



## Erklärung über das Vorgehen innerhalb der Studie und Erklärungen zu den Messungen

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Arbeitsbereich Sportmedizin und Leistungsphysiologie

Titel der Studie:

### The Effect of High-Volume Resistance Training on Lean Mass Retention during Moderate Energy Restriction in well Resistance-Trained Males<sup>1</sup>

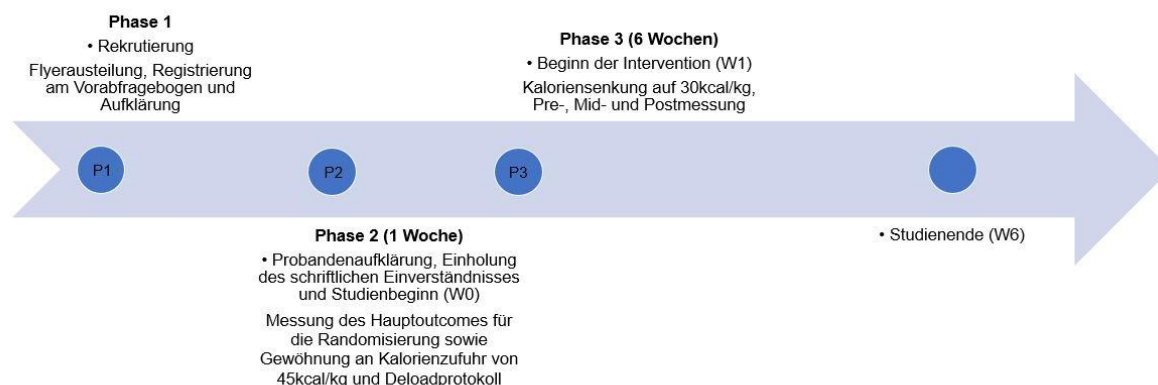


Abb. 1: möglicher Verlaufsplan zur Durchführung der Studie.

<sup>1</sup> Der Effekt eines hochvolumigen Krafttrainings auf den Erhalt von Muskelmasse während einer moderaten Energierestriktion bei fortgeschrittenen Kraftathleten.

Die Studie findet voraussichtlich im Zeitraum von 19.07 bis 05.09.2021 statt (1 + 6 Wochen). Messungen und Beintrainings werden am Institut für Sportwissenschaften vorgenommen. Die Messtage werden bekannt gegeben und orientieren sich am Zeitplan der Probanden. Aufgrund der COVID-19 Gefahrenlage kann es u.U. passieren, dass der Studienzeitraum pandemiebedingt verschoben werden muss.

Tab. 1: Überblick: Abhängige, unabhängige sowie Moderatorvariablen im Vergleich

Dauer	1 + 6 Wochen
Energie	30 kcal/kg <sup>-1</sup>
Protein	2.8g/kg FFM
Training	Krafttraining nach internationalen Standards
Sonographie	Muskeldicke (m. rectus femoris)
BIA	Muskelmasse
1-RM	Maximalkraft
TMG	Kontraktile E.
Myoton	Kontraktile E.
POMS	Stimmung
PSQI	Schlaf

Tab. 2: Merkmals- und Messungsübersicht

	W0	W1	W2	W3	W4	W5	W6
Sonographie	x	x			x		x
BIA	x	x			x		x
1-RM		x			x		x
TMG		x			x		x
Myoton		x			x		x
POMS		x			x		x
PSQI		x			x		x
Ernährung <sup>1</sup>	x	x	x	x	x	x	x
Training <sup>1</sup>	x	x	x	x	x	x	x
Schlaf <sup>1</sup>	x	x	x	x	x	x	x

<sup>1</sup> Tagebücher

**Legende für Tab.1/2:** AV = abhängige Variable; UV = unabhängige Variable; MM = Muskelmasse; E = Eigenschaften; FFM = fettfreie Masse; POMS = Profile of Mood States-Fragebogen; PSQI = Pittsburgh Schlafqualitätsindex; W = Woche; x = Messung; E = Eigenschaften; BIA = bioelektrische Impedanzanalyse; 1-RM = Repetition Maximum (Maximalkrafttest) TMG = Tensiomyographie

## Training, Trainingsplanung und Quantifizierung des Belastungsvolumens

Durch Krafttraining wirken äußere Belastungsreize (im Sinne der Belastungsnormative Volumen, Intensität, Frequenz, Pausenzeit, usw.) auf die Muskulatur und tragen zu einer Anpassungsreaktion dieser bei (Toigo & Boutellier, 2006). Wird eine diätspezifische Ernährung gewährleistet, wirken Krafttrainingsreize synergistisch anabol und anti-katabol auf den Erhalt von Muskulatur. So kann dies bspw. zu einer stärkeren mTORC1 (etwa über ERK, MAPK, Akt, Calcineurin oder Phospholipase D) sowie p70<sup>s6k</sup> Aktivierung führen, was wiederum zu einer verstärkten Synthese von ribosomalen Proteinen führt (Hoppeler, 2016).

Mit Blick auf die Belastungsnormative erscheint besonders das Belastungsvolumen, definiert als Gesamtheit der auf den Körper wirkenden Reize, essentiell für den Muskelmassenerhalt unter hypokalorischen Bedingungen. So zeigt sich beispielsweise, dass die MAPK-Aktivierung volumenabhängig ist (Hulmi et al., 2012).

Primäres Ziel der Studie ist es daher, den Effekt von Krafttrainingsvoluminen auf die Veränderung der **Muskelmasse** unter hypokalorischen Bedingungen zu untersuchen. Damit ein solcher Vergleich möglich ist, wird der Intervention ein 1-wöchiges Deloadprotokoll vorgeschaltet, sodass vorher akkumulierte Ermüdung und damit die Ausgangssituation vergleichbar ist (W0, vgl. Tab. 2; Abb. 1).

### Quantifizierung des Trainingsvolumens

In vorliegender Studie wird das Krafttrainingsvolumen auf Satzbasis pro Trainingseinheit festgelegt (Israetel, Feather, Faleiro, & Juneau, 2019; Schoenfeld, Grgic, Haun, Itagaki, & Helms, 2019) und anschließend mit der mathematischen Formel von „*volume load*“ (Wiederholungen  $\times$  Sätze  $\times$  Gewicht) quantifiziert (Baz-Valle, Fontes-Villalba, & Santos-Concejero, 2018; Rebaï et al., 2014). Dies wird den gängigen Frequenzempfehlungen (Aufteilung des Belastungsvolumens auf mehr als einen Tag/Woche) gerecht (Grgic et al., 2018; Schoenfeld, Ogborn, & Krieger, 2016) und vermeidet exzessive Muskelschäden durch hochvolumig-niedersfrequentes Training (viel Volumen auf nur einem Trainingstag).

Nachdem die Belastungsnormative nach gängigen Richtlinien aufgestellt wurden (ACSM, 2009; Schoenfeld, 2016; Toigo & Boutellier, 2006)

- Frequenz >2;
- *intensity of effort* bei ~2 Repetitions in Reserve (RIR) in Bezug zum muskulären Versagen bzw. 70-75% 1RM
- Zwischensatz-Pausenzeit bei 4 Minuten
- Bewegungsgeschwindigkeit (2-0-2) = 2 Sekunden exzentrisch, gefolgt von einer konzentrischen Bewegung so schnell wie möglich

... ergibt sich nachfolgender Trainingsplan, der über die gesamte Dauer der Studie ohne Veränderungen durchgeführt wird:

Tab. 3: Trainingsplan

Training 1 – OK	Training 2 – UK
Bankdrücken	Beinpresse
Rudern am Gerät	Beinstrecker, sitzend
Military Press, LH	Beinbeuger, sitzend
Latzug, breit	Wadenheben
Trizepsdrücken am Kabelzug	
Bizepstraining mit Kurzhanteln	

**Legende:** OK = Oberkörper; UK = Unterkörper

Neben den o.g. Belastungsnormative werden zur Quantifizierung des Trainings ferner die Faktoren Länge des Trainings in Minuten, Time under tension in Sekunden sowie Recovery time zwischen den Einheiten in Stunden.

Das Training erfolgt beaufsichtigt durch Master-Studenten der Goethe Universität Frankfurt am Main im Medical Gym FFM (Sachsenhausen) unter Einhaltung der genannten Parameter. Bei Nichteinhaltung der Faktoren (z.B. Abweichung von RIR oder Range of Motion) aufgrund von metabolischen Anpassungen, wird das Gewicht reduziert und so die Einhaltung der Belastungsnormative gesichert.

### Energieveränderung

Während des Deloadprotokolls (1 Woche) wird sich gewichtserhaltend ernährt,  $45\text{kcal/kg}^{-1}$ , sodass die Ausgangsbedingungen kontrolliert werden (W0, vgl. Tab. 2; Abb. 1). Anschließend erfolgt eine *moderate* Energierestriktion (Fagerberg, 2018),  $30\text{kcal/kg}^{-1}$ . Unter Verweis auf Wilson et al. (2015) und Areta et al. (2014) kann hierbei auf der einen Seite noch eine vollständige Elevation der Proteinsynthese erfolgen (was ein Charakteristikum für den Erhalt von Muskelmasse darstellt), auf der anderen Seite befindet sich die Höhe der Energierestriktion gleichermaßen über dem Mindestwert von  $25\text{kcal/kg/FFM}$  (Fagerberg, 2018) und ist somit als sicher für die Probanden einzustufen (Burke et al., 2018). Die Energiebestimmung erfolgt im Verhältnis zum eigenen Körpergewicht (Ismail, Wannudri, & Zawiah, 1997), sodass a) eine vergleichbare Situation zwischen den Probanden entsteht und b) das Energiedefizit nach individuellen Maßstäben berechnet wird.

Die moderate Energierestriktion während der Studie stellt nur eine geringe bzw. keine unverhältnismäßige Belastung der Probanden dar.

### Energie und Makronährstoffverteilung

*Energie:* Die Probanden durchlaufen eine moderate Energierestriktion. Im Zuge dieser kann es zu Müdigkeit, Lethargie und ggfs. Hungergefühl kommen. Da sich die Energierestriktion

jedoch als moderat gestaltet, die weit über dem Grundumsatz angelegt ist, sind nur geringe bzw. keine negativen Beeinträchtigungen zu erwarten.

*Makronährstoffverteilung:* Eine kohlenhydratbasierte, proteinbetonte Ernährung bildet den Grundstein für anabole Prozesse im Körper. Die Proteinzufuhr wird vorliegend als Moderatorvariable gehandhabt und daher kontrolliert ( $2.8\text{g/kg}^{-1}$  FFM). Das systematische Review von Helms und Kollegen (2014) kommt zu dem Schluss, dass hohe Proteinmengen bis zu  $3.1\text{g/kg}^{-1}$  (fettfreier Masse) für einen bestmöglichen Erhalt von Muskulatur erforderlich sind. Somit wird sichergestellt, dass – auch bei hohen Belastungen – eine positive Proteinbilanz (Proteinsynthese – Proteinbreakdown) erreicht werden kann.

Diese Ernährungsform ist gleichermaßen, sowohl für Nierenfunktion als auch Knochenmasse, als unbedenklich einzustufen (Antonio et al., 2016; Antonio, Ellerbroek, Evans, Silver, & Peacock, 2018; Jäger et al., 2017).

Profile of Mood States – Fragebogen (POMS), deutsche Version nach (McNair, Lorr, & Droppleman, 1981)

Zur Erfassung der Stimmungsveränderung (**emotionale Befindlichkeit**) im Zuge der Kalorienrestriktion wird die deutsche Version des Profile of Mood States Fragebogens verwendet. Bisherige Forschung zeigt auch hier inkonklusive Befunde. Diese sind wahrscheinlich auf die Höhe des genutzten Energiedefizits sowie die folgende Akkumulierung von Ermüdung zurückzuführen (Caulfield & Karageorghis, 2008). Das Ausfüllen des Fragebogens stellt keine Belastung für die Probanden dar.

Pittsburgh Schlafqualitätsindex (PQSI)

Durch den PQSI soll ermittelt werden, inwieweit die **Schlafqualität** durch Energierestriktion affektiert wird. Daten an übergewichtigen Individuen suggerieren, dass sich die Schlafqualität während einer proteinbetonten Energierestriktion verbessert (St-Onge, Mikic, & Pietrolungo, 2016; Zhou, Kim, Armstrong, Chen, & Campbell, 2016). Auch wenn die Schlafqualität in athletischer Population im Wesentlichen in Verbindung mit der durchschnittlichen Schlafdauer pro Nacht gesehen wird (Andrade, Bevilacqua, Coimbra, Pereira, & Brandt, 2016), soll dies anhand vorliegender Studie zusätzlich überprüft werden. Das Ausfüllen des Fragebogens stellt keine Belastung für die Probanden dar.

Myoton und Tensiomyographie

Durch das Myoton und die Tensiomyographie werden **kontraktile Eigenschaften der Muskulatur** überprüft. Dabei wird überprüft, inwieweit die Kalorienrestriktion auf solche Eigenschaften Einfluss nimmt.

*Myoton*: Messung von Eigenschaften der Skelettmuskulatur durch leichten und ungefährlichen mechanischen Impuls. Dieser umfasst eine konstante Kraft von 0.40 N über eine Dauer von 15 ms. Die Muskulatur reagiert mit einer gedämpften Oszillation, welche wiederum mit dem Myoton erfasst und in Form einer Beschleunigungskurve dargestellt wird. Aus dieser Oszillationskurve werden schließlich die nachfolgenden Messparameter berechnet: Tonus der gemessenen Struktur, Steifheit, Dämpfung sowie viskoelastische Parameter, Stress-Relaxions-Zeit und Creep (nicht-elastische Verformung des Gewebes).

*Tensiomyographie*: Messung von Eigenschaften der Skelettmuskulatur durch leichten und ungefährlichen elektrischen Stimulus (sowie Erfassung durch das TMG-Messinstrument). Die Steigerung des elektrischen Stimulus erfolgt in 10 mA-Schritten bis die maximale Amplitude oder 110 mA erreicht wurden (Simunič, 2012). Hierbei werden die Standardparameter der Verzögerungszeit, Kontraktionszeit, Erhaltungs- und Erholungszeit sowie maximale Verformung innerhalb von 2 Minuten erfasst und somit Rückschlüsse auf die muskulären Eigenschaften ermöglicht.

## **Werden die Probanden körperlich beansprucht?**

### Sonographie (Ultraschall)

Sonographie ist eine reliable (Ishida, Carroll, Pollock, Graves, & Leggett, 1992), valide (Takai et al., 2013), nicht-invasive und ungefährliche Messmethode zur Erfassung des Muskelquerschnitts, die auf dem Puls-Echo-Prinzip basiert. Hierbei werden Ultraschallimpulse abgesondert, reflektierte Echos empfangen und aus diesen die räumliche Lage der Reflektoren bestimmt (Delorme, Debus, & Jenderka, 2012).

### Bioelektrische Impedanzanalyse (BIA)

Zur Messung der Körperkompositionsveränderung wird das nichtinvasive Verfahren der BIA genutzt. Hierbei erfolgt eine Messung des Körperwiderstands (Impedanz) durch Klebeelektroden bei verschiedenen Frequenzen (5, 50 und 100 kHz) und einem konstanten Signal von 0.8 mA. Dieses Vorgehen ist ungefährlich, schnell durchführbar sowie reliabel in athletischer Population (Schoenfeld et al., 2018).

### Myoton und Tensiomyographie

Beide Messmethoden stellen nichtinvasive Verfahren dar. Es erfolgt keine körperliche Beanspruchung durch den geringen mechanischen bzw. elektrischen Stimulus.

## Training

Die Probanden durchlaufen ein vorgegebenes Trainingsprotokoll nach internationalen Standards. Dieses ist darauf ausgelegt bestmöglich Muskelmasse während der Kalorienrestriktion zu erhalten. Dabei kann es gelegentlich zu Muskelkater bzw. Müdigkeit/Anstrengung kommen. Die Studie gibt keine unverhältnismäßigen Trainingsreize vor.

## **Literaturverweise**

- ACSM (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Andrade, A., Bevilacqua, G. G., Coimbra, D. R., Pereira, F. S., & Brandt, R. (2016). Sleep Quality, Mood and Performance: A Study of Elite Brazilian Volleyball Athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15(4), 601–605.
- Antonio, J., Ellerbroek, A., Evans, C., Silver, T., & Peacock, C. A. (2018). High protein consumption in trained women: Bad to the bone? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15, 6. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0210-6>
- Antonio, J., Ellerbroek, A., Silver, T., Vargas, L., Tamayo, A., Buehn, R., & Peacock, C. A. (2016). A High Protein Diet Has No Harmful Effects: A One-Year Crossover Study in Resistance-Trained Males. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2016, 9104792. <https://doi.org/10.1155/2016/9104792>
- Areta, J. L., Burke, L. M., Camera, D. M., West, D. W. D., Crawshaw, S., Moore, D. R., . . . Coffey, V. G. (2014). Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 306(8), E989-97. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00590.2013>
- Baz-Valle, E., Fontes-Villalba, M., & Santos-Concejero, J. (2018). Total Number of Sets as a Training Volume Quantification Method for Muscle Hypertrophy: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002776>
- Burke, L. M., Close, G. L., Lundy, B., Mooses, M., Morton, J. P., & Tenforde, A. S. (2018). Relative Energy Deficiency in Sport in Male Athletes: A Commentary on Its Presentation Among Selected Groups of Male Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 364–374. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2018-0182>
- Caulfield, M. J., & Karageorghis, C. I. (2008). Psychological effects of rapid weight loss and attitudes towards eating among professional jockeys. *Journal of Sports Sciences*, 26(9), 877–883. <https://doi.org/10.1080/02640410701837349>
- Delorme, S., Debus, J., & Jenderka, K.-V. (2012). *Sonografie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- DFG (Ed.). (2012). *Empfehlungen zur Begutachtung klinischer Studien durch Ethik-Kommissionen*. Retrieved from [https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/programme/klinische\\_studien/empfehlungen\\_begutachtung\\_klinischer\\_studien\\_2012.pdf](https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/programme/klinische_studien/empfehlungen_begutachtung_klinischer_studien_2012.pdf)
- Fagerberg, P. (2018). Negative Consequences of Low Energy Availability in Natural Male Bodybuilding: A Review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 28(4), 385–402. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2016-0332>
- Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Davies, T. B., Lazinica, B., Krieger, J. W., & Pedisic, Z. (2018). Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0872-x>
- Helms, E. R., Zinn, C., Rowlands, D. S., & Brown, S. R. (2014). A systematic review of dietary protein during caloric restriction in resistance trained lean athletes: A case for higher intakes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24(2), 127–138. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.2013-0054>
- Hoppeler, H. (2016). Molecular networks in skeletal muscle plasticity. *The Journal of Experimental Biology*, 219(Pt 2), 205–213. <https://doi.org/10.1242/jeb.128207>
- Hulmi, J. J., Walker, S., Ahtainen, J. P., Nyman, K., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2012). Molecular signaling in muscle is affected by the specificity of resistance exercise protocol. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(2), 240–248. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01198.x>
- Ishida, Y., Carroll, J. F., Pollock, M. L., Graves, J. E., & Leggett, S. H. (1992). Reliability of B-mode ultrasound for the measurement of body fat and muscle thickness. *American Journal of Human Biology : the Official Journal of the Human Biology Council*, 4(4), 511–520. <https://doi.org/10.1002/ajhb.1310040410>
- Ismail, M. N., Wannudri, W., & Zawiah, H. (1997). Energy expenditure studies to predict requirements of selected national athletes. *Malaysian Journal of Nutrition*, 3(1), 71–81.

- Israetel, M., Feather, J., Faleiro, T. V., & Juneau, C.-E. (2019). Mesocycle Progression in Hypertrophy. *Strength and conditioning journal*, 1. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000518>
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., . . . Antonio, J. (2017). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
- McNair, D., Lorr, M., & Droppleman, L. (1981). POMS Profile of Mood States: Ein Verfahren zur Messung von Stimmungszuständen. In Collegium Internationale Psychiatriae Scalarum (Ed.), *Internationale Skalen für Psychiatrie*.
- Moher, D., Schulz, K. F., & Altman, D. G. (2001). The CONSORT statement: Revised recommendations for improving the quality of reports of parallel group randomized trials. *BMC Medical Research Methodology*, 1(1), 408. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-1-2>
- Philpott, J. D., Bootsma, N. J., Rodriguez-Sanchez, N., Hamilton, D. L., MacKinlay, E., Dick, J., . . . Witard, O. C. (2019). Influence of Fish Oil-Derived n-3 Fatty Acid Supplementation on Changes in Body Composition and Muscle Strength During Short-Term Weight Loss in Resistance-Trained Men. *Frontiers in Nutrition*, 6, 102. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00102>
- Rebaï, H., Chtourou, H., Zarrouk, N., Harzallah, A., Kanoun, I., Dogui, M., . . . Tabka, Z. (2014). Reducing resistance training volume during Ramadan improves muscle strength and power in football players. *International Journal of Sports Medicine*, 35(5), 432–437. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1353216>
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(3), 456–464. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000053727.63505.D4>
- Schoenfeld, B. (2016). *Science and development of muscle hypertrophy*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Haun, C., Itagaki, T., & Helms, E. R. (2019). Calculating Set-Volume for the Limb Muscles with the Performance of Multi-Joint Exercises: Implications for Resistance Training Prescription. *Sports (Basel, Switzerland)*, 7(7). <https://doi.org/10.3390/sports7070177>
- Schoenfeld, B. J., Nickerson, B. S., Wilborn, C. D., Urbina, S. L., Hayward, S. B., Krieger, J., . . . Tinsley, G. M. (2018). Comparison of Multifrequency Bioelectrical Impedance vs. Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Assessing Body Composition Changes After Participation in a 10-Week Resistance Training Program. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002708>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2016). Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(11), 1689–1697. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0543-8>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017a). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 35(11), 1073–1082. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1210197>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017b). The dose-response relationship between resistance training volume and muscle hypertrophy: Are there really still any doubts? *Journal of Sports Sciences*, 35(20), 1985–1987. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1243800>
- Schoenfeld, B. J., & Aragon, A. A. (2018). How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 245. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0215-1>
- Simunič, B. (2012). Between-day reliability of a method for non-invasive estimation of muscle composition. *Journal of Electromyography and Kinesiology : Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 22(4), 527–530. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.04.003>
- St-Onge, M.-P., Mikic, A., & Pietrolungo, C. E. (2016). Effects of Diet on Sleep Quality. *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*, 7(5), 938–949. <https://doi.org/10.3945/an.116.012336>
- Takai, Y., Ohta, M., Akagi, R., Kato, E., Wakahara, T., Kawakami, Y., . . . Kanehisa, H. (2013). Validity of ultrasound muscle thickness measurements for predicting leg skeletal muscle mass in healthy Japanese middle-aged and older individuals. *Journal of Physiological Anthropology*, 32, 12. <https://doi.org/10.1186/1880-6805-32-12>
- Toigo, M., & Boutellier, U. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 97(6), 643–663. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0238-1>
- vfa (k.J.). Patienten in klinischen Studien. Retrieved from <https://www.pro-retina.de/media/dateien/549/patienten-in-klinischen-studien1.pdf>
- Wilson, G., Pritchard, P. P., Papageorgiou, C., Phillips, S., Kumar, P., Langan-Evans, C., . . . Close, G. L. (2015). Fasted Exercise and Increased Dietary Protein Reduces Body Fat and Improves Strength in Jockeys. *International Journal of Sports Medicine*, 36(12), 1008–1014. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1549920>
- Wroble, K. A., Trott, M. N., Schweitzer, G. G., Rahman, R. S., Kelly, P. V., & Weiss, E. P. (2019). Low-carbohydrate, ketogenic diet impairs anaerobic exercise performance in exercise-trained women and men: A randomized-sequence crossover trial. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(4), 600–607. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08318-4>



Zhou, J., Kim, J. E., Armstrong, C. L., Chen, N., & Campbell, W. W. (2016). Higher-protein diets improve indexes of sleep in energy-restricted overweight and obese adults: Results from 2 randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 103(3), 766–774. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.124669>