

Belastung ohne CWI, Gruppe, (3): CWI ohne Belastung.

Die Belastung erfolgte auf einem Fahrradergometer ($t = 20$ min bei 70% W_{max}), die CWI erfolgte bei 12 °C (15 min, sitzend bis Bauchnabelhöhe, für die Kontrollgruppe sitzend (Raumluft, 21 °C).

Die passive Muskelsteifigkeit wurde mittels Acoustic radiation force impulse (ARFI) Elastosonographie im M. rectus femoris (RF) und M. vastus intermedius (VI) bestimmt. Die Messwerte des physiologischen Ausgangsniveaus (t_0) wurden gruppenspezifisch mit den Werten nach der Belastung t_1 (Gruppe 1,2) und nach anschließender CWI (Gruppe 1,3) bzw. Kontrollzeit (Gruppe 2) (t_2) und 60 min. nach Intervention (t_3) (Gruppe 1,2,3) verglichen. Das Signifikanzniveau wurde auf $< .05$ festgelegt.

Ergebnisse und Schlussfolgerung:

In Gruppe 1 zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen dem Ausgangsniveau t_0 und t_1 (RF: $p = 0.105$; VI: $p = 0.271$). Es gab keinen signifikanten Unterschied nach CWI (RF: $p = 0.820$; VI: $p = 0.105$) und 60 Minuten nach Intervention (t_3), weder im oberflächlichen (RF: $p = 0.160$) noch im tiefen Muskelgewebe (VI: $p = 0.811$).

In Gruppe 2 konnten ebenso keine signifikanten Unterschiede nach Belastung bzw. 60 Minuten danach beobachtet werden (RF t_2 : $p = 0.393$, t_3 : $p = 0.322$; VI t_2 : $p = 0.769$, t_3 : $p = 0.431$).

Ein signifikanter Unterschied konnte in Gruppe 3 zwischen Ausgangsniveau (t_0) und post-CWI (t_2) im M. vastus intermedius festgestellt werden (VI: $p = 0.027$), was mit einem erniedrigten Muskeltonus einherging. Der VI blieb ohne Einfluss ($p = 0.752$).

Mithilfe der in unserer Studie ermittelten Daten konnte erstmalig der Einfluss einer Kaltwasserimmersionstherapie auf die Muskelsteifigkeit

aufgezeigt werden. Unsere Ergebnisse zeigen, dass sich die passive Muskelsteifigkeit unabhängig vom Arbeitszustand der Muskulatur von einer CWI unbeeinflusst zeigt. Während eine erhöhte Muskelsteifigkeit mit einem erhöhten Verletzungsrisiko einhergehen könnte, würde eine erniedrigte Steifigkeit eher dem Regenerationsprozess dienen. Unsere Daten zeigen, dass die Anwendung der Kaltwasserimmersionstherapie vor- aber auch nach einer Belastung keinen signifikanten Einfluss auf die Muskelsteifigkeit als determinierende Größe der kontraktiven Eigenschaften der Muskulatur und des passiven Dehnung-Verkürzungszyklus hat. Ein negativer Einfluss kann daraus also nicht abgeleitet werden.

Schlüsselwörter: Kaltwasserimmersion, Muskelsteifigkeit, Regeneration, Ultraschall, ARFI Elastographie

<http://dx.doi.org/10.1016/j.orthtr.2019.04.036>

SY10-44

Physiologie des Blood Flow Restriction Training: Lokale und Systemische Effekte von Krafttraining unter venöser Blutflussrestriktion

A. Franz¹, F. Berndt¹, J. Raabe², J.-F. Harmsen³, R. Krauspe¹, C. Zilkens¹, M. Behringer⁴

¹Universitätsklinikum Düsseldorf, Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Düsseldorf, Germany

²Universitätsklinikum Düsseldorf, Klinik für Anästhesiologie, Düsseldorf, Germany

³Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Germany

⁴Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Sportwissenschaften, Frankfurt am Main, Germany

E-Mail: alexander.franz@hhu.de

Fragestellung: Blood-Flow-Restriction Training (BFRT) beschreibt die kombinierte Anwendung von leichtem Krafttraining und externer venöser Gefäßblockade zur Induktion signifikanter Skelettmuskelanpassungen. Wegen der ungeklärten physiologischen Veränderungen während des BFRT, ist die interdisziplinäre Anwendung im klinischen Setting bisweilen kaum gegeben. Infolgedessen fokussierte das noch laufende Projekt die Darstellung der zu Grunde liegenden Mechanismen des BFRT.

Methodik: Im Cross-Over-Design vollzogen 10 männliche, gesunde Probanden (Alter: 27 ± 2.4 J) eine Trainingsbelastung der Oberarmflexoren mittels einarmigem Bizeps-Curls, jeweils einmal mit und einmal ohne additives BFR im Abstand von 6 Wochen (Training: 4 Sätze, 1. Satz: 30 Wdh, 2.-4. Satz: 15 Wdh; Intensität: 30% des individuellen 1-RM; Pausen: 30 s). Das additive BFR-Protokoll umfasste die proximale Okklusion des trainierenden Oberarms durch eine Blutdruckmanschette während der Belastung mit einem Druck von 50% des arteriellen Verschlussdrucks. Neben intravasalen Druckveränderungen werden durch einen arteriellen (A. radialis) sowie einen venösen (V. cephalica) Zugang Blutgasanalysen (BGA) vor, während den Pausen und nach der Belastung gewonnen. Weiterhin werden Prä-, direkt-, 5 min-, 20 min und 2 h post-Belastung die kontraktile Muskelfunktion (Tensiomyographie), sowie 24 h und 48 h post-Belastung die Gewebeschädigung (Creatine Kinase, CK) untersucht.

Ergebnisse und Schlussfolgerung: Die Analyse der BGAs von bisher fünf

Probanden zeigt, dass BFRT zu einer höheren lokalen metabolischen Belastung führt ((pCO₂) venös; Non-BFR, Post 4.Satz: 48.4 ± 2.1 mmHg; BFR, Post 4.Satz: 66.3 ± 3.7 mmHg). Während der arterielle pCO₂ ohne BFR zu allen post-Messzeitpunkten im Mittel leicht zunahm (Post 4.Satz: +5%), war der arterielle pCO₂ mit BFR konstant verringert (Post 4.Satz: –15%). Trotz einer verringerten Wiederholungszahl (Non-BFR: 75, BFR: 61) und Time-Under-Tension (Non-BFR: 292s, BFR: 250s) durch zusätzliches BFR, weisen die arteriellen und venösen Laktatkonzentrationen kaum deskriptive Unterschiede auf (Non-BFR, Post 4.Satz: 3.1 ± 0.7 mmol/L; BFR, Post 4.Satz: 3.5 ± 0.8 mmol/L). Die Analyse der intravasalen Druckunterschiede zwischen den Trainingsvarianten zeigt, dass der hydrostatische Druck beim BFRT im venösen System über die gesamte Belastung höher liegt als beim Training ohne BFR. Weiterhin führt BFRT zu einer stärkeren Reduktion der muskulären Kontraktilität (Maximal Displacement (Dm), BFR: –46%) nach der Belastung als Training ohne venöse Blutflussrestriktion (Dm, Non-BFR: –10%). Die indirekte Darstellung der Muskelschädigung ergab einen größeren Gewebescha-den beim BFRT (CK; 48 h post; Non-BFR: 353.4 ± 70.4 U/l; BFR: 702.4 ± 133.4 U/l).

Die vorliegende Studie zeigt erstmals die zu Grunde liegenden physiologischen Prozesse während eines BFRT. BFRT induziert einen größeren metabolischen Stress als Training ohne venöse Okklusion und ermöglicht bei gleichzeitiger Reduktion der mechanischen Belastung weitreichende Anwendungsmöglichkeiten im klinischen Kontext.

Schlüsselwörter: Blood-Flow-Restriktion Training, BFR, Blutflussrestriktion, Muskelhypertrophie, Tensiomyographie

<http://dx.doi.org/10.1016/j.orthtr.2019.04.037>

SY10-130

In-vivo-Kinematik von Knorpel- und Meniskuskontaktflächen des Kniegelenks unter Last

M. Mayr¹, Y. Tayfun¹, G. Bode¹, H. Meine², J. Georgii², N.P. Südkamp¹, K. Izadpanah¹

¹Universitätsklinikum Freiburg, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Freiburg, Germany

²University of Bremen, Medical Imaging Group, Bremen, Germany

E-Mail: moritz.florian.mayr@gmail.com

Fragestellung: Wie verhalten sich die Knorpel-Meniskus- und Knorpel-Knorpel-Kontaktflächen des tibiofemorales Gelenks unter Belastung?

Methodik: In der vorliegenden Studie wurden die Kniegelenke von 9 gesunden männlichen Probanden mit physiologischer Beinachse ohne Kniegelenksschmerzen oder Trauma des Kniegelenks in der Vorgeschichte in unbelastetem und belastetem Zustand mittels 3 Tesla MRT untersucht. Die Untersuchung wurde am gestreckten Kniegelenk durchgeführt. Die axiale Lastapplikation von 400 Newton auf das Kniegelenk erfolgte mit einem nicht-ferromagnetischen MRT-kompatiblen pneumatischen Gerät. Durch den Einsatz einer prospektiven Bewegungskorrektur wurden Bewegungsartefakte bei den MRT-Messungen vermieden. Die Knorpelstrukturen und die Menisken wurden unter Verwendung der MeVisLab-Plattform manuell segmentiert. Die Knorpel-Knorpel- und Knorpel-Meniskus-Kontaktflächen

wurden aus den segmentierten Daten errechnet. Untersucht wurden die belastungsabhängigen Änderungen der Knorpel-Knorpel- und Knorpel-Meniskus-Kontaktflächen am gesamten tibiofemorales Gelenk als auch unterteilt in das mediale und laterale Kompartiment.

Ergebnisse und Schlussfolgerung: Knorpel-Knorpel-Kontaktfläche:

Die mediale Knorpel-Knorpel-Kontaktfläche war ohne und mit Lastapplikation signifikant größer als lateral. Die totale und die mediale Knorpel-Knorpel-Kontaktflächen nahmen unter Belastung signifikant um 10,4% ± 6,8% beziehungsweise 13,5% ± 5,7% zu.

Knorpel-Meniskus-Kontaktfläche: Die Untersuchung der Knorpel-Meniskus-Kontaktflächen zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen dem medialen und lateralen Kompartiment. Auch zwischen meniskofemorale und meniskotibiale Kontaktfläche zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Im medialen Kompartiment verringerte sich die meniskofemorale Kontaktfläche unter Belastung signifikant um 9,4% ± 10,4%.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die Knorpel-Knorpel-Kontaktfläche medial größer als lateral ist. Trotz physiologischer Beinachse nimmt die Knorpel-Knorpel-Kontaktfläche unter Last nur im medialen Kompartiment signifikant stärker zu. Die Verringerung der Knorpel-Meniskus-Kontaktfläche ist Folge der Meniskusextrusion unter Last. Unsere Ergebnisse zeigen, dass bei Belastung des Kniegelenks nur die mediale meniskofemorale Kontaktfläche signifikant abnimmt. Die tibiale Anheftung des medialen Meniskus durch das Ligamentum coronarium kann einer Meniskusextrusion entgegenwirken.