



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Sport BASPO



EHSM

Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen

*«Wenn ich mich stark fühle,
dann fühle ich mich besser,
habe mehr Selbstvertrauen,
alles geht etwas einfacher!»*

Athletinnen im Krafttraining

Magglingen, 28.11.2024

Jan Seiler und Rahel Heynen

jan.seiler@baspo.admin.ch / rahel.heyne@baspo.admin.ch



@swissstrengthcoach



Wolfgang Killing

MEISTERLEHREN: WAS WIR VON ERFAHRENEN TRAINERN LERNEN KÖNNEN

Teil 4: Geschlechtsspezifische Besonderheiten im leichtathletischen Training und Wettkampf

Argumente für ein vermehrtes Krafttraining für Frauen

„Mir ist klar geworden, dass Frauen anders trainieren müssen als Männer, und wir eine Frauenspezifik entwickeln müssen. Die Unterschiede liegen in der Muskelmasse, im Bindegewebe, im hormonellen Bereich, in der Belastungsstruktur, in all diesen Dingen. Du musst mit Frauen anders trainieren als mit Männern.“

„Beim Training muss man nach den Geschlechtern unterteilen, weil sie eine andere Physiologie haben. Männer können sich durch das hohe Testosteron besser ausbelasten, Frauen können umfangreicher trainieren.“

„Männer sind viel weniger belastbar als Frauen. Die Männer halten kaum was aus. Ich denke, das hängt mit der hormonellen Struktur zusammen, vielleicht auch mit der ganzen Entwicklungsgeschichte, die Frauen müssen die Kinder kriegen und was noch alles machen. Die Frauen können und müssen hart trainieren. Im Frauenbereich ist unsere Trumpfkarte, in die Weltspitze zu kommen, ein sehr hartes, intensives Training, mit vielen Einheiten, mit vielen harten Kraftbelastungen.“

„Der Körper reagiert auf dieses Krafttraining mit Testosteronbildung. Ich habe mit meiner Athletin im Winter in zwei Vier-Wochen-Blöcken Krafttraining gemacht, jeweils dreimal die Woche, richtig hart, Oberschenkel, Po, den ganzen Ischjio-Bereich ‚aufgemotzt‘. Dazu habe ich versucht, dass der Rücken stabil wird. Durch dieses Krafttraining jeweils morgens und die Testosteronbildung haben sich die ‚weiblichen Rundungen‘ ein bisschen zurückgebildet. Damit ist sie gut gefahren.“

„Bankdrücken und Beinpresse sind eigentlich keine Trainingsmittel, aber ich wollte meine Athletin an maximale Leistungen heranbringen, über die Grenzen gehen. Bei den Übungen machst Du nichts kaputt. Das ist für mich Maximalkrafttraining.“

„Bei den Frauen ist es noch ein bisschen anders, die werden durch die hohen Gewichte hormonell stärker gefordert.“

Argumente für das Krafttraining bis nah an den Wettkampfhöhepunkt

„Bei meinen Männern mache ich das so, dass ich in den Wettkampfwochen gar keine Kraft mehr mache. Die Frauen müssen weiter an die Kraft dringern. Das war jetzt bei L. nicht ganz so extrem, aber bei K. schon.“

„Wenn du die Männer eine Woche rausnimmst, die sind danach bombastisch. Eine Frau ohne Krafttraining in der Woche baut ab, oder? Die brauchen durchgängig eine andere Belastung, die kannst du tatsächlich auch vom Umfang mehr belasten. Du kannst den Frauen die Pausen halt nicht so gönnen wie den Männern. Die Frauen wollen auch keine Pause machen.“

„Die Frage ist, wie lang hält denn die Maximalkraft? Wie lang hält es denn, die einen sagen zehn Tage. Meine beste Athletin hat einen Tag vor ihrer Hürdenbestzeit von 12,57 s fast noch ein volles Krafttraining gemacht. Da können mir die Trainingswissenschaftler erzählen, was sie wollen.“

LEISTUNGS- SPORT

2/2023 • 53. Jahrgang
Zeitschrift für die Fortbildung von Trainern,
Übungsleitern und Sportlehrern



Themenheft:

Frauen im Leistungssport



WENDY HOLDENER ÜBER IHREN TRAINIERTEN KÖRPER

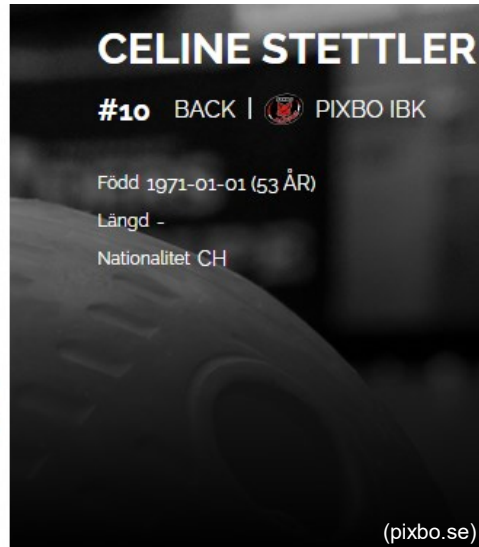
«Moll, ich mag meine Muskeln»

Während einer Fahrt wirken immense Kräfte auf die Skifahrerinnen. Darauf muss der Körper vorbereitet sein. Wie viel Anteil am Erfolg haben die Muskeln? Weltmeisterin Wendy Holdener über Leiden im Kraftraum und Vergleiche zur Konkurrenz.

Das ist dann, wenn sie sich wieder aufs Krafttraining freut. Die Resultate genießt, auf den sozialen Medien ihr Sixpack zeigt. «Moll, ich mag meine Muskeln», sagt sie. Als sie jünger war, machte sie sich noch Gedanken, wie ihre muskulösen Beine in einem Rock aussehen. Dann haben diese Beine sie zur Weltmeisterin gemacht. Heute ist sie stolz. «In zehn Jahren trainiere ich nicht mehr so wie heute, also genieße ich es, so fit zu sein.»



Starke Oberarme braucht es vor allem zum Abstossen aus dem Starttor. Holdener schenkt dieser Partie aber auch Aufmerksamkeit, weil sie lange Zeit Probleme mit Schulter-Subluxationen hatte, dem Fast-Ausrenken der Schulter. *Dirk Schmidt*



«Krafttraining ist eine Art Hass-Liebe, aber mittlerweile bin ich ein grosser Kniebeugen Fan»



«Krafttraining ist für mich die Basis von Allem und erlaubt mir, dass ich überhaupt regelmässig Laufen kann und gesund bleibe»



RONJA BLÖCHLINGER (liv-cycling.com)

«Nach dem Krafttrainings laufe ich jeweils grösser aus dem Kraftraum und fühle mich richtig stabil»



(imago-images.de)

«Krafttraining macht mich explosiver und allgemein stabiler»



«Unser Athletiktrainer beim FC St. Gallen arbeitet ansonsten hauptberuflich mit NLA-Eishockeyspielern zusammen. Er hat mir vor Kurzem gesagt, dass er den Männern beim Langhanteltraining am liebsten 20 Prozent Gewicht wegnehmen und bei den Frauen 20 Prozent drauflegen würde.»



Geschlecht als Fehldiagnose?



- **Krafttraining** gilt als «maskulin» und **unweiblich**
- Mädchen und Frauen **betreiben** generell **weniger Krafttraining**
- **Trainer unterschätzen** die **Leistungsfähigkeit** von Athletinnen und **fordern weniger**
- **Körpergewichtsübungen, Minibandübungen** etc. werden gegenüber **Training mit Gewichten** bevorzugt
- Wahl der **Trainingsmethoden** und **-intensitäten** bei Athletinnen **erfolgen anders**



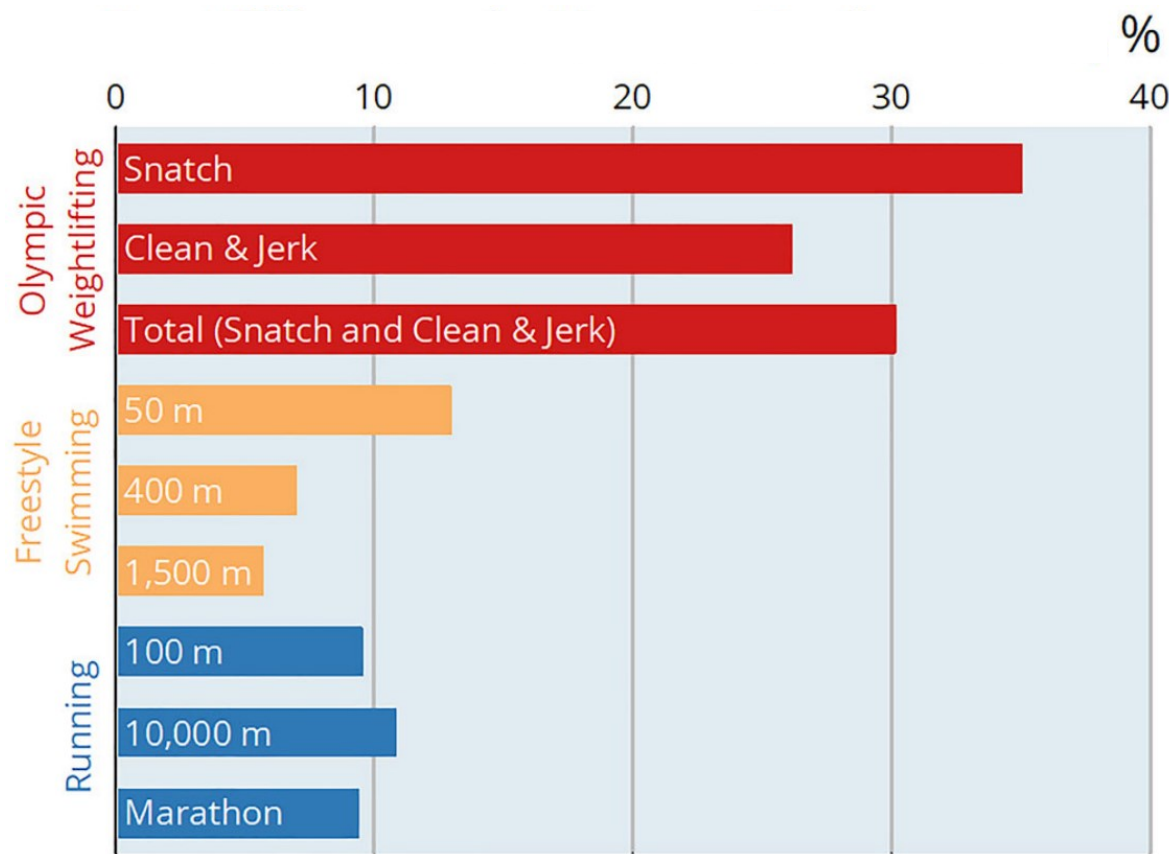
Geschlecht als Fehldiagnose?

- Frauen sind in der frühkindlichen Entwicklung als auch während ihrer sportlichen Karriere **geringeren Trainingsreizen ausgesetzt**.
- Eine Untersuchung von Kindern und Jugendlichen zeigte, dass Jungen sich im Durchschnitt **20% mehr bewegen und 38% mehr Zeit in moderaten bis intensiven Intensitätszonen** verbringen.
- Eine Umfrage im internationalen Fussball zeigte, dass Fussballerinnen während der Saison **deutlich weniger Athletiktraining pro Woche** haben als Fussballer (16 ± 17 min versus 47 ± 17 min).
- Die **Betreuungsteams** der Athleten sind meistens besser aufgestellt.



Sex differences in human performance

Sandra K. Hunter¹  and Jonathon W. Senefeld² 



Frauen haben:

- **gleich viele Muskelfasern, bei kleinerer Querschnittsfläche** (N/cm^2 ist jedoch identisch)
 - **eine grössere relative Querschnittsfläche an Typ I Fasern**
- **der weibliche Muskelphenotyp ist weniger stark und weniger schnell**
- ein kleineres Herz und kleinere Lungen sowie Atemwege
 - eine tiefere Hämoglobinmasse
 - eine leicht **bessere Bewegungsökonomie** (Laufen/Schwimmen)
 - einen **erhöhten Fettmetabolismus** auf Grund proportional **grösserem Anteil an Typ I Fasern**

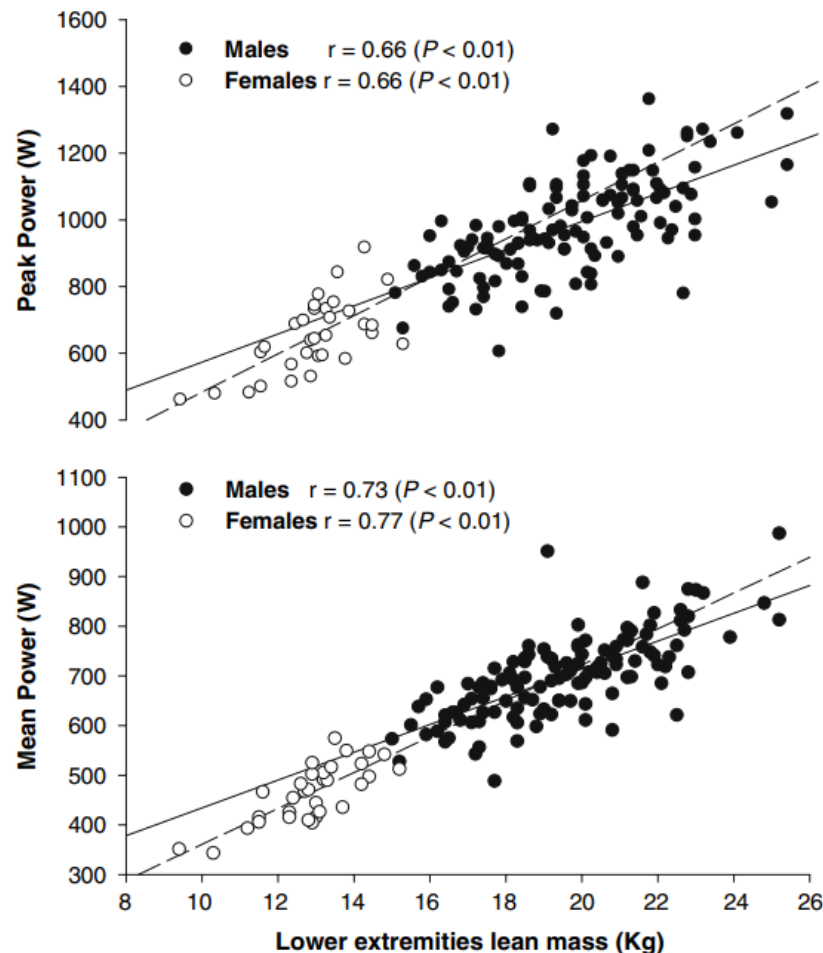
Journal of Physiology, 602(17), 2024



Role of muscle mass on sprint performance: gender differences?

Jorge Perez-Gomez · German Vicente Rodriguez · Ignacio Ara · Hugo Olmedillas ·

Javier Chavarren · Juan Jose González-Henriquez · Cecilia Dorado · José A. L. Calbet



In summary, this study shows that the main factor accounting for gender differences in peak power output during cycling is the muscle mass of the lower extremities. However, gender differences in prolonged sprint performance can be explained only partially by the sex differences in muscle mass and body fat, meaning that other factors, likely related with the capacity to sustain a high rate of ATP resynthesis, should account for the sexual dimorphism in prolonged sprint performance.



Gender differences in strength and muscle fiber characteristics

A. E. J. Miller, J. D. MacDougall, M. A. Tarnopolsky, and D. G. Sale

In summary, in a population of men and women of similar body mass, men were stronger in the muscles of both the upper and lower limbs, both in absolute units and when expressed in units relative to lean body mass. This gender difference was most pronounced in the muscles of the upper limbs. Since the groups did not differ significantly according to the number of muscle fibers, the number of motor units, the ability to activate motor units or strength per CSA of muscle, the greater strength of the men is due primarily to the larger fibers. The greater difference in upper compared to lower limb strength is apparently attributable to the fact that women tend to have a lower proportion of their lean tissue distributed in the upper body. It is difficult to determine the extent to which the larger fibers in men represent a true biological difference rather than a difference in physical activity, but our data suggest that it is largely an innate gender difference.

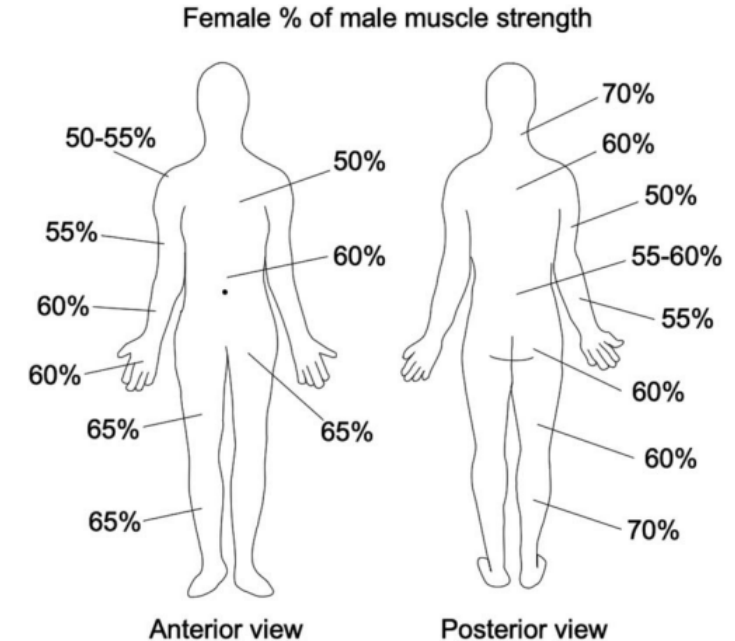


Figure 2. Summary of adult sex differences in muscle strength for various muscle groups. The values, which are presented as the female strength value as a percent of the male strength value, are based on the results presented in the figures and Supplemental Digital Content (see tables, <http://links.lww.com/JSCR/A339>) of the current review.

European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 66(3), 1993
Nuzzo, Journal of Strength and Conditioning Research, 37(2), 2024



Unterschiede in der isometrischen Maximalkraft

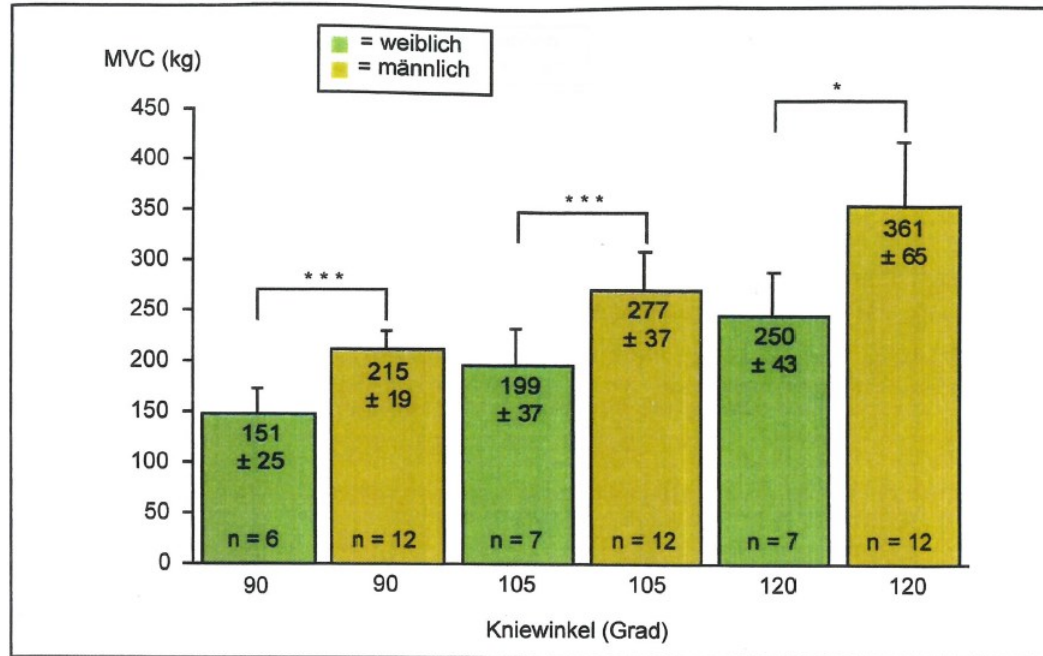


Abb. 10: Absolutes MVC getrennt nach Geschlecht und Kniewinkel

Unterschied: 29.6%

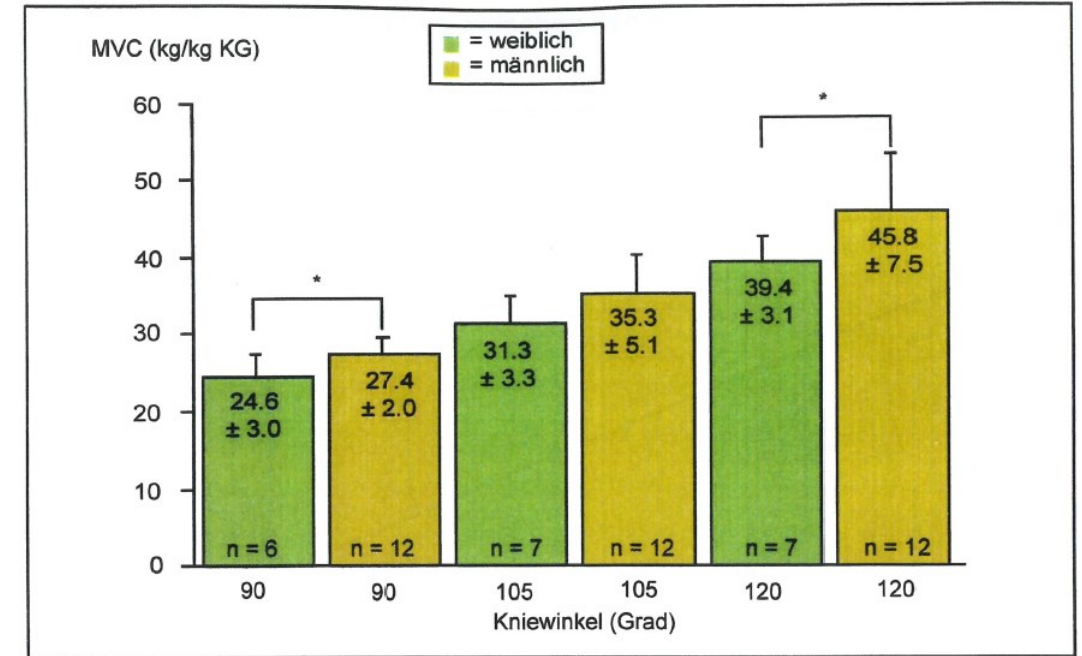


Abb.11: Relatives MVC getrennt nach Geschlecht und Kniewinkel, KG = Körpergewicht

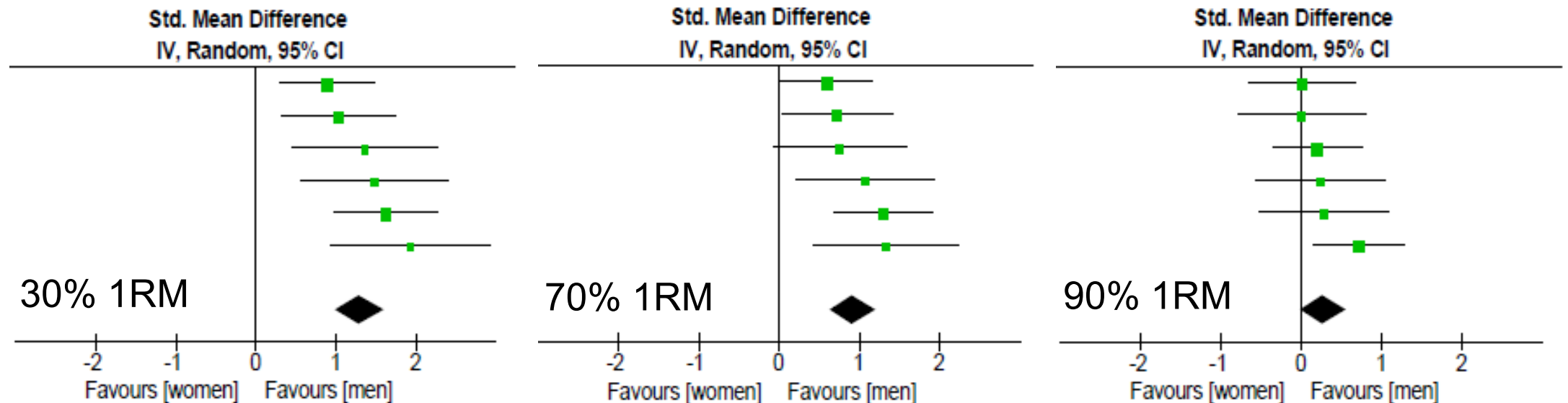
Unterschied: 11.8%

- Aktuelle Daten zeigen bei den **relativen MVC Werten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede** mehr.
- Bei den Testwerten der **Schnellkraft** beträgt der **Unterschied ca. 17% !**



A Systematic Review and Meta-Analysis of the Differences in Mean Propulsive Velocity between Men and Women in Different Exercises

Raúl Nieto-Acevedo ¹, Blanca Romero-Moraleda ², Francisco Javier Díaz-Lara ³, Alfonso de la Rubia ¹, Jaime González-García ^{4,*} and Daniel Mon-Lopez ¹



Je langsamer die Bewegungsgeschwindigkeit desto kleiner der Leistungsunterschied !!!



...anyway, it's all about Testosterone

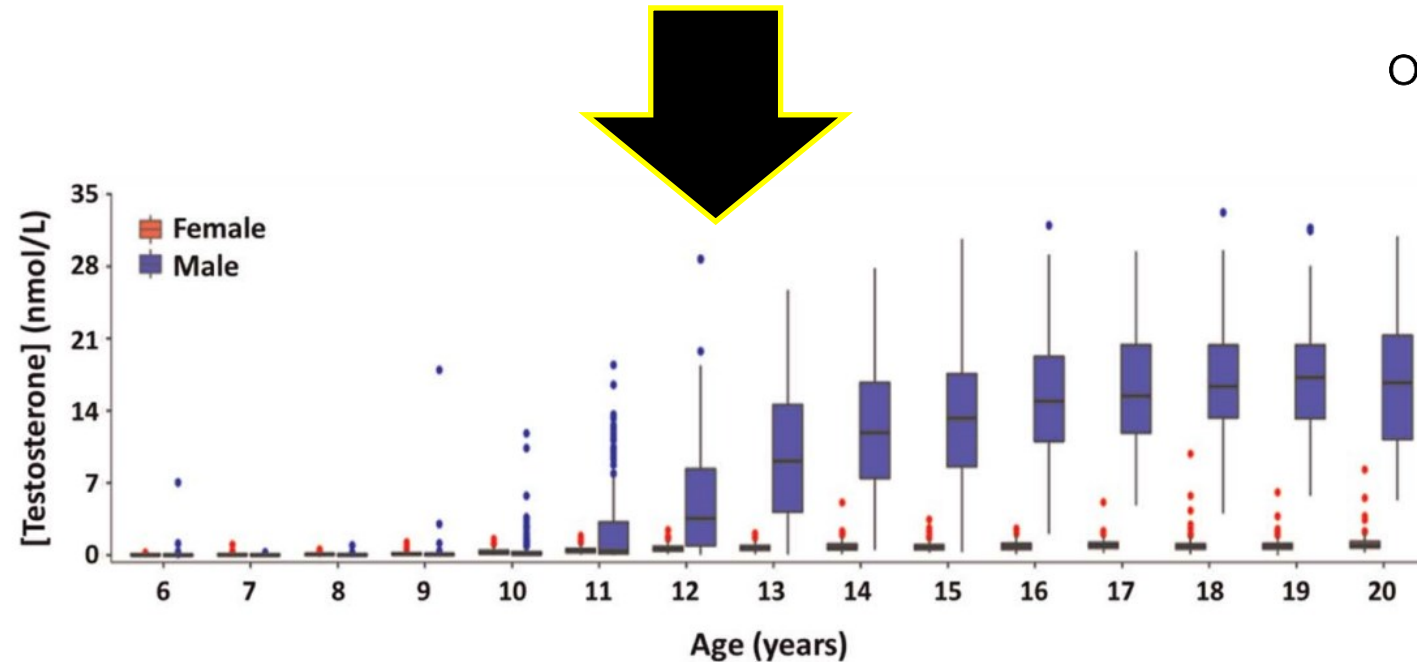
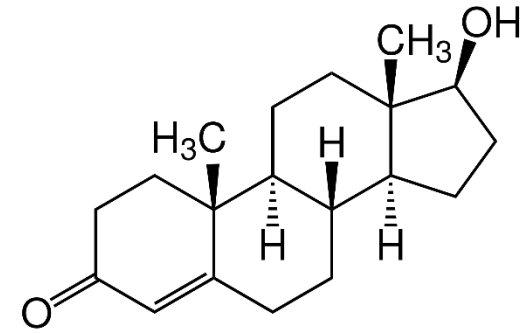


Figure 7: Total testosterone concentrations of the US population aged 6 to 20 yr. The horizontal line in the middle of each box indicates the median; top and bottom borders, 75th and 25th percentiles; whiskers above and below the box, 90th and 10th percentiles; and circles beyond the whiskers, outliers beyond the 90th or 10th percentiles. Adapted with permission from Senefeld et al. (69).

Frauen haben eine **10-40x tiefere Testosteronkonzentration** im Blut!



...anyway, it's all about Testosterone

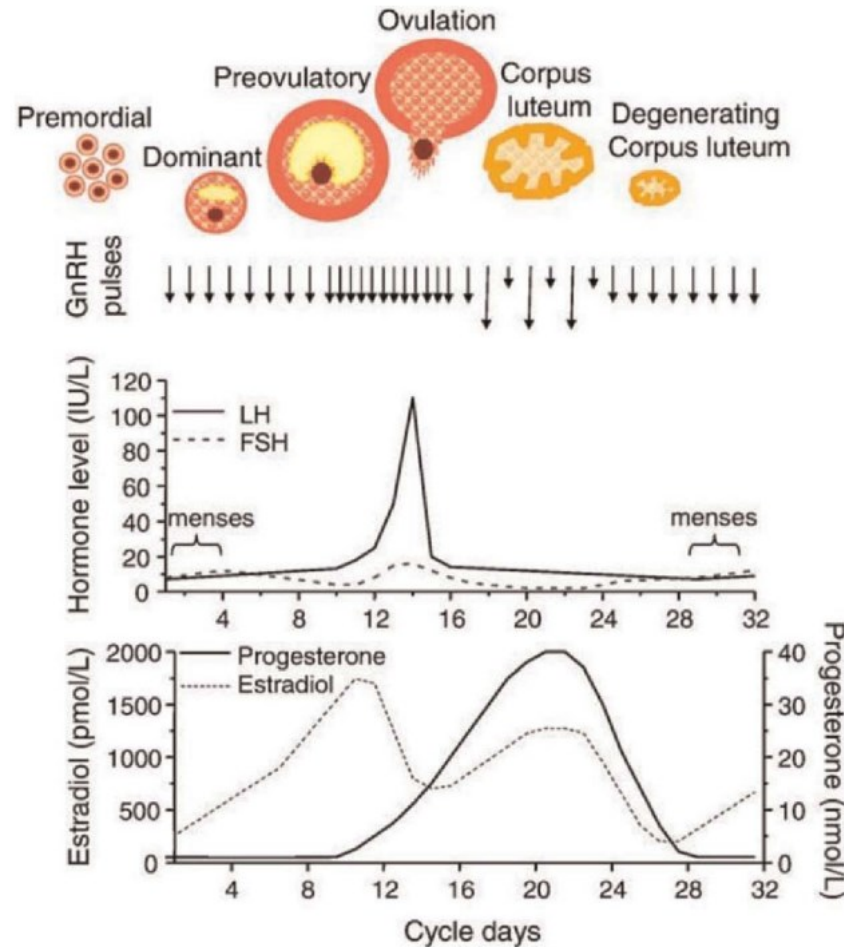


Figure 10: Diagram of the hormonal levels across the menstrual cycle. FSH, follicular-stimulating hormone. LH, luteinizing hormone. Adapted from Sims et al. (255).

The primary cause for the large sex difference in athletic performance is exposure to high levels of endogenous testosterone in boys at the onset of puberty (~12 yr) that will rise 30-fold in males but remains low in females. Females, on the other hand, experience the menstrual cycle and monthly fluctuations in endogenous hormones including estradiol, which is important in maintenance of bone mass, skeletal muscle, and tendon protein metabolism. However, estradiol does not have the same anabolic effects as testosterone, which dictates the large sex differences in performance.



...anyway, it's all about Testosterone

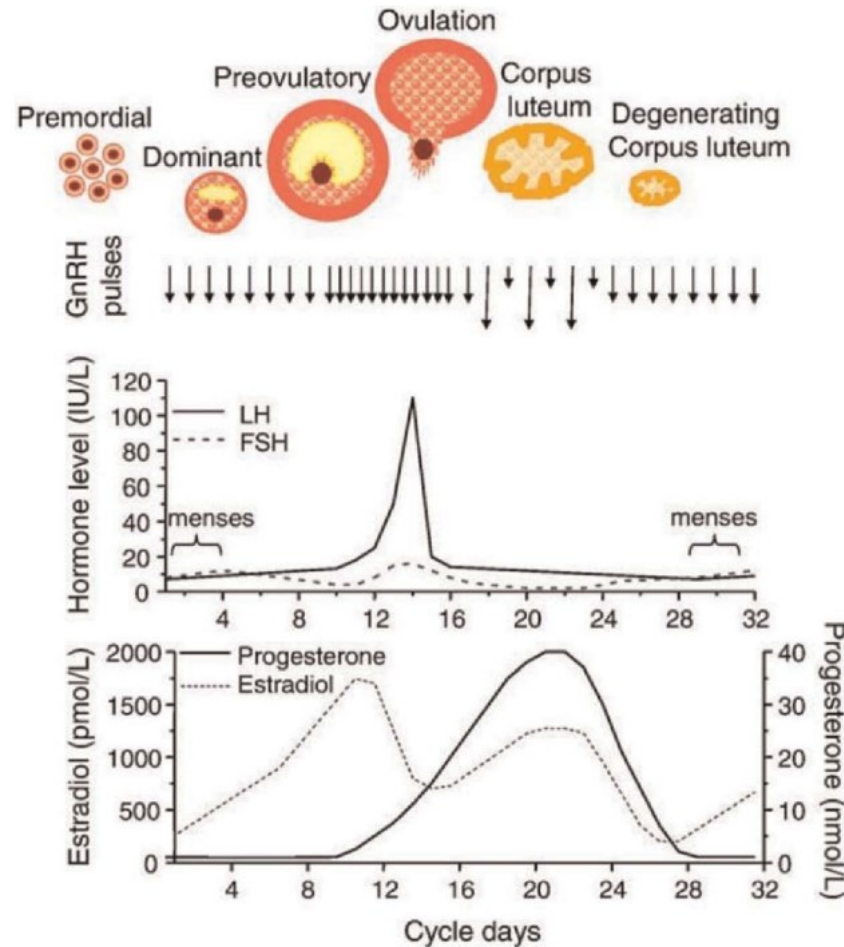


Figure 10: Diagram of the hormonal levels across the menstrual cycle. FSH, follicular-stimulating hormone. LH, luteinizing hormone. Adapted from Sims et al. (255).

To achieve the exercise-induced skeletal muscle hypertrophy, muscle cells recruit nuclei from helper satellite cells to increase protein synthesis and thus muscle fiber hypertrophy (326). Even after a detraining period, the number of nuclei acquired during the training process remains stable and will boost further episodes of protein synthesis, and muscle growth should training be resumed. This concept represents the so-called muscle memory (327). Because testosterone is known to stimulate satellite cell proliferation as well as the number of nuclei in males or in female muscles exposed to moderate levels of exogenous testosterone (320,326), longer-term testosterone exposure contributes to the sex gap in muscle physiology (328) through the muscle memory phenomenon.

Effekte der weiblichen Geschlechtshormone im Sport

ÖSTROGEN



- **anabol (Muskelwachstum)**
- Glykogenspeicherung (Leber, Muskel)
- günstige Fettwerte (schützt das Herz)
- fördert die Fettspeicherung und Wassereinlagerung im Körper
- macht gute LAUNE 😊
- Konzentration und Kognition

PROGESTERON

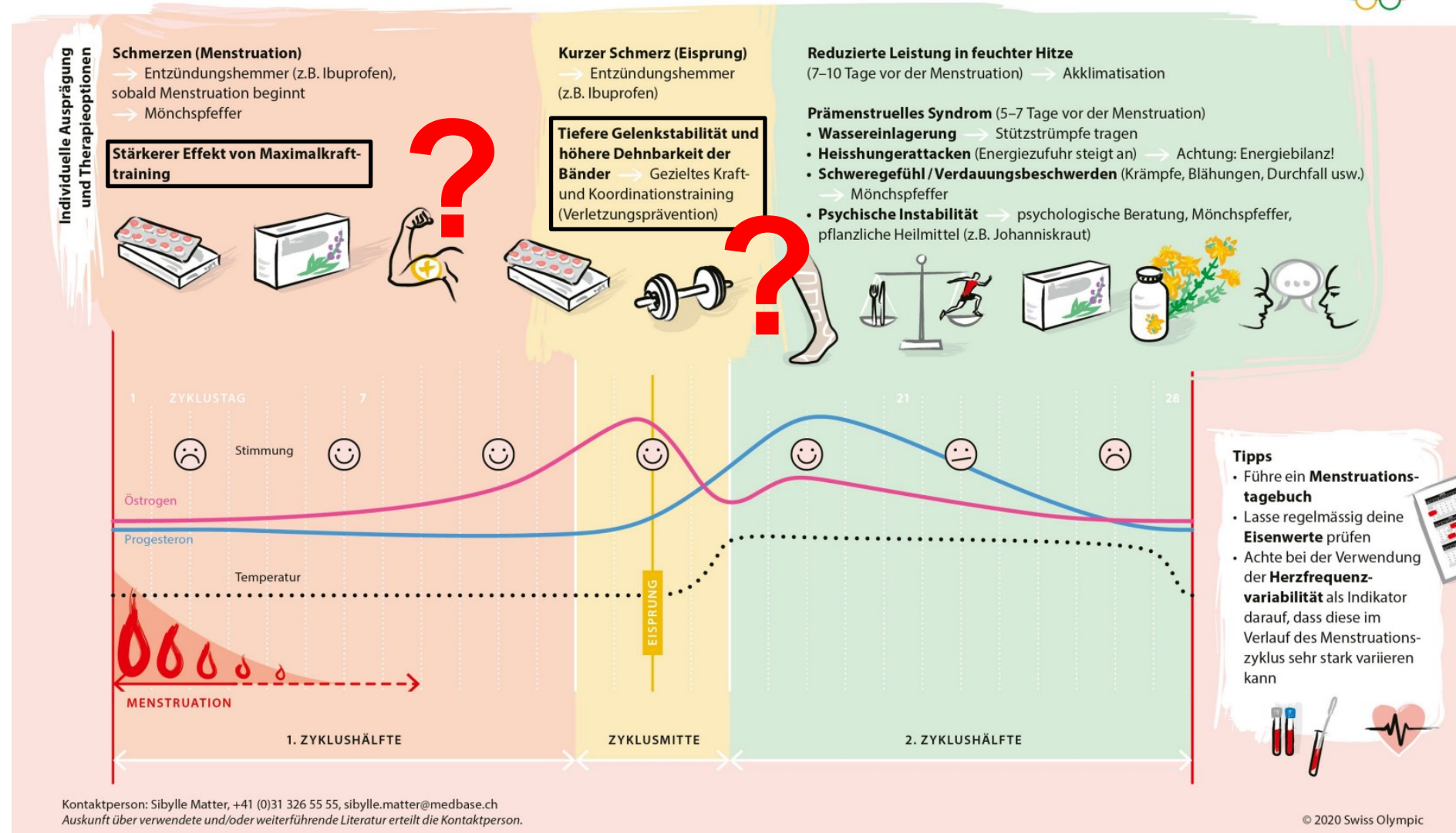


- **Katabol (Muskelabbau)**
- Erhöht Glykogenverbrauch
- Verbesserte Atmung / ↑ Ventilation
- Erhöhung der Körpertemperatur
- Vermehrte Wassereinlagerung



Welchen Einfluss hat der Menstruationszyklus auf mein Training?

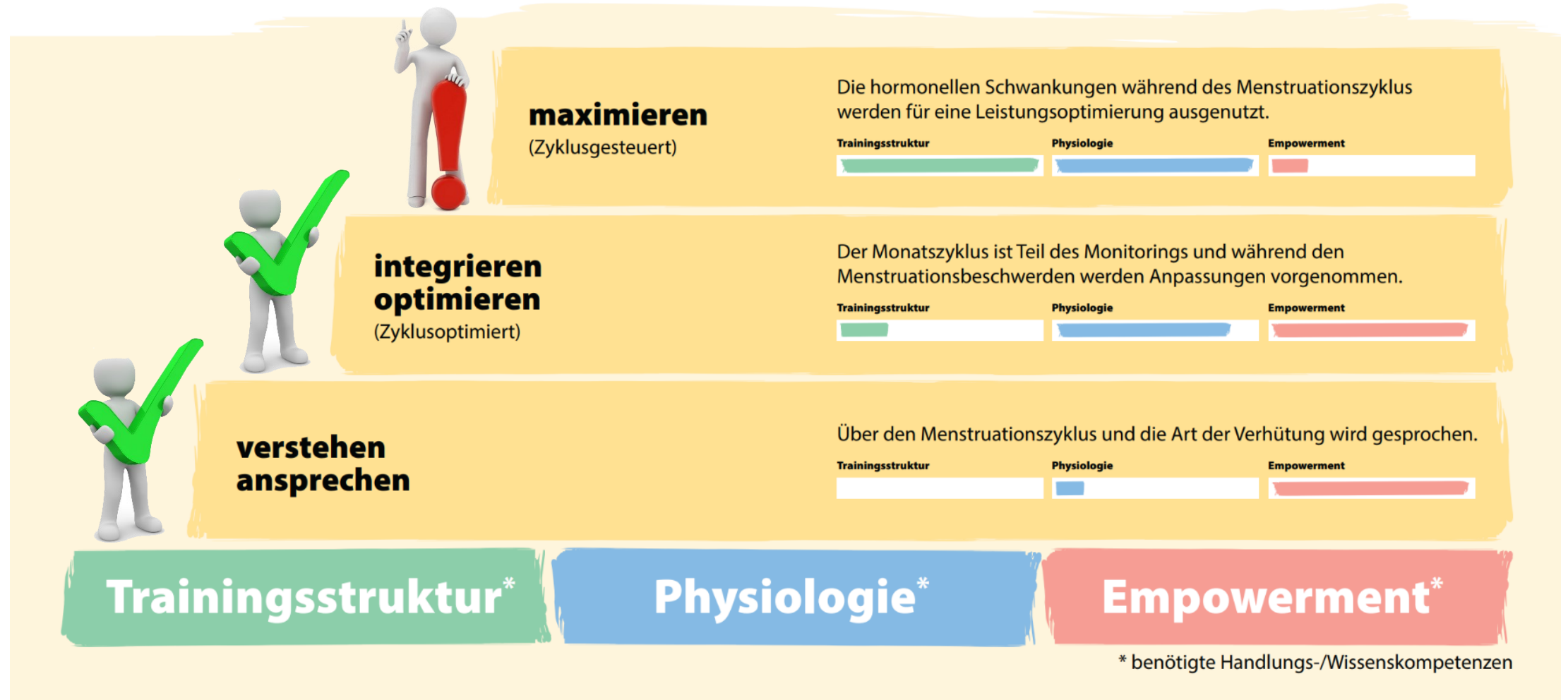
Sibylle Matter, Patrik Noack, Joëlle Flück





3-Stufen-Modell für Trainer*innen: Mit diesen Schritten kann der Zyklus ins Training integriert werden.

Adrian Rothenbühler | © 2023 Swiss Olympic





Review

Variations in strength-related measures during the menstrual cycle in eumenorrheic women: A systematic review and meta-analysis

Richard C. Blagrove ^a  , Georgie Bruinvels ^{b c}, Charles R. Pedlar ^{b c d}

- **Trotz Fluktuation** der Konzentrationen der zirkulierenden Östrogen- und Progesteron-level gibt es **keine Variabilität in kraftbezogenen Faktoren**.
- Folglich sind Frauen mit einem normalen und regelmässigen Zyklus **in Bezug auf Maximal- und Explosivkraftfähigkeiten in keiner Zyklusphase benachteiligt!**

Journal of Science & Medicine in Sports, 23(12), 2020



The Influence of Menstrual Cycle Phases on Maximal Strength Performance in Healthy Female Adults: A Systematic Review with Meta-Analysis

Marc Niering ¹, Nacera Wolf-Belala ¹, Johanna Seifert ^{1,2}, Ole Tovar ³, Jacqueline Coldewey ⁴, Jennifer Kuranda ⁵ and Thomas Muehlbauer ^{6,*}

- **Kleine bis mittlere Effekte** für erhöhte isometrische, isokinetisch und dynamische Maximalkraft in der **späten Follikel- und Ovaluationsphase**.
- Eine **erhöhte Feuerungsrate** der motorischen Einheiten sowie **erhöhte Östrogen- und Testosteronverfügbarkeit** können der Grund für die Effekte sein.



The Female Menstrual Cycles Effect on Strength and Power Parameters in High-Level Female Team Athletes

Marcus S. Dasa¹, Morten Kristoffersen², Elisabeth Ersvær³, Lars Peder Bovim⁴, Lise Bjørkhaug³, Rolf Moe-Nilssen¹, Jørn V. Sagen^{5,6} and Inger Haukenes^{1,7*}

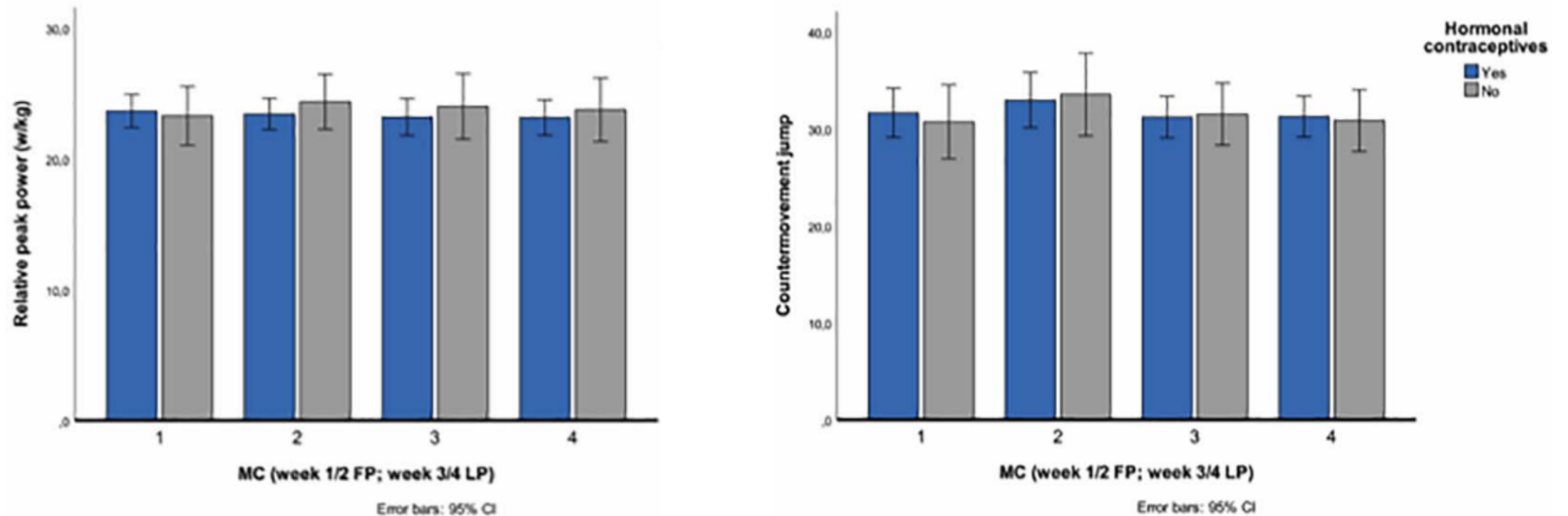


FIGURE 2 | Mean values through the menstrual cycle with 95% confidence intervals for (A) maximal voluntary grip strength, (B) 20-m sprint, (C) leg press, and (D) countermovement jump. Week 1–4 (week 1/2 FP; week 3/4 LP) are based on serum hormonal levels.

Frontiers in Physiology, 12, 2021



Review

Effects of the Menstrual Cycle and Hormonal Contraceptive Use on Metabolic Outcomes, Strength Performance, and Recovery: A Narrative Review

Hannah E. Cabre ^{1,*}, Lacey M. Gould ², Leanne M. Redman ¹ and Abbie E. Smith-Ryan ³

- Grundsätzlich **kein Unterschied** zwischen natürlichem Zyklus und Einnahme von Kontrazeptiva in Bezug auf **Parameter der Kraft und Muskelmasse**.
- **Inter-individuelle Unterschiede** sollten aber unbedingt **berücksichtigt werden**.



Muscle Performance during the Menstrual Cycle Correlates with Psychological Well-Being, but Not Fluctuations in Sex Hormones

TINE VRIST DAM¹, LINE BARNER DALGAARD¹, VASSILIS SEVDALIS¹, BO MARTIN BIBBY²,
XANNE JANSE DE JONGE³, CLAUS H. GRAVHOLT^{4,5}, and METTE HANSEN¹

- **Menstruationsbedingt psychologisches und physisches Wohlbefinden** hat einen kleinen, aber **signifikant negativen Einfluss** auf die **Leistungsfähigkeit** in der späten Luteal- und frühen Follikelphase, **nicht aber die hormonellen Fluktuationen**.
- Frauen die **Kontrazeptiva (Pille)** nehmen, zeigen ein **stabileres psychologisches und physisches Wohlbefinden** und erfahren dadurch **keine Beeinflussung der Leistungsfähigkeit**.



Menstrual cycle phase does not influence muscle protein synthesis or whole-body myofibrillar proteolysis in response to resistance exercise

Lauren M. Colenso-Semple¹, James McKendry^{1,2} , Changhyun Lim^{1,3} , Philip J. Atherton^{4,5} , Daniel J. Wilkinson⁴, K. Smith⁴  and Stuart M. Phillips^{1,6} 

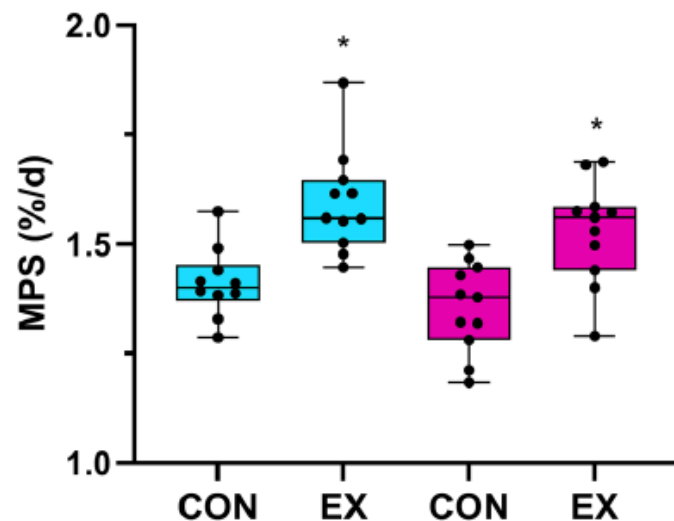


Figure 4. Integrated muscle protein synthesis in follicular and luteal phases

There was no significant effect of menstrual cycle phase or interaction between phases and conditions (EX vs. CON; all $P > 0.4$).

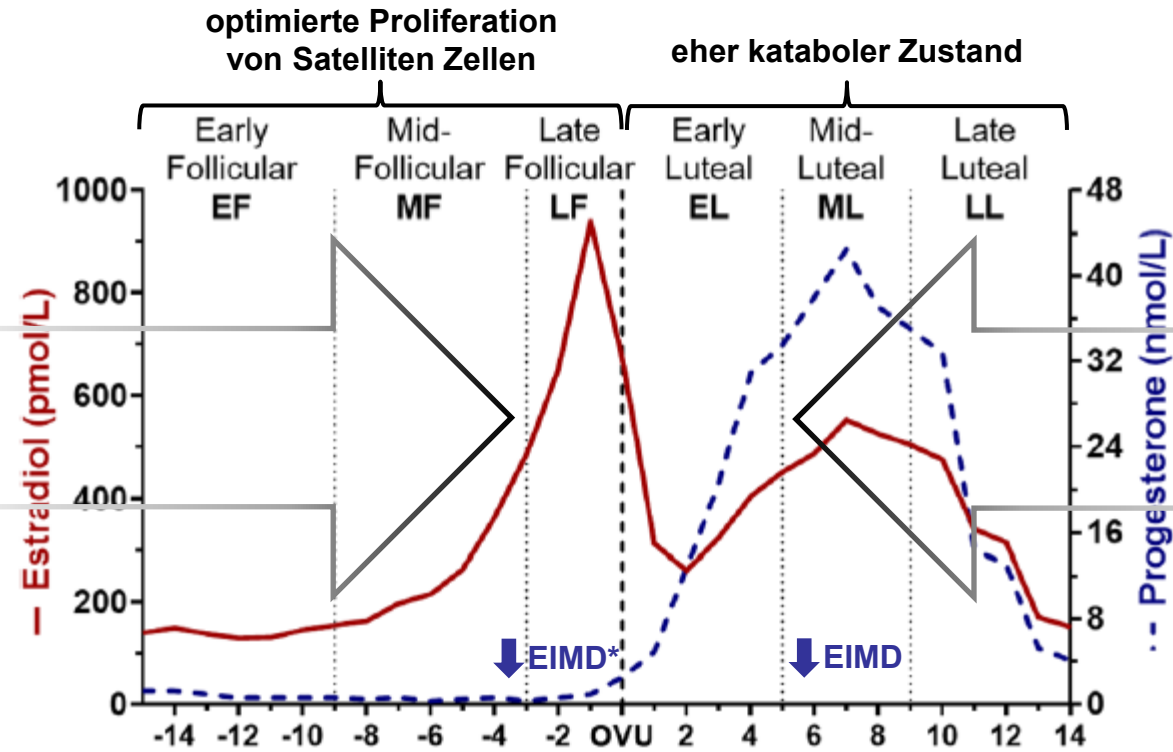
*Significant difference (main effect) between EX and CON ($P < 0.001$).

- **Hormonelle Fluktuationen nehmen keinen Einfluss auf die Muskelproteinsynthese.**
- **Zyklusphasenbasiertes Hypertrophietraining scheint keine vorteilhafte anabole Wirkung zu haben.**



Molekulare Mechanismen des Menstruationszyklus

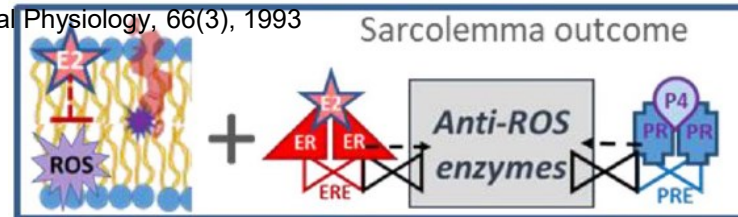
Hypertrophietraining
mit dem Ziel nachhaltig,
anabol wirkender
Reaktion !



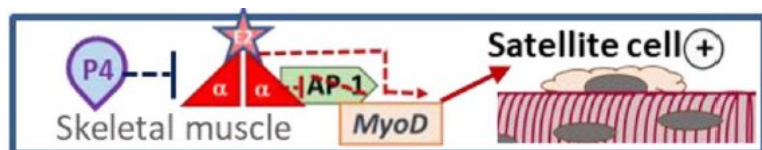
Hypertrophietraining
mit dem Ziel **anti-katabol** wirkender
Reaktion !

and Occupational Physiology, 66(3), 1993

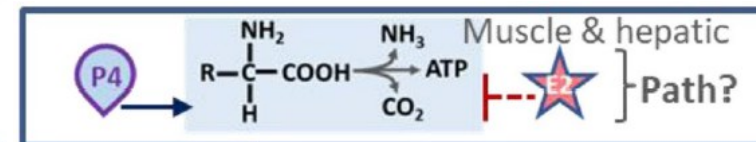
Sarcolemma outcome



↓ Exercise-induced
muscle damage
ML (or LF) vs EF



↑ Muscle strength
gain in FP vs LP



↑ Protein catabolism
LP vs FP

*Exercise induced Muscle Damage

adaptiert nach Osthuysse, Strauss, & Hackney, European Journal of Applied Physiology, 123(3), 2023



Biological Sex Differences in Absolute and Relative Changes in Muscle Size following Resistance Training in Healthy Adults: A Systematic Review with Meta-Analysis

Martin C. Refalo¹, Greg Nuckols², Andrew Galpin³, Iain Gallagher⁴, D. Lee Hamilton¹, Jackson Fyfe¹

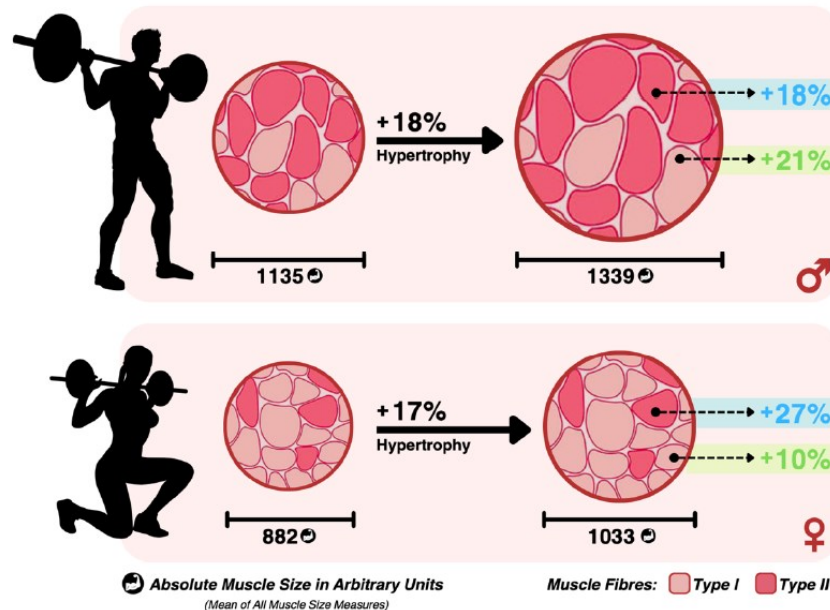


Figure 6. Graphical overview of absolute and relative changes in muscle size (including muscle fibre cross sectional area) following resistance training for males and females. To depict changes in absolute muscle size, the mean value of all muscle size outcomes (independent of the units of measurement) was calculated and described as “absolute muscle size in arbitrary units”.

- **Frauen haben das gleiche relative Muskelzuwachspotenzial wie Männer**
- Es gibt Hinweise auf eine geschlechtsspezifische Muskelfasertypenhypertrophie

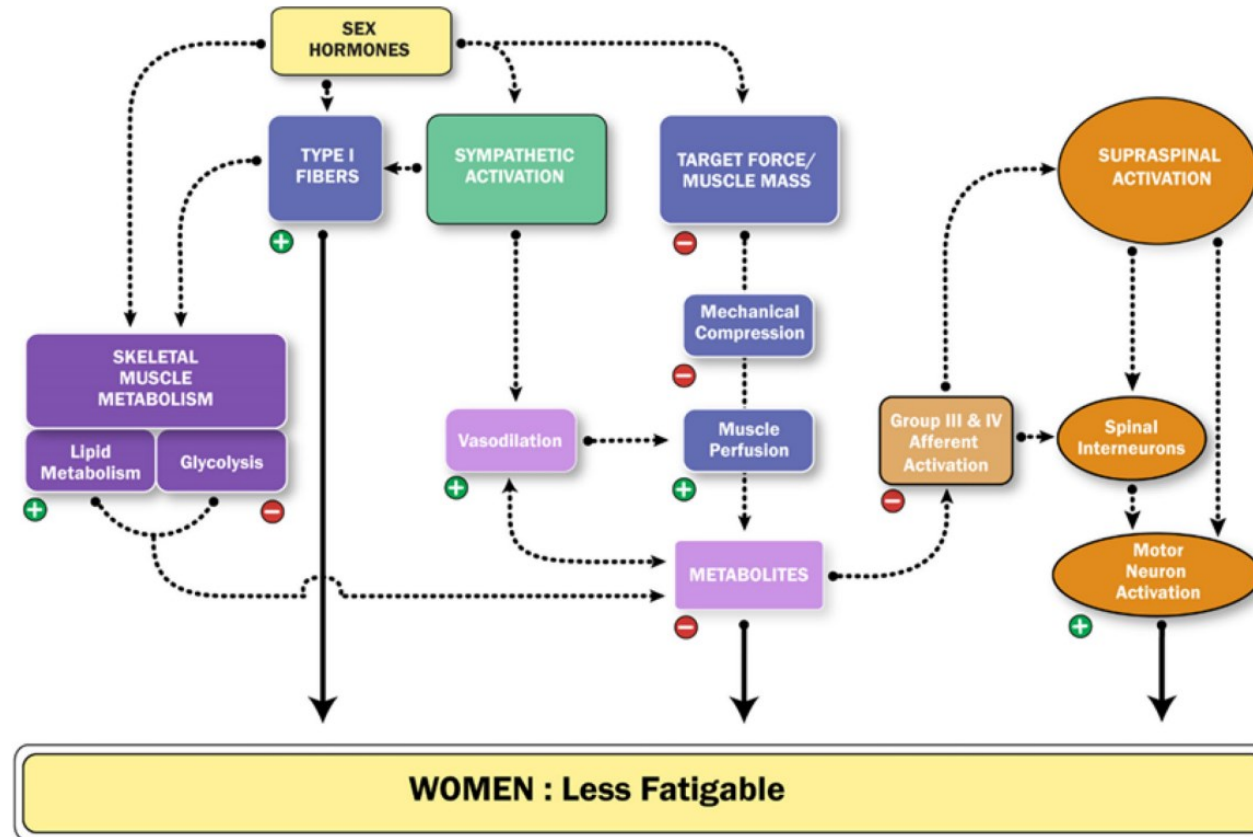
➤ Hypothese:

Durch die bessere Erholungsfähigkeit bleibt die Muskelfaserrekrutierung bei Frauen kurz- wie mittelfristig höher



Sex Differences in Human Fatigability: Mechanisms and Insight to Physiological Responses

Sandra K. Hunter, PhD



— Less in women than in men
+ Greater in women than in men

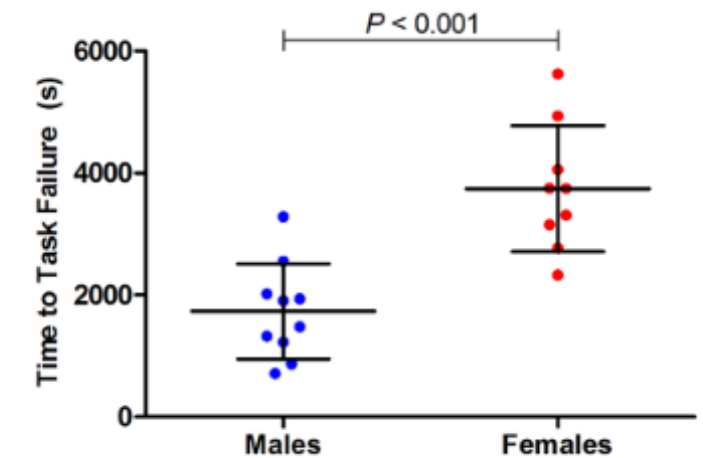
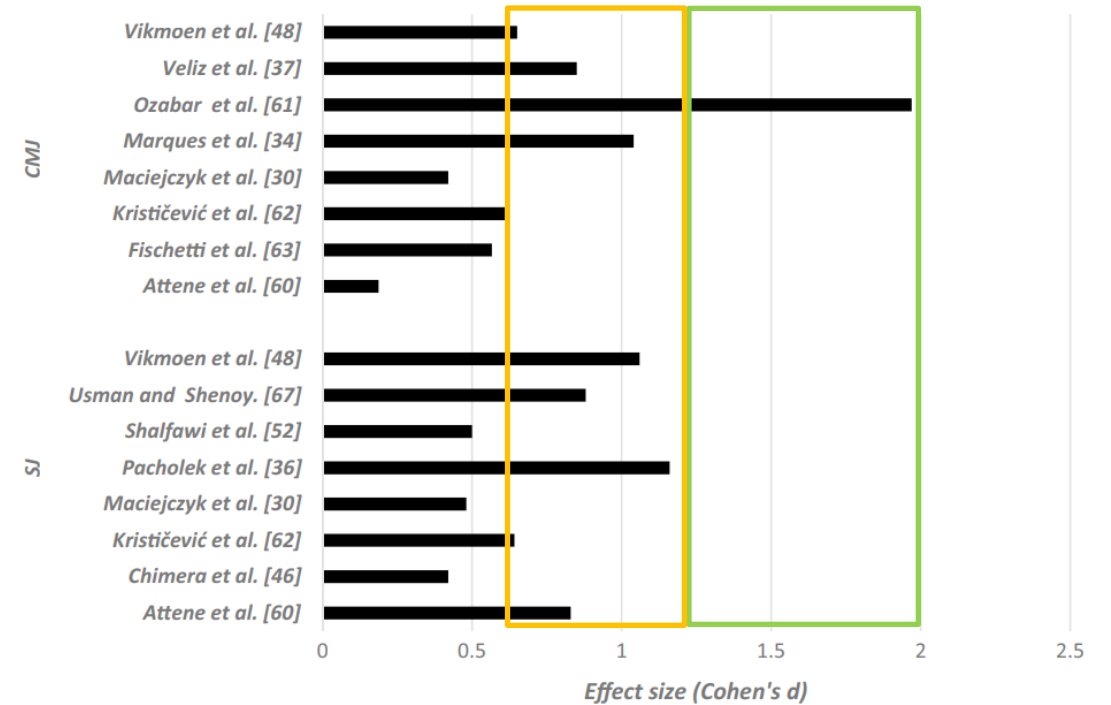
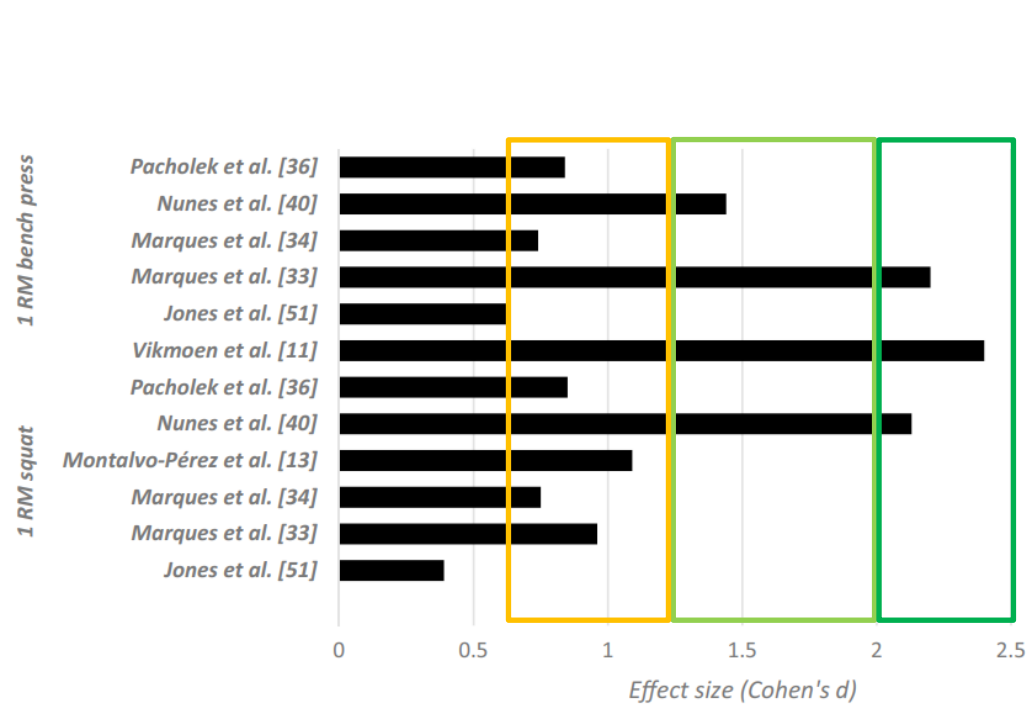


Figure 3. Time to task failure during intermittent, isometric knee extensor exercise at 110% of critical intensity. Individual participants are represented as the dots, and group mean and standard deviations are illustrated by the horizontal bars. [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]



The Effects of Resistance Training on Muscular Fitness, Muscle Morphology, and Body Composition in Elite Female Athletes: A Systematic Review

Amira Zouita¹ · Manel Darragi¹ · Mariem Bousselmi¹ · Zouita Sghaier² · Cain C. T. Clark³ · Anthony C. Hackney⁴ · Urs Granacher⁵  · Hassane Zouhal⁶ 





Die Wirkung von Krafttraining bei Frauen

- **Krafttraining** führt bei Athletinnen zu signifikanten **Zunahmen der Maximal- und Schnellkraft sowie der Muskelmasse**
- Die **Anpassungen** erfolgen in erster Linie auf Grund **effizienterer Rekrutierung motorischer Einheiten** und **erhöhter Feuerungsrate**
 - dabei verhält sich der sogenannte «Neural Drive» bei den Frauen genau gleich wie bei den Männern
- Bei höheren Bewegungsgeschwindigkeiten scheinen neuromuskuläre Leistungsunterschiede im Vergleich zu den Männern grösser auszufallen
- Div. **Krafttrainingsformen** scheinen, akut und teilweise auch chronisch zu **hormonellen Veränderungen** zu führen, die insbesondere anabol wirkende Signalreaktionen regulieren !!!

Tenan et al., 2013
Nieto-Acevedo et al., 2023
Zouita et al. 2023



Effects of follicular versus luteal phase-based strength training in young women

Eunsook Sung^{1,4}, Ahreum Han¹, Timo Hinrichs^{1,5}, Matthias Vorgerd², Carmen Manchado³ and Petra Platen^{1*}

Table 1 Study scheme and periodization of the strength training program of the follicular phase-based (FT) and the luteal phase-based training (LT) of the respective leg

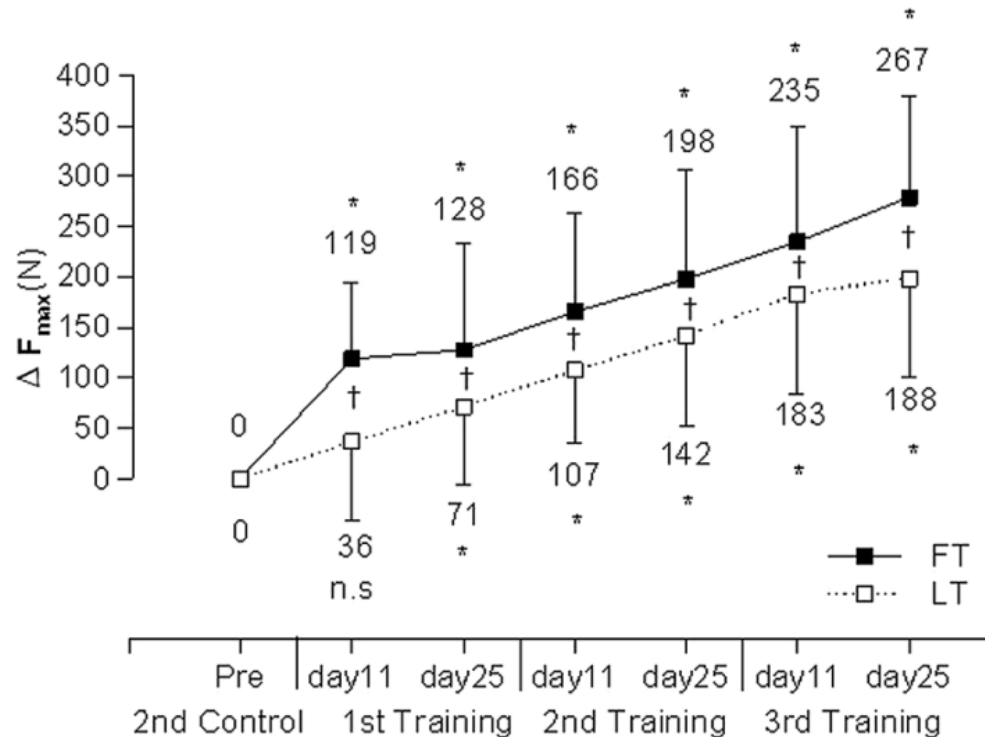
Pre training		3 training cycles						Post training
		1		2		3		
Hormones, Mdm, F_{max} , muscle biopsy	Training program	FP	LP	FP	LP	FP	LP	Hormones, Mdm, muscle biopsy
	FT	xxxxxxxx	xx	xxxxxxxx	xx	xxxxxxxx	xx	
	LT	xx	xxxxxxxx	xx	xxxxxxxx	xx	xxxxxxxx	
		F_{max}	F_{max}	F_{max}	F_{max}	F_{max}	F_{max}	

FP: follicular phase, LP: luteal phase, FT: follicular phase-based training, LT: luteal phase-based training, Mdm: muscle diameter, F_{max} : isometric maximal force of leg extension, x: one single training session.



Effects of follicular versus luteal phase-based strength training in young women

Eunsook Sung^{1,4}, Ahreum Han¹, Timo Hinrichs^{1,5}, Matthias Vorgerd², Carmen Machado³ and Petra Platen^{1*}



- Das sogenannte **Nuceli-to-Fiber Ratio** hat sich in der FT Gruppe **signifikant gesteigert** !

Taken together, although spoken with caution to not over-interpret data, our results underpin a possible role of hormonal alterations, both of testosterone and estrogens, throughout the menstrual cycle in the process of satellite-cell incorporation-induced muscle hypertrophy.

Figure 2 Increase in Fmax compared to the pre-training value during follicular phase-based (FT) or luteal phase-based (LT) strength training (N=18); Pre: before training, Control: control cycle, Training: training cycle, Day 11: analysis around day 11; Day 25: analysis around day 25; n.s.: not significant; *: P < 0.05 compared to pre training, †: P < 0.05 FT vs. LT.



Effect of Menstrual Cycle on Muscle Strength

Patrick Rodrigues^{1,2,3}, Marilia de Azevedo Correia¹, Lee Wharton²

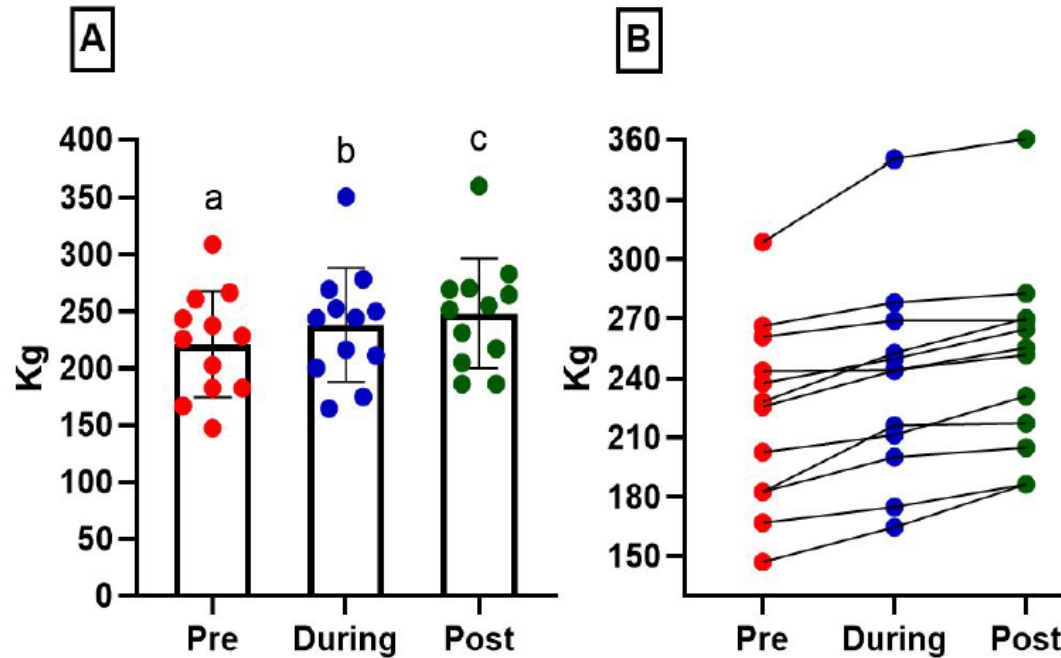
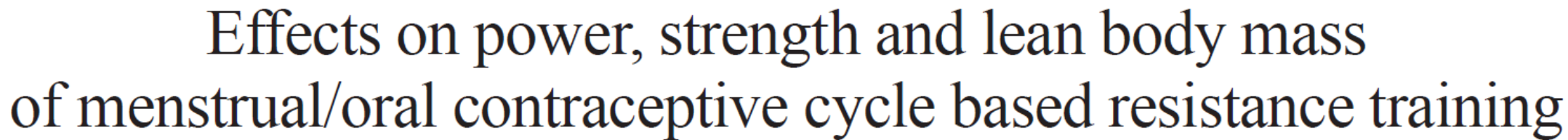


Figure 1. Maximal Voluntary Contraction during Different Periods of the Menstruation Cycle. (A) Individual values and mean $\pm$ standard deviation. (B) Time-course of changes in muscle strength capacity, in individual values, through the different periods of the menstruation cycle. **Pre** = Pre-Menstruation Period; **During** = Menstruation Period (Bleeding); **Post** = Post-Menstruation Period. Different letters denotes statistical differences between different periods of menstruation cycle by Repeated-Measure ANOVA ($P < 0.05$).

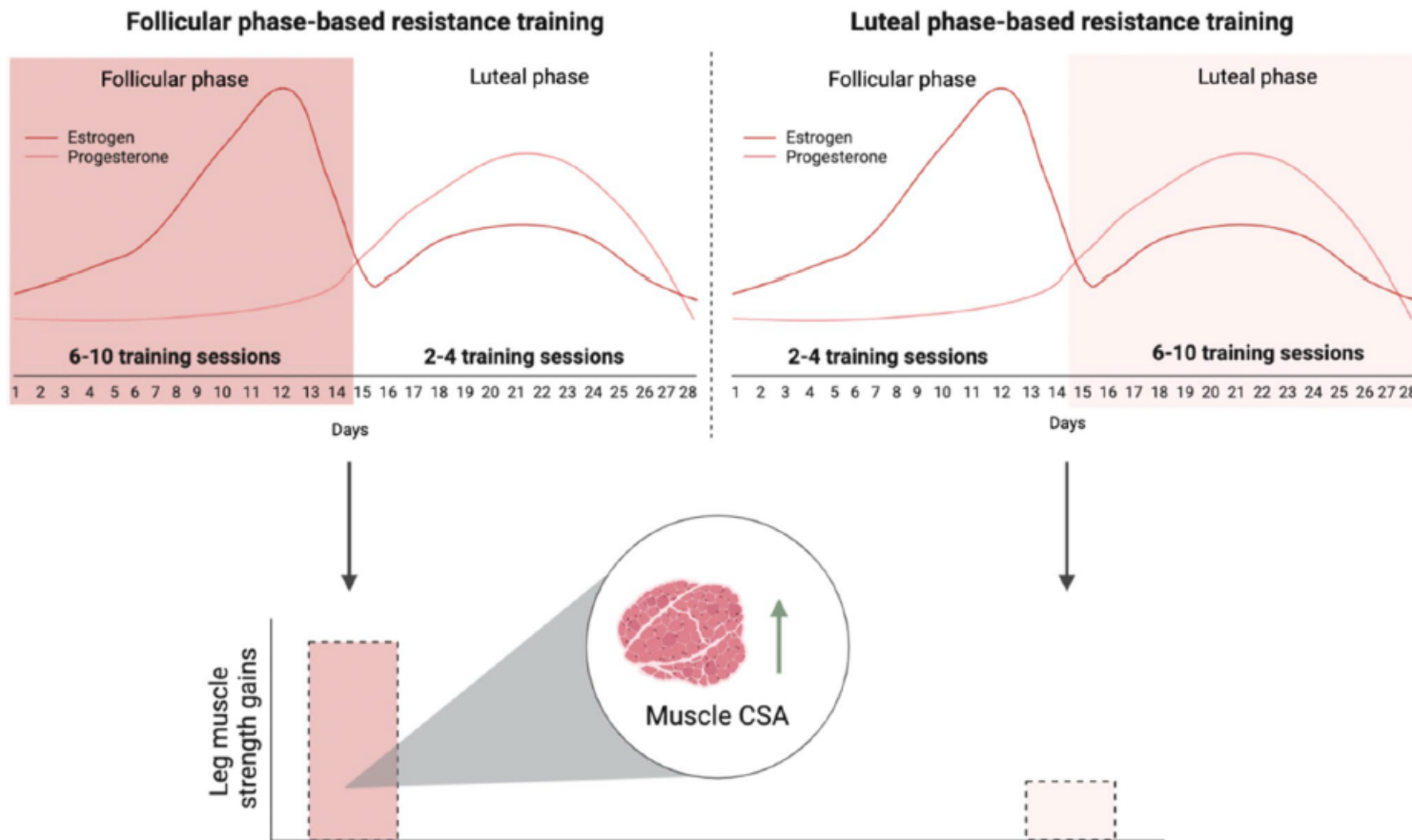
[illegible]

Here we have provided evidence that high frequency periodized leg resistance training during the first two weeks of the menstrual/OC cycle was more beneficial in terms of power gain, strength gain and increased leg LBM compared to high frequency resistance training during the last two weeks. Regular training 3 times per week significantly increased jump height and PT of the knee flexors of the left leg (PThl), but no increase in leg LBM, which likely reflects that low frequency resistance training regularly during the menstrual/OC cycles are beneficial to achieve strength and power but not to increase muscle mass. Hence it is of importance when designing periodized resistance training programs to allow female athletes to modify their resistance training individually in relation to their menstrual/OC cycle.



Effects of Follicular and Luteal Phase-Based Menstrual Cycle Resistance Training on Muscle Strength and Mass

Julie Kissow¹ · Kamine J. Jacobsen¹ · Thomas P. Gunnarsson¹ · Søren Jessen¹ · Morten Hostrup¹ 



Key Points

Fluctuations in female sex hormones during the menstrual cycle may affect exercise training response in females.

Estrogen has an anabolic effect on skeletal muscle and may regulate the skeletal muscle hypertrophic response during resistance training.

Follicular phase-based resistance training may be superior to luteal phase-based resistance training in terms of enhancing muscle strength and mass, but this warrants further studies.



Changes in muscle strength, relaxation rate and fatiguability during the human menstrual cycle

R. Sarwar, B. Beltran Niclos and O. M. Rutherford *

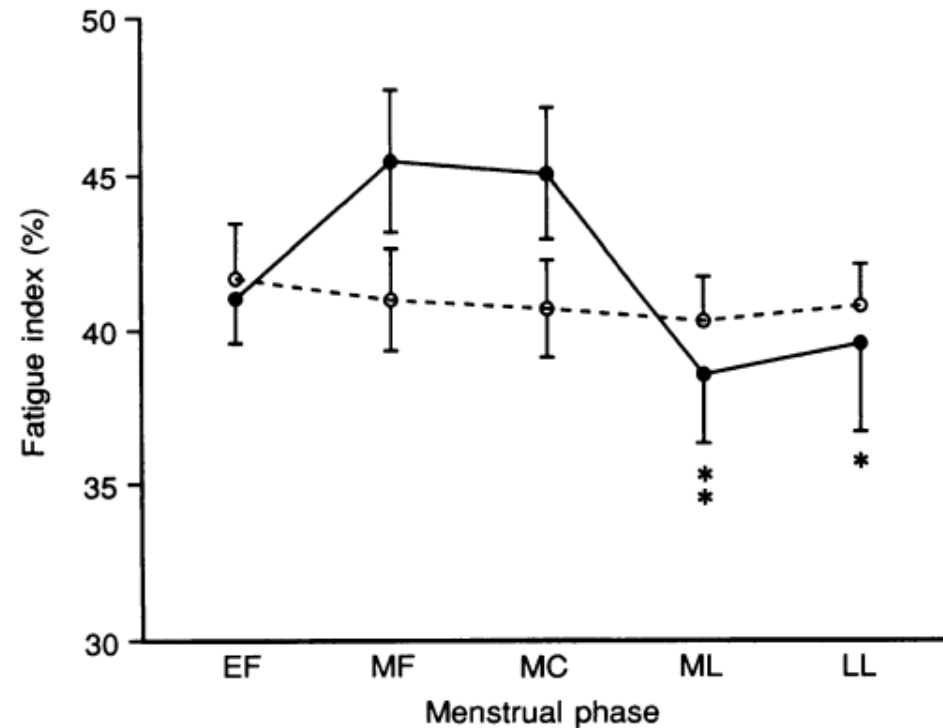


Figure 3. Quadriceps fatigue index during the different phases of the cycle

●, non-pill group; ○, OC group. Significant difference from MC:
* $P < 0.005$, ** $P < 0.001$.



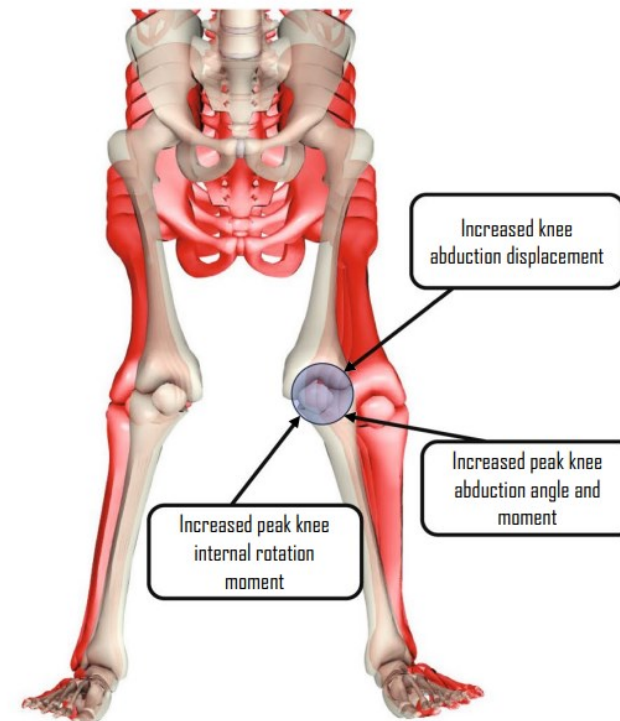
Differences in Biomechanical Determinants of ACL Injury Risk in Change of Direction Tasks Between Males and Females: A Systematic Review and Meta-Analysis

Thomas A. Donelon^{1*}, Jamie Edwards¹, Mathew Brown¹, Paul A. Jones², Jamie O'Driscoll¹ and Thomas Dos'Santos³

Conclusion

This systematic review and meta-analysis revealed no differences between males and females in multiplanar KJLs despite apparent differences between males and females in COD kinematics. Further research is required to identify if this translates to similar injury risk, considering morphological differences in strain characteristics between males and females. Females exhibit increased knee abduction and limited hip and knee flexion compared to males, whereas males display increased hip abduction and internal rotation. Considering the reported difference in knee abduction and flexion in CODs, there is a need to focus on this movement pattern during COD technique modification programmes in females. All of the included studies included healthy males and females, predominantly of a collegiate or recreational background, therefore further research is required in ACL deficient and elite populations with considerations for socioeconomic factors, skill training history and strength levels.

KJL = Knee Joint Load



Ramachandran et al., 2024
Sports Medicine open, 10(1), 2024



Biomechanische Unterschiede und Einflussfaktoren

Frauen haben:

- ein **weniger festes Bindegewebe** und sind dadurch **beweglicher** als Männer
- eine im **Verlauf des Zyklus** variierende **Gelenkbeweglichkeit**
- kleinere und „lockerere“ Kreuzbänder sowie eine **grössere anteriore Kniebeweglichkeit**
- ein **erhöhtes Quadrizepsloading** und eine **verstärkte Valgus Position** bei Landungen
- **kürzere Gelenkshebel** als Männer
- einen **grösseren Q-Winkel im Beckenbereich**



Ford et al., 2015
Hunter et al. 2023
Shultz & Fegley in Hackney, 2023



Biomechanische Einflussfaktoren

Ab dem Alter von **12-13 Jahren** haben Frauen ein **erhöhtes VKB-Verletzungsrisiko !**

Gründe dafür sind:

- hormonell Veränderung → schwer beeinflussbar
- Körperzusammensetzung → teilweise beeinflussbar
- **fehlende Kraft der unteren Extremitäten** → sehr gut beeinflussbar
- **übermässige Gelenkbeweglichkeit** → sehr gut beeinflussbar
- **reduzierte Hüft- und Kniekontrolle** → sehr gut beeinflussbar



Shultz & Fegley in Hackney, 2023



Dynamic Valgus Alignment and Functional Strength in Males and Females During Maturation

Randy J. Schmitz, PhD, ATC; Sandra J. Shultz, PhD, ATC, FNATA, FACSM;
Anh-Dung Nguyen, PhD, ATC

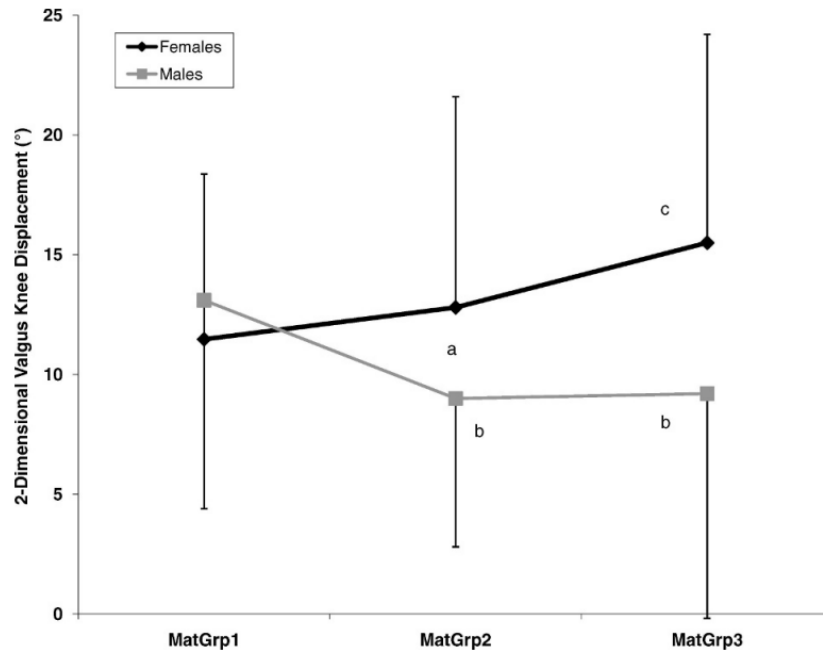


Figure 1. Two-dimensional valgus knee displacement. An interaction of sex and MatGrp is demonstrated ($P = .003$). ^a Males in MatGrp2 and MatGrp3 < females in MatGrp2 and MatGrp3; ^b males in MatGrp2 and MatGrp3 < males in MatGrp1; ^c females in MatGrp3 > females in MatGrp1. MatGrp indicates maturational group; MatGrp 1, Tanner stages 1 and 2; MatGrp2, Tanner stages 3 and 4; MatGrp3, Tanner stage 5.

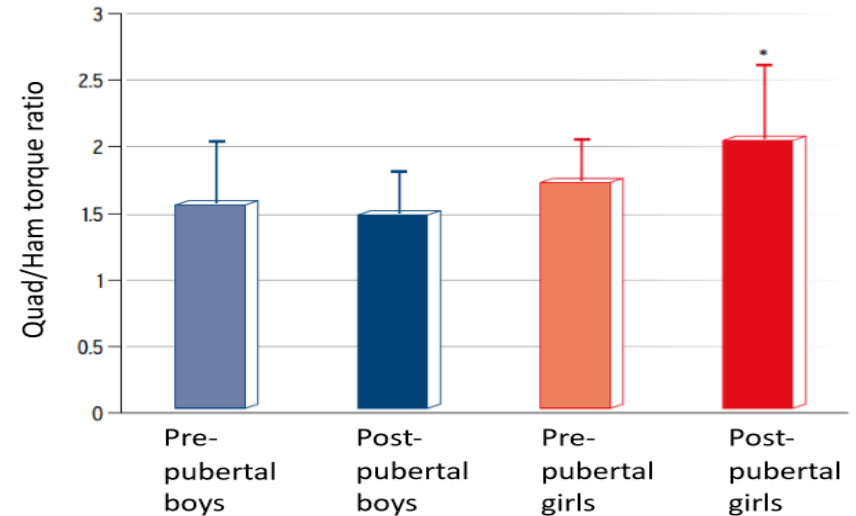


Figure 4.3. Torque ratio between quadriceps and hamstrings based on sex and maturation stage (3). * indicates a significant difference compared to the previous values.



Insufficient Hamstring Strength Compromises Landing Technique in Adolescent Girls

CATHERINE Y. WILD¹, JULIE R. STEELE¹, and BRIDGET J. MUNRO^{1,2}

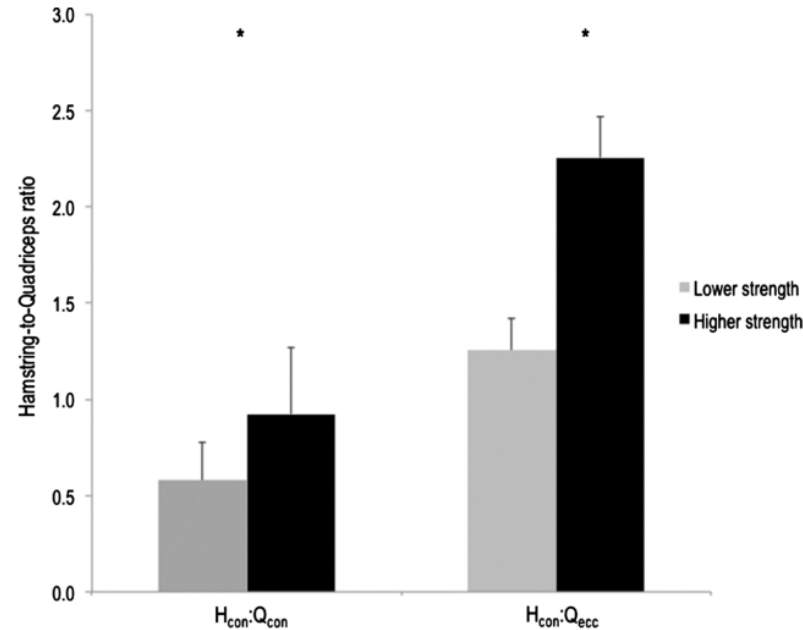


FIGURE 3—Mean $\pm$ SD for the hamstring-to-quadriceps ratios, including peak concentric ($H_{con}:Q_{con}$) and functional (corresponding to knee angles during landing; $H_{con}:Q_{ecc}$) ratios for the lower and higher concentric hamstring strength groups. *Significant between-group difference at $P \leq 0.05$.



In summary, girls with reduced hamstring strength appear to have a decreased capacity to control lower limb frontal plane alignment. This reduced capacity appears to contribute to the increased ACL loading and, in turn, increased potential for injury.



Maturation Leads to Gender Differences in Landing Force and Vertical Jump Performance

A Longitudinal Study

Carmen E. Quatman,^{*†} Kevin R. Ford,^{* MS}, Gregory D. Myer,^{* MS, CSCS}, and Timothy E. Hewett,^{*†‡§ PhD}

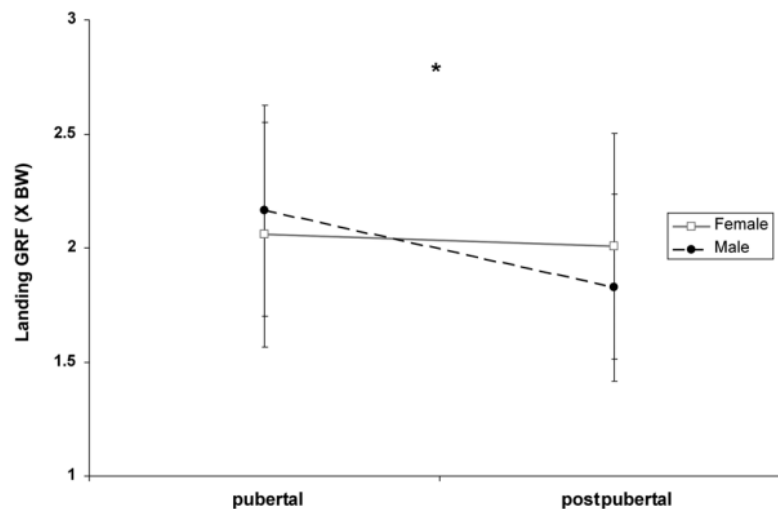


Figure 4. Comparison of maximum landing vertical ground-reaction force between boys and girls for year 1 (pubertal) and year 2 (postpubertal). Dominant and nondominant sides averaged; no differences between sides. *Significant pubertal stage $\times$ gender interaction, $P = .046$. Depicted values are mean $\pm$ 1 standard deviation.

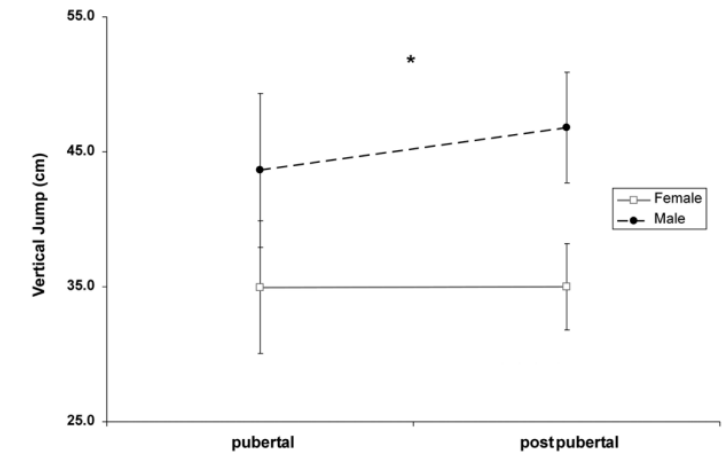


Figure 3. Comparison of maximum vertical jump height between boys and girls for year 1 (pubertal) and year 2 (postpubertal). *Significant pubertal stage $\times$ gender interaction, $P = .018$. Depicted values are mean $\pm$ 1 standard deviation.

- **Eingeschränkte Entwicklung der stabilisierenden Muskulatur**
→ Muskelmasse und Kraft
- **Eingeschränkte Entwicklung der neuromuskulären Kontrolle**
→ Kraft und Technik

American Journal of Sports Medicine, 34(5), 2006



Influence of Lean Body Mass and Strength on Landing Energetics

MELISSA M. MONTGOMERY¹, SANDRA J. SHULTZ², RANDY J. SCHMITZ², LAURIE WIDEMAN²,
and ROBERT A. HENSON³

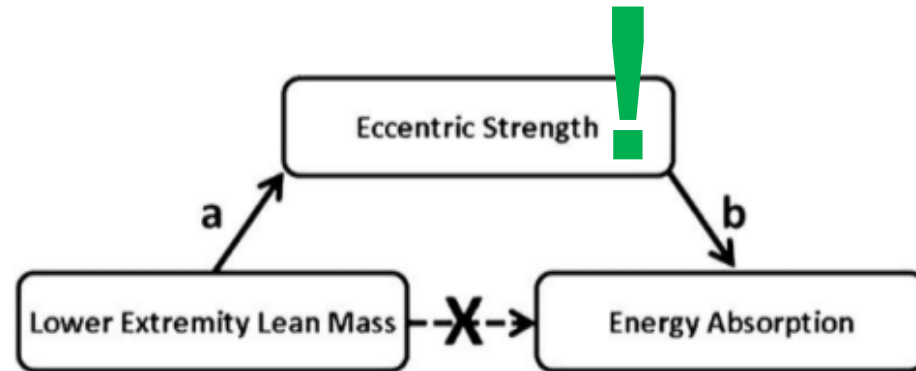


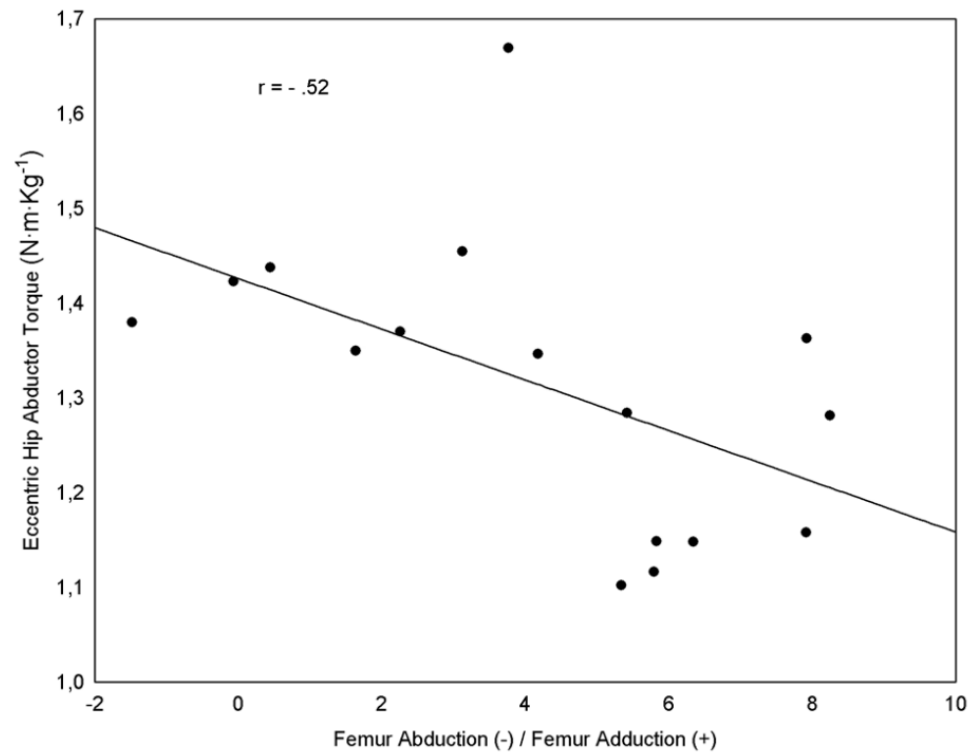
FIGURE 2. Total effect of LELM on EA: the extent to which LELM predicts EA (dashed line) and direct relationship between LELM and EA, mediated by strength (solid lines, A and B).

In summary, the current findings concur with previous literature, which has demonstrated significant relationships between strength and EA only in females. Although the source of these sex differences is unclear at this time, it seems that the underlying mechanisms that determine EA capabilities are different between males and females. As eccentric strength seemed to be an intermediary factor in the relationship between lean mass and lower extremity EA, the current results indicate that increasing the amount of eccentric strength (with or without an increase in lean mass) that a female possesses may be accompanied by an increase in EA capabilities, which may theoretically decrease her risk of ACL injury. As such, clinicians should consider evaluating LELM and strength as relevant factors in prevention and intervention strategies.



Relationship Between Eccentric Hip Torque and Lower-Limb Kinematics: Gender Differences

Rodrigo de Marche Baldon, Daniel Ferreira Moreira Lobato, Livia Pinheiro Carvalho, Paulo Roberto Pereira Santiago, Benedito Galvão Benze, and Fábio Viadanna Serrão



Although it was not the focus of the current study, the results suggest that training emphasizing the eccentric hip abduction and lateral rotation actions could contribute to maintenance of the lower-limb alignment during functional activities, mainly in women.

Figure 2 — Eccentric hip abductor isokinetic peak torque normalized according to body mass (N·m·kg⁻¹) versus femur abduction/adduction (degrees) during the single-leg squat in the female group.



An evidence-based review of hip-focused neuromuscular exercise interventions to address dynamic lower extremity valgus

Kevin R Ford¹

Anh-Dung Nguyen²

Steven L Dischiavi¹

Eric J Hegedus¹

Emma F Zuk²

Jeffrey B Taylor¹

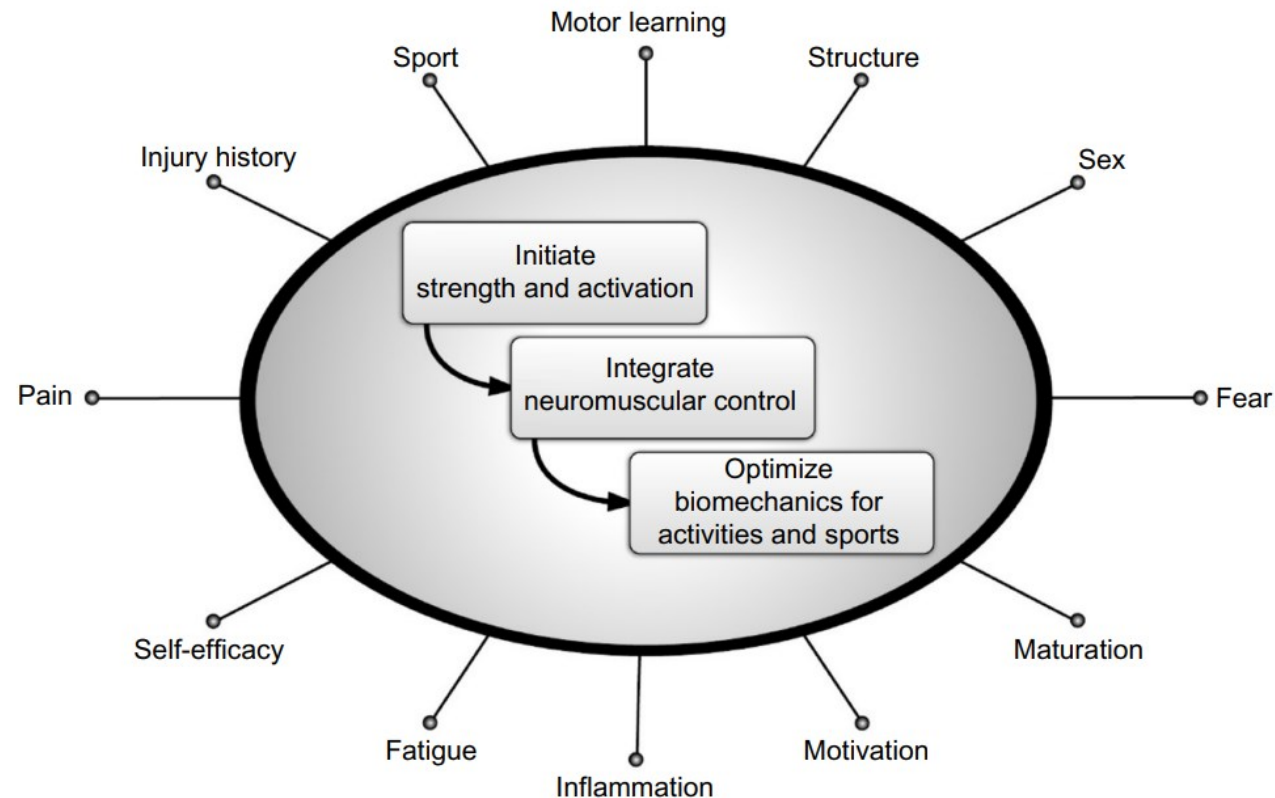


Figure 6 Theoretical framework for hip-focused neuromuscular exercises to modify dynamic lower extremity valgus.

Notes: Theoretical framework of the main steps to consider when initiating hip-focused neuromuscular exercises to modify dynamic lower extremity valgus. The spokes represent a non-exhaustive list of common factors that likely influence the relative success of a program.

Open access Journal of Sports Medicine, 6, 2015



An evidence-based review of hip-focused neuromuscular exercise interventions to address dynamic lower extremity valgus

Kevin R Ford¹
Anh-Dung Nguyen²
Steven L Dischiavi¹
Eric J Hegedus¹
Emma F Zuk²
Jeffrey B Taylor¹



Open access Journal of Sports Medicine, 6, 2015



Examining the Effects of Dynamic and Isometric Resistance Training on Knee Joint Kinetics During Unplanned Sidesteps in Elite Female Athletes

Daniel Kadlec,¹ Matthew J. Jordan,² Jacqueline Alderson,³ and Sophia Nimphius¹

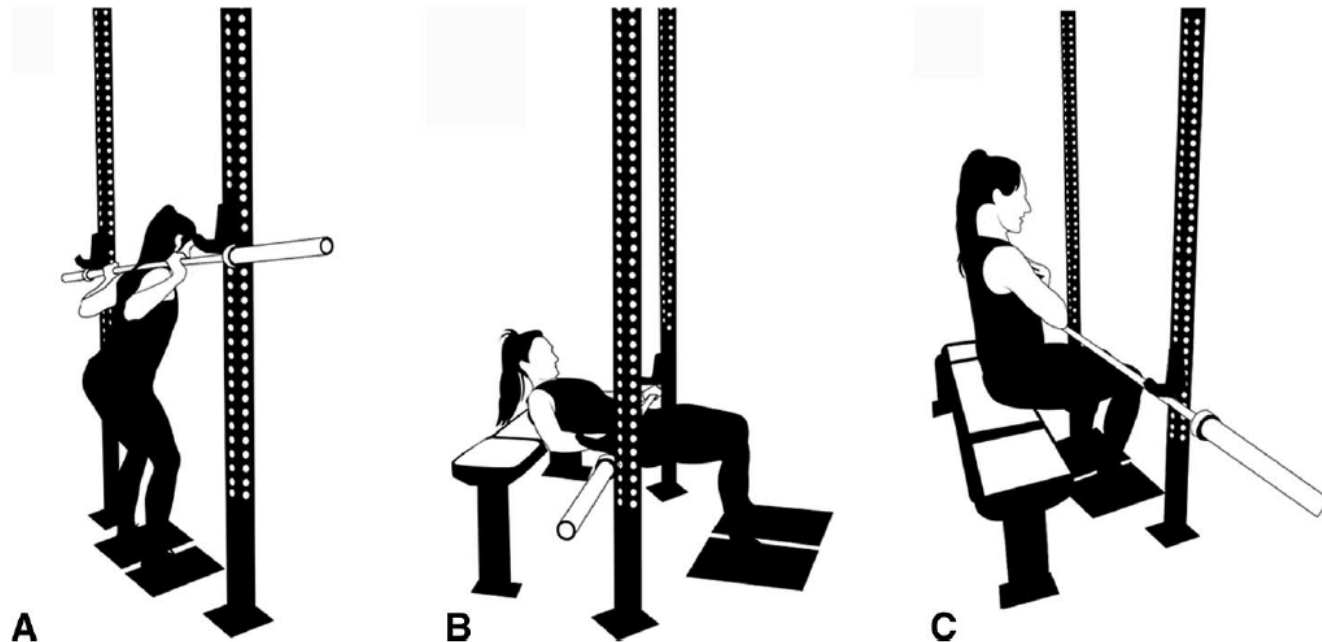


Figure 1. Visual representation of the (A) ISO_{SQUAT}, (B) ISO_{THRUST}, and (C) ISO_{CALF}.

Practical Applications

A 4-week individualized single-joint and multijoint lower limb resistance training intervention incorporating isometric or dynamic exercises significantly reduced knee joint kinetics associated with ACL injury risk during unplanned sidesteps in elite female athletes. These findings highlight the need for practitioners to recognize maximum strength as a modifiable risk factor, challenging the perspective that female athletes' increased injury risk is solely due to innate and nonmodifiable biological factors. As such, increasing lower body maximum strength may enable athletes to succeed despite being in potentially biomechanically compromised positions associated with ACL injury risk during high-impact activities. While no between-group changes in knee joint kinetics were found, we hypothesize that dynamic resistance training offers advantages in reducing ACL injury-associated mechanical joint demands in the long run. However, isometric resistance training may induce less fatigue than dynamic_{RT}, enabling its integration into training phases, focusing on skill development while maintaining the protective benefits of resistance training. This study highlights the benefits of increasing maximum strength with isometric and dynamic resistance training to reduce ACL injury risk factors among elite female athletes.



Trainingsprinzipien sind geschlechterlos

Es gilt progressiver Overload durch Steuerung von Intensität und Volumen

- Die Wirksamkeit von Krafttraining bei Frauen ist klar nachweisbar
- Der hormonelle Zustand kann durch intensives, andauerndes Krafttraining positiv beeinflusst werden
- Frauen brauchen **weniger Erholungszeit**, interseriell, aber auch zwischen einzelnen Trainingseinheiten, wobei Letzteres insbesondere in der Follikelphase wirksam zu sein scheint
- Den Zyklus zur Trainingssteuerung zu nutzen ist die Spitze des Eisbergs und kann ab einem gewissen Alter im Elite-Bereich bedingt Sinn machen

