführende Fragestellungen, um schliesslich die Bedeutung der Arbeit für die Praxis zu beschreiben.

In Anlehnung an bereits bestehenden Analysen der exzentrisch-isokinetischen Krafttrainingsintervention im Kunstturnen hat diese Arbeit erstmals die Wirksamkeit einer dreiwöchigen ring-spezifischen Intervention mit kombiniertem exzentrisch-isokinetischem und isoinertialen Reizwechsel auf die Verbesserung des Krafthaltelementes Kopfkreuz an den Ringen betrachtet. Die Analyse erfolgte mit dem Trainingsgerät 1080 Quantum Syncro (1080 Motion, Lidingö, SWE), welches die Entwicklung der exzentrischen Maximalkraft und Widerstandsfähigkeit der Athleten pro Training und Serie aufzeigt. Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass die Maximalkraft zwischen Pre- und Post-Test ($d = 3.49$; $p = 0.002$; $+15.45\%$) für das Element Kopfkreuz an den Ringen signifikant zugenommen hat. Die dreiwöchige exzentrische Krafttrainingsintervention hat weiter zu einer signifikanten Verbesserung der Kraftausdauer beim Element Kopfkreuz an den Ringen geführt ($d = 1.29$; $p = 0.045$; $+143.5\%$). Weiter zeigten die exzentrischen Trainingsdaten eine signifikante Zunahme der F_{\max_exz} (exz_ik Training: $d = 1.73$; $p = 0.025$; $+9.85\%$; kombiniert exz_ik_ii Training: $d = 0.157$; $p = 0.857$; -0.63%) durch die exzentrische Trainingsform. Bei der Analyse der exzentrischen Widerstandsfähigkeit konnte nur bei der exzentrischen-isokinetischen Trainingsform eine signifikante Zunahme der $F_{\text{mean_exz}}$ festgestellt werden (exz_ik Training: $d = 2.17$; $p = 0.005$; $+8.8\%$; kombiniert exz_ik_ii Training: $d = 0.365$; $p = 0.716$; $+2.33\%$).

Nach dieser Intervention und mehreren Tests haben die Athleten dieses Krafttraining nicht mehr gemacht. Diese Trainingsintervention war einerseits sehr positiv für die Kraftentwicklung, andererseits auch sehr kräfteraubend. Das Techniktraining an den Geräten konnte in dieser Zeit nicht in einer positiven Art und Weise durchgeführt werden.

4.1 Maximalkraft Kopfkreuz

Die dreiwöchige exzentrische Trainingsintervention hat zu einer signifikanten Zunahme der Maximalkraft von 15.45% geführt, daher kann davon ausgegangen werden, dass ein Effekt auf

die Maximalkraft beim Element Kopfkreuz an den Ringen durch die Kombination des exz_ik mit exz_ik_ii Krafttrainings besteht. Auch eine kontinuierliche Verbesserung von Test zu Test (wenn auch nicht signifikant) konnte über die gesamte Interventionszeit bei der Maximalkraft des Elementes Kopfkreuz beobachtet werden. Bereits im Test 2 konnte eine Verbesserung der Maximalkraft vom Element Kopfkreuz um 3.09 % festgestellt werden. Der Reizwechsel vom exz_ik zur exz_ik_ii Trainingsintervention fand nach dem Test 2 statt. Dieser Wechsel hatte keine negative Wirkung auf die Maximalkraft an den Ringen (+2.55 %). Dieser Reizwechsel hatte hingegen eine positive Wirkung auf Test 4 (+4.28 %). Die geringste Verbesserung der Maximalkraft konnte zwischen Test 4 und dem Post-Test beobachtet werden (+1.53 %), obschon in dieser Zeit die Trainingsintervention bereits abgeschlossen war. Die Verbesserung der Maximalkraft beim Element Kopfkreuz über die gesamte Intervention zeigt, dass die exz_ik und die exz_ik_ii Trainingsintervention einen positiven Einfluss haben. Diese Resultate bestätigen auch die Studie von Farthing und Chilibeck (2003). Sie erwähnen, dass exzentrisches Widerstandstraining zu einer stärkeren Muskelhypertrophie und Muskelkraft führten als das Training mit konzentrischen Kontraktionen. Auch die Studie von Schärer et al. (2019) konnte mit dieser Untersuchung bestätigt werden. Diese besagt, dass die exzentrisch-isokinetische Kraftübung eine grosse Auswirkung auf die maximale spezifische Kraft an den Ringen hat. Deshalb kann auch vermutet werden, dass der Reizwechsel von der exz_ik zur exz_ik_ii Trainingsform zu einem guten Zeitpunkt gewählt wurde. Hinsichtlich der Intensität und Variation der Übungsform kann der Reizwechsel zu einem schnelleren Kraftzuwachs führen, als mit einer gleichförmigen Belastung während der ganzen Intervention (Hodges, Hayes, Horn & Williams, 2005). Zudem erwähnten Guilhem et al. (2010) in ihrer Studie, dass ein exzentrisch-isoinertiales Krafttraining sich wirksamer für den Kraftzuwachs eignet als nur ein exzentrisch-isokinetisches Krafttraining.

4.2 Kraftausdauer Kopfkreuz

Die dreiwöchige exzentrische Trainingsintervention hat zu einer signifikanten Zunahme der Kraftausdauer von 143.5% geführt, daher kann davon ausgegangen werden, dass ein Effekt auf die Kraftausdauer beim Element Kopfkreuz an den Ringen durch die Kombination des exz_ik mit exz_ik_ii Krafttrainings besteht.

Es ist anzunehmen, dass die Übungsdauer der Intervention einen grossen Anteil an diesem positiven Ergebnis hat. Während in einem spezifischen Ringe Training die Elemente maximal zwischen 30 und 45 Sekunden gehalten werden können, wird bei dieser Intervention bis zu vier

Minuten pro Training benötigt. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass diese lange Spannungsdauer der Muskulatur eine positive Wirkung auf die Kraftausdauer an den Ringen hat. Dies wurde bereits in der Studie von De Hoyos et al. (1998) beobachtet. Sie zeigten, dass ein grösseres Trainingsvolumen die Kraftausdauer steigern kann. Eine längere Belastungsdauer führt gemäss ihrer Studie zu einer höheren Ausdauerkomponente der Maximalkraftausdauer und der anaeroben Ausdauerfähigkeit. Ob dies der Hauptgrund für die positive Entwicklung ist, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht geprüft werden. Es könnte aber auch sein, dass die verbesserte Maximalkraft einen Einfluss auf die Kraftausdauer hat.

Die Betrachtung der einzelnen Tests für das Element Kopfkreuz hat eine stetige Verbesserung der Kraftausdauer gezeigt, diese war aber nicht signifikant. Vom Pre-Test zu Test 2 fand eine Zunahme der Kraftausdauer für das Element Kopfkreuz um 26% statt. Weiter hat sich die Kraftausdauer zwischen Test 2 (Reizwechsel) und Test 3 um 50.29 % gesteigert. Von Test 3 zu Test 4 konnte eine geringere Verbesserung festgestellt werden (+21.31 %). Zwei Wochen später wurde der Post-Test durchgeführt. Die Verbesserung von Test 4 zu Post-Test war am Geringssten (+3.23 %). Die Resultate zeigen, dass der Reizwechsel einen hohen Effekt auf die Kraftausdauer des Elementes Kopfkreuz hat. Wie bei der Maximalkraft konnte auch bei der Kraftausdauer beobachtet werden, dass der Test nach dem Reizwechsel den grössten Fortschritt zeigte. Interessanterweise konnte im letzten Test am wenigsten Fortschritte erzielt werden. Dies könnte zwei Gründe haben. Vielleicht war es in dieser kurzen Zeit nicht mehr möglich sich noch mehr zu verbessern oder die Wirkungen dieser Intervention hat keinen langzeitigen Effekt. Dies sind Vermutungen, die in einer weitergehenden Studie zu untersuchen wären.

4.3 Exzentrische Trainingsdaten

4.3.1 Exzentrisch-isokinetische / -isoinertiale Maximalkraft. Die Untersuchung der exzentrischen Trainingsdaten zeigt eine kontinuierliche Zunahme von F_{max_exz} während dem exz_ik Krafttraining. Zwischen Training 1 und Training 3 (exz_ik) konnte eine Zunahme der F_{max_exz} von 9.85 % festgestellt werden. Beim exz_ik_ii Krafttraining konnte eine Verringerung des F_{max_exz} beobachtet werden (-0.63 %).

Wie bereits oben erwähnt ist das exzentrische Krafttraining eine effektive Trainingsmethode, um einen maximalen Kraftzuwachs zu erzeugen. Dies unterstützt die Studie von Vogt und Hoppler (2014) welche in ihrem Diskussionspapier festhalten, dass das exzentrische Training vielversprechend ist, da es einerseits die Leistung fördert und andererseits vor Verletzungen schützt.

Das Monitoring der Trainingsdaten ermöglicht einen Vergleich zwischen der Fmax_exz während der exz_ik Trainingsintervention und des Maximalkrafttests für das Element Kopfkreuz an den Ringen. Dabei zeigte sich, dass Fmax_exz während dem exz_ik Krafttraining in Woche 1 (Training 1 zu Training 2) um 6.68 % zugenommen hat. Weiter zeigte der Maximalkrafttest 2 an den Ringen, dass sich die Maximalkraft um 3.09% beim Element Kopfkreuz an den Ringen verbessert hat. Auch im dritten exz_ik Krafttraining konnte einen Zuwachs der Fmax_exz festgestellt werden (+2.97 %), während beim Reizwechsel (Training 4) eine klare Verschlechterung beobachten wurde (-6.92 %). Ob dies wirklich eine Verschlechterung der Maximalkraft ist, lässt sich nicht bestätigen. Die Intervention wurde mit einer zusätzlichen Hantel durchgeführt, wodurch die Position für den Athleten ungewohnt war. Daher wird vermutet, dass einerseits die Hantel störend und andererseits das Zusatzgewicht ungewohnt war, um voll dagegen zu drücken. Ausserdem wurde die Ermüdung durch das Zusatzgewicht schneller sichtbar. Weitergehende Studien sollten diesen potentiellen Störeffekt untersuchen und eventuell ein anderes Zusatzgewicht verwenden.

Trotzdem konnte beim Element Kopfkreuz nach dem ersten exz_ik_ii Krafttraining auch eine Verbesserung festgestellt werden (+2.55 %). Im Training 5 (+1.10 %) und Training 6 (-1.71 %) konnten keine grosse Veränderung beobachtet werden. Jedoch hatte es eine positive Wirkung auf das Element Kopfkreuz, welches sich nach diesen Trainings kontinuierlich verbessert hat. Die Resultate zeigen, dass bei der Verbesserung von Fmax_exz im exz_ik Krafttraining wie auch der minimalen Verschlechterung von Fmax_exz während dem exz_ik_ii Krafttraining, die Maximalkraft beim Element Kopfkreuz stets gestiegen ist. Demzufolge ist ersichtlich, dass die exz_ik Krafttrainings wie auch die exz_ik_ii Krafttrainings eine positive Wirkung auf die Maximalkraft beim Element Kopfkreuz hatten. Aufgrund der kontinuierlichen Zunahme der Maximalkraft von Pre-Test zu Post-Test wird vermutet, dass der Reizwechsel auch eine positive Wirkung hatte. Diese Resultate sind vergleichbar mit den Erkenntnissen von Schärer et al. (2022), welche in ihrer Studie die Wirksamkeit eines exzentrisch-isokinetischen kombiniert mit einem exzentrisch-isointertialen Krafttraining auf die Elemente Schwalbe und Stützwaage analysiert haben. Sie zeigten, dass die Maximalkraft bei diesen Elementen durch die Trainingsintervention gesteigert werden konnte.

Beim Vergleich der Serien pro Training konnte festgestellt werden, dass in jeder Serie Fmax_exz abgenommen hat, was auf eine zunehmende Ermüdung des Athleten schliesst. Vor allem beim exz_ik_ii Krafttraining konnte die Ermüdung stark beobachtet werden. Wie bereits verschiedene Studien gezeigt haben, stellt das exz_ik und kombiniert exz_ik_ii Krafttraining

eine sehr belastende Trainingsform dar. Die Muskulatur passt sich zwar schnell an die neuen Reize an, die Sehnen und Bänder jedoch weniger, wodurch das Verletzungsrisiko steigt. Daher sollte diese Trainingsintervention nicht im alltäglichen Trainingsprogramm aufgenommen werden, sondern in einer Trainingsphase mit tiefer Belastung angewendet werden (Güllich & Krüger, 2013; Schärer et al., 2022).

4.3.2 Mittelwert der exzentrisch-isokinetischen / -isoinertialen Widerstandsfähigkeit. Die Untersuchung der exzentrischen Trainingsdaten zeigt eine kontinuierliche Zunahme von Fmean_exz während dem exz_ik und dem exz_ik_ii Krafttraining. Zwischen Training 1 und Training 3 (exz_ik) konnte eine signifikante Verbesserung von Fmean_exz festgestellt werden (+8.83 %). Beim exz_ik_ii Krafttraining (Training 4-6) konnte eine Zunahme der Fmean_exz von 2.33 % beobachtet werden. Die Verbesserung war nur von Training 1 bis Training 3 signifikant, daher lässt sich folgern, dass das exz_ik Krafttraining wirksam ist. Beim exz_ik_ii Krafttraining lässt sich keine abschliessende Wirksamkeit des Trainings bestätigen. Dies schliesst aber nicht aus, dass das exz_ik_ii Krafttraining einen positiven Einfluss auf die Kraftausdauer beim Element Kopfkreuz hat.

Das Monitoring der Trainingsdaten ermöglicht einen Vergleich zwischen der Fmean_exz während der exz_ik Trainingsintervention und der Kraftausdauer Tests für das Element Kopfkreuz an den Ringen. Dabei zeigte sich, dass Fmean_exz während dem exz_ik Krafttraining in Woche 1 (Training 1 zu Training 2) um 8.83 % zugenommen hat. Weiter zeigte Test 2 an den Ringen, dass sich die Kraftausdauer um 26% beim Element Kopfkreuz verbessert hat. Noch ein grösserer Fortschritt von Fmean_exz konnte beim Test 4 beobachtet werden (+50.29 %). Diese Verbesserung ist interessant, weil vor diesem Test der Reizwechsel von exz_ik zu exz_ik_ii stattgefunden hat und dabei Fmean_exz stark zurückgegangen ist (-8.56 %). Anschliessend konnte bei Fmean_exz bei den letzten zwei Trainings eine geringe Zunahme festgestellt werden. Auch an den Ringen konnte im Test 4 die Kraftausdauer noch um 21.31 % verbessert werden, während im Post-Test nur noch +3.23 % zu beobachten war.

Der Vergleich von Fmean_exz zwischen den zwei exzentrischen Krafttrainingsmethoden zeigte, dass die Athleten direkt nach dem Reizwechsel von exz_ik Krafttraining zur exz_ik_ii Trainingsintervention die höchste Zunahme der Kraftausdauer beim Element Kopfkreuz an den Ringen aufweisen konnten. Dies obschon die Widerstandsfähigkeit von Fmean_exz zu diesem Zeitpunkt klar zurückgegangen war. Demzufolge kann vermutet werden, dass das Zusatzge-

wicht der Kleinhantel die Ermüdung stark beeinflusste und die Athleten somit schneller ermüdet waren. Das heisst, dass dieser Reiz ein wichtiges Element ist bei dieser exzentrischen Trainingsintervention.

Schliesslich zeigen die Resultate, dass die Athleten ihre F_{mean_exz} durch die angewendete Cluster-Methode erhöhten und eine Verbesserung durch beide Trainingsmethoden (exz_ik und exz_ik_ii) zu beobachten war. Diese Methode ermöglichte eine andauernde maximale Belastung über die gesamte exzentrische Krafttrainingsintervention. Dies hat im Endeffekt die gewünschte positive Wirkung auf die Kraftausdauer beim Element Kopfkreuz an den Ringen beeinflusst. Generell konnte festgestellt werden, dass die Trainingsdauer und die Anzahl Sätze gut geplant und durchgeführt wurden.

5 Schlussfolgerung

Diese Arbeit ist ein weiterer Schritt zur Analyse der Wirksamkeit eines exzentrisch-isokinetischen kombiniert mit einem exzentrisch-isokinetisch-isoinertialen Krafttraining. Für das Element Kopfkreuz an den Ringen konnte gezeigt werden, dass eine dreiwöchige Trainingsintervention einen positiven Effekt hat.

Die Athleten des Nationalkaders konnten bei der Maximalkraft wie auch bei der Kraftausdauer beim Element Kopfkreuz eine Steigerung erzielen. Die höhere Dauer der Trainingszeiten hatten eine positive Wirkung auf die Maximalkraft und auf die Kraftausdauer. Die hohe Belastung führte zu einer deutlichen Ermüdung bei den Athleten. Bei den exzentrischen Trainingsinterventionen konnte beobachtet werden, dass vor allem beim exz_ik Krafttraining eine Verbesserung erreicht wurde. Beim exz_ik_ii Krafttraining gab es keine grosse Veränderung, aber der Reizwechsel hatte eine positive Auswirkung auf das Element Kopfkreuz.

Eine wichtige Erkenntnis ist, dass die Athleten parallel zur Trainingsintervention ein gut angepasstes Programm für das Techniktraining bekommen müssen. Die Ermüdung durch die Intervention verschlechterte die Leistungen im Techniktraining. Auch ist wichtig, dass die Belastung nicht zu gross wird, da sich passive Strukturen (Sehnen und Bänder) weniger schnell anpassen als die Muskulatur und damit die Gefahr einer Verletzung wächst.

Für die Praxis zeigt diese Arbeit, dass die Intervention einen positiven Effekt auf das Element Kopfkreuz hat. Dabei ist es zentral, dass die Trainer des Nationalkaders Kunstturnen Schweiz das Trainingsprogramm entsprechend der Intervention anpassen.

Weiter wäre es interessant zu untersuchen, inwiefern sich der Reizwechsel direkt auf das Element Kopfkreuz auswirkt. Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen vermuten, dass vor allem der Reizwechsel eine sehr positive Auswirkung auf das Element Kopfkreuz hat.

Literatur

- 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.
- 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.
- Bührle, M., & Schmidtbleicher, D. (1981). Komponenten der Maximal- und Schnellkraft [Components of maximal strength and power]. *Sportwissenschaft*, 11(1), 11-27.
- Bührle, M., & Werner, E. (1984). Das Muskelquerschnittstraining der Bodybuilder [The muscle hypertrophy training of the body builder]. *Leistungssport*, 14(3), 5-9.
- 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., Côrte-Real, C. & Lebre, E. (2009). The importance of the swallow on structuring and valuing rings exercises of mens artisic 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.
- 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.
- Douglas, J.; Pearson, S.; Ross, A. & McGuigan, M. (2017a). Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Medicine*, 47(5), 663-675.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A. & McGuigan, M. (2017b). Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. *Sports Medicine*, 47(5), 917-941.
- 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.

- 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.
- FIG. (2017). *Code of Points MAG (2017 - 2020)*. Lausanne: FIG.
- FIG (2022). *Code of Points MAG (2022 – 2024)*. 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.
- 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.
- 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.
- Güllich, A. & Krüger, M. (2013). *Sport. Das Lehrbuch für das Sportstudium*. Berlin: Springer-Verlag.
- Halsen, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147.
- 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.
- 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.
- Hollander, D.B., Kraemer, R.R., Kilpatrick, M.W., Ramadan, Z.G., Reeves, G.V., Francois, M., ... & Tryniecki, J.L. (2007). Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 21(1), 37-40.
- Hopkins, W.G., Marshall, S.W., Batterham, A.M. & Hanin, J.(2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3-13, doi:10.1249/MSS.0b013e31818cb278.

- 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.
- McHugh, M. P., Connolly, D. A., 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.
- Jemni, M., Friemel, F., Sands, W. & Mikesky, A. (2001). Evolution du profil physiologique des gymnastes durant les 40 dernières années. *Canadian Society for Exercise Physiology*, 26(5), 442-456.
- Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 674-688.
- 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. (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.
- Oppel, C. (1967). Die Abhängigkeit turnischer Leistungen im Jugendalter von der Muskelkraft [The dependency of gymnastics performance on muscular strength during the junior ages]. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 12, 236-244.
- Plotkin, A.B., Rubin, V.S. & Arkeev, L.J. (1983) Oprozhenyeniye s soprotivlyeniye u spetsializirovannoye podgotovka ot vleshiy gimnasti [Exercises with weights in specific conditioning of elite gymnasts]. *Gymnastika*, 1, 21-23.
- 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.
- Schache, A. G., Crossley, K. M., Macindoe, I. G., Fahrner, B. B. & Pandy, M. G. (2011). Can a clinical test of hamstring strength identify football players at risk of hamstring strain?. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(1), 38-41.

- 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.
- Schärer, C., Bucher, P., Lüthy, F. & Hübner, K. (2022). Combined Eccentric-Isokinetic and Isoinertial Training Leads to Large Ring-Specific Strength Gains in Elite Gymnasts. *Sports*, 10(4), 49.
- Vogt, M. (2011). Eccentric exercise training in elite skiing. Paper presented at 16th ECSS Congress, Liverpool, UK.
- 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. doi:10.1152/japplphysiol.00146.2013.
- Weineck, J. (2014). *Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Belingen: Spitta.

Dank

Ich möchte mich herzlich bei meinem Betreuer Dr. Christoph Schärer für die Unterstützung und die interessante und lehrreiche Zusammenarbeit bedanken. Zudem danke ich dem Nationalkader der Kunstturner Männer für ihre Zeit und Mitwirkung für diese Arbeit . Nicht zuletzt bedanke ich mich bei meiner Frau, welche mich die ganze Zeit unterstützt hat.