



Frau und Sport

Genetische, anatomische und biomechanische Unterschiede und Probleme

**Dr. med. Tanja Hetling,
SwissSportClinic Bern Wankdorf**

Die Frauen-Fußball WM 2019 in Frankreich bekam so viel Aufmerksamkeit und Zuschauer wie noch nie. Dennoch wird Lücke zwischen Männern und Frauen z. B. im finanziellen Bereich im Leistungsfußball sogar größer statt kleiner. Ist das mit den Leistungen und der Sportmedizin auch so?

Auch wenn die Frauen mittlerweile in allen sportlichen Disziplinen vertreten sind, so übertreffen die sportlichen Höchstleistungen der Männer sie immer noch um 10 – 15 %. Bei Kraft- und Sprungsportarten erreichen sie sogar bis zu 30 %, bei bestimmten Lauf- und Schwimmdisziplinen bleiben sie dagegen weit unter 10 %. Bisherige Forschungen zu den biologischen Grundlagen der geschlechtsspezifischen Unterschiede befinden sich noch in den Kinderschuhen, da sich bisher noch die meisten Empfehlungen auf Untersuchungen von männlichen Probanden beziehen.

Fakten

Frauen sind im Durchschnitt 13 cm kleiner und ca. 10 kg leichter. Sie besitzen einen 10 % größeren Bodyfettanteil mit deutlich höheren Fettspeichern in Muskeln und Haut als der Mann. Die Muskelmasse ist dagegen bis zu 20 kg geringer. Frauen besitzen 30 – 40 % weniger totale Muskelfasern und haben die gleiche Anzahl von Typ 1 Fasern wie Typ 2 Fasern, wohingegen der Mann einen größeren Anteil der schnellen Typ 2 Fasern vor allem an der unteren Extremität besitzt [1]. Auch der Muskelfaserdurchmesser ist bei der Frau deutlich kleiner und es finden sich weniger Mitochondrien, also Kraftwerke pro Myofibrille [2]. Zusätzlich ist das Mitochondrienvolumen um 22 % kleiner [3]. Frauen besitzen ein 30 % kleineres Herz, geringeres Blutvolumen, 10 – 15 % weniger Hämoglobin und somit einen deutlich geringeren Sauerstofftransport. Daraus resultiert eine höhere Herzfrequenz bis zu 10 Schläge mehr/min und schließlich eine um 10 – 12 % geringere aerobe Leistungsfähigkeit mit aktuellen Maximalwerten um 77 – 94 ml/kg/min $\text{Vo}_2 \text{ max}$. Die Testosteronkonzentration der Frau ist 10 – 20mal niedriger als beim Mann. Hingegen ist das Äquivalent das Östrogen mit seiner zyklusabhängigen Konzentration 5 – 15mal höher.

Östrogen wirkt anabol wie das Testosteron des Mannes und fördert die Proteinsynthese. Dadurch ist auch erklärbar, dass in der Menopause Frauen eine geringere Proteinsynthese besitzen und stärker unter Muskelabbau leiden. Östrogen fördert die Glycogenspeicherung und Muskellipidsynthese und –abbau, wodurch sich der Effekt des Glycogenschutzes und dafür ein größerer Konsum von freien Fettsäuren vor allem aus dem Muskel bei Frauen nachgewiesen werden kann. Dieses werden wir später noch hinsichtlich der hormonabhängigen Trainingseffekte diskutieren. Östrogen fördert aber allgemein die Fettspeicherung im Körper und die NaCl Retention, was einerseits zu Gewichtszunahme und Wassereinlagerungen führt. Östrogen wirkt positiv auf die Stimmungsverbesserung der Frau und somit entgegen Depressionen. Progesteron hat den antagonistischen Effekt und wirkt katabol, fördert somit den Proteinabbau. Es unterstützt die Erhöhung der Körperkerntemperatur, erhöhte Ventilation und den Glycogenverbrauch.

Gender Food, FAT, RED-S

Frauen besitzen durch die geringere Muskelmasse einen geringeren Grundumsatz und damit einen geringeren Energiebedarf/Tag. Die Ernährung sollte dagegen eine höhere Nährstoffdichte mit weniger Energiegehalt als beim Mann ent-

halten, dagegen aber ausreichend Calcium, Eisen, Vitamin B6 und B12, Folsäure, Vitamin D3 enthalten, da Frauen durch ihre Regelblutung, Sport, Schwangerschaft, Stress und im Alter etc. eher einen größeren Mehrverbrauch diesbezüglich besitzen [4, 5]. Wichtig ist jedoch, den erhöhten Energiebedarf bei sporttreibenden Frauen anzupassen, um nicht in ein Syndrom des Female Athlete Triad oder RED-S Relative energy deficiency in sport (RED-S) zu geraten. FAT oder RED-S wird als ein Syndrom des relativen Energiemangels angesehen, die eine Essstörung, Amenorrhoe und Osteoporose beinhaltet. Der relative Energiemangel wird als $< 30 \text{ kcal/kg FFM/Tag}$ definiert, woraus Störungen im Stoffwechsel von Insulin, Cortisol, Wachstumsfaktoren (IGF-1), 3,3,5- Triiodthyronin, Leptin, Glucose, Fettsäuren und Ketone resultieren. Wir beobachten einen gestörten Metabolismus mit verminderter Proteinsynthese und Hormonproduktion. Es resultieren Menstruationszyklusstörungen bis hin zur Amenorrhoe. Folgen können Osteoporose und Stressfrakturen sein. Ein geschwächtes Immunsystem mit vermehrten Infektionen sowie chronische Müdigkeit.

Dehydratation und Elektrolytdysbalancen führen u. a. zu Magendarmproblemen. Auch eine resultierende Lipidstoffwechselstörung mit Folgen der Endotheldysfunktionen führt zu einem erhöhten kardiovaskuläres Risiko. Ebenso werden hämatologische Probleme mit z. B. Anämien nachgewiesen [6].

Diese Folgen sind zu erwarten:

- Reduktion der Muskelkraft
- verkleinerte Glucogenspeicher
- reduzierte Ausdauerleistung
- reduzierte Trainingsanpassung
- erhöhtes Verletzungsrisiko
- geringeres Einschätzungsvermögen
- verminderte Koordination
- fehlende Konzentration
- erhöhte Reizbarkeit
- Depressionen
- verminderte Leistungsfähigkeit

Wichtig ist, daran zu denken und die Diagnostik einzuleiten mit Kontrolle der:

- Menstruationsstörungen, Menarche, Regelmäßigkeit

- Familienanamnese
- Anthropometrie, DEXA
- Medikamenteneinnahme
- Pubertätsstadium, evtl biologisches Alter
- Zeichen von Essstörungen
- Gynäkologie:
sekundäre Ursachen für Amenorrhoe
- Labor: Hb, LH, FSH, Prolactin, Östrogen, TSH, T3, T4, evtl. Androgenprofil
- Stressfrakturen?

Die Therapie sollte folgendes beinhalten:

- Zyklusregulierung ggf. hormonell
- Reduktion Trainingsumfang und Intensität ohne high impact! (ggf. Trainingspause)
- Körpergewichtserhöhung um 1 – 2 kg
- Vitamin D3 und Calcium
- Psychologische Betreuung
- Kontrolle ein bis drei Monate
- Energie Aufnahme – Energie Verbrauch = kcal/kg FFM/Tag
- mit oder ohne Essstörung
- min. $45 \text{ kcal/kg FFM/Tag}$

Stressfrakturen & erhöhtes Verletzungsrisiko VKB-Rupturen

Im Zusammenhang mit Essstörungen oder auch durch erhöhte Belastungen und muskuläre Dysbalancen, sehen wir bei Frauen ein 10-fach höheres Risiko für Stressfrakturen als beim Mann. Sportlerinnen besitzen eine 15 – 60 % Prävalenz im Gegensatz zu der Gesamtbevölkerung von 3 – 5 %. Bei Frauen mit Störungen des Menstruationszyklus und verminderter Blutungshäufigkeit (Oligo-/Amenorrhoe) von $< 5x/\text{Jahr}$ Menstruation im Jahr finden wir sogar bis zu 49 %, 39 % bei 6 – 9/Jahr und nur 29 % $13x/\text{Jahr}$. Oligo-/Amenorrhoe und Ausdauersport erhöht das Risiko erneut mit Anzahl der gelaufenen Kilometer pro Woche: bei $> 50 \text{ km/Woche}$ 51 %; bei 8 – 50 km/Woche 33 %; bei keinem systematischen Training 6 %. Wir finden eine Prävalenz bei Frauen von Osteopenie von 22 – 50 % und Osteoporose bei 10 – 13 %. Der Knochenmassenverlust beträgt 2 – 6 % pro ein amenorrhoeisches Jahr und ein irreversibler Knochenmassenverlust besteht sogar innerhalb schon von drei amenorrhoeischen Jahren. Auch ein Gewichtsverlust von 10% des Körpergewichts in



Kraft & functional training, Bein- achsentraining

sechs Monaten stellt eine weitere Prävalenz dar [7–9]. Frauen besitzen ein allgemein erhöhtes Verletzungsrisiko, vor allem für die Non-contact VKB-Rupturen. Wir wissen schon länger, dass Frauen ein 4–6fach erhöhtes Risiko als Männer für VKB-Rupturen, typischerweise noncontact injuries bis 85%, besitzen. Die Inzidenz liegt bei 0,097 auf 100 Spielerinnen/Jahr wobei bei Männern 0,082 auf 100 Spieler/Jahr.

Frau und Mann – die kleinen Unterschiede

Frauen besitzen gegenüber Männern kürzere Extremitäten im Vergleich zur Rumpflänge, so dass der Körperschwerpunkt tiefer liegt als bei Männern. Zu dem geringeren Rumpf-Flexionswinkel kommt ein breiteres Becken mit einem erhöhten ventralen Pelvic tilt und vermehrte femorale Anteversion. Vergrößerte Hüft-Adduktion und deutlicherer Genu valgus führen auch zu vergrößertem Q-Winkel und bei geschwächter Fußmuskulatur resultiert daraus eine vermehrte Pronation des Fußes. Neuromuskulär sehen wir als Folge unter Belastung einen vergrößerten Flexionswinkel im Knie (22°) und Hüfte (31°) beim Landemanöver, bei Einbeinlandungen, beim Cutting Manöver (Bremsphase) und schon beim Rennen. Man kann eine stärkere Valgusstellung im Knie, vermehrte Pronation des Fußes bei einer deutlichen Quadricepsdominanz, also stärkere Vastus



lateralis-Aktivierung gegenüber geringer Hamstringaktivität (Semitendinosus), messen. Dadurch resultiert ein verstärkter Load aufs VKB. Neben dem allen sehen wir unkontrollierte laterale Rumpfbewegung und vergrößerte Hüftmobilität bei aber verminderter Kraft der Hüft-(Gluteus max./med.) und Rumpfmuskulatur, welche zu vermehrter Hüftadduktion und -innenrotation im Gehen, Laufen und Landen führen [10-17]. Diese Erkenntnisse erklären auch die deutlich erhöhten Zahlen bei Frauen mit chronischen Überlastungssyndromen durch Sport mit Iliotibialsyndrom, Patellofemorale Schmerzen und Plantarfasciitis etc. [18]. Risikofaktor neben dem Geschlecht mit der gegebenen Anatomie sowie neuromuskulären Defizite ist auch ein zusätzlich hoher BMI. Hinzu kommen direkt am Kniegelenk eine erhöhte Anterior-posteriore Gelenkslaxität, ein vergrößerter Q-Winkel $> 10^\circ$, ein vergrößerter Slope und zusätzlich ein Navicular drop > 8 mm am Fuß, wodurch sich eine vermehrte Fußpronation unter Belastung zeigt [19–26]. Auch besitzen Frauenknie eine kleinere intercondyläre Notch < 17 mm, eine sogenannte Notchstenose, wodurch sich das Risiko auch für die Gegenseite auf 6-fach erhöht. Es wurde ein größerer, innerer lateraler Condylenwinkel um 75° , welches

Training Schnelligkeit & Agility

zu eine Notchimpingement führt, beobachtet. Dadurch wird das VKB förmlich bei Distorsion aufgedreht und „erhängt“. Allgemein lässt sich aber bei Frauenknie auch ein kleineres VKB-Volumen nachweisen [27]. Wir finden eine Abhängigkeit zu erhöhter Rupturrate im Zusammenhang mit dem Östrogengehalt bzw. dem Menstruationszyklus. Östrogen reduziert die Fibroblastenproliferation in der Prokollagensynthese. In der Follikelphase, also präovulatorisch, erhöhen Östrogen und Relaxin zusammen die Laxität der Ligamente. Da man Östrogenrezeptor auf den Fibroblasten im VKB nachweisen konnte, erhöht sich somit die ap-Gelenk laxität bei erhöhter Östrogenkonzentration [28 – 34]. Non-contact-injury VKB-Rupturen konnten mit den Phasen des Menstruationszyklus assoziiert werden: Die meisten VKB-Rupturen waren in der präovulatorische Phase Tag 1 – 10 gefunden, als das Östrogen hoch war. Einige Studien weisen dagegen aber auch Rupturen noch während der Menstruation nach, wenn die beiden Hormone bereits erniedrigt sind. Dagegen wurde eine erhöhte Laxität auch in der Ovulations- und postovulations-Phase aufgezeigt, in folgender Häufigkeit mit 10. – 14. Tag > 15. – 28. Tag und > 1. – 9. Tag [35 – 37]. Hinzu kommt noch, dass in der Follikelphase ein geringerer Hamstring-Quadriceps-Quotient der Kraft speziell im Nicht-dominanten Bein nachzuweisen ist, welches zusätzlich zu einem erhöhten Risiko führt. Einige Studien konnten bisher zeigen, dass die allgemeine Inzidenz durch orale Kontrazeptiva signifikant (um 20%) reduziert werden konnte [38 – 46].

Menstruationszyklus, Training, Ausdauer und Kraft

Der Menstruationszyklus ist wie erwähnt in zwei Phasen, der Follikelphase und Lutealphase aufgeteilt und wird von der Ovulation getrennt. Viele Einflüsse der weiblichen Hormone auf das physiologische System, Respiration, Thermoregulation, Kardiovaskuläres System, Lactatentwicklung sowie Muskelzell- und Stoffwechselaktivierung sind bereits bekannt, aber die VO₂max-Werte zeigen sich von den Menstruationsphasen fast völlig unbeeinflusst [47]. Wir sehen einen direkten Einfluss der maximalen

aeroben und anaeroben Leistung. Östrogen verbessert die Ausdauerleistung in der mid-lutealen und frühen und späten Follikelphase (prä-ovulatorisch). Vor allem bei submaximalen Ausdauerbelastungen zeigen Sportlerinnen eine höhere Fettverbrennung, einen geringeren Eiweißabbau und einen niedrigeren Kohlenhydratumsatz als ihre männlichen Kollegen auf. Sie sparen also ihre Glucogenspeicher auf. Wohingegen das Progesteron vorwiegend in der zweiten Zyklusphase eher antagonistisch zu wirken scheint, so dass die Glycogenspeicher weniger „aufgespart“ werden und die Glucoseverfügbarkeit zu den Typ I Muskelfasern in der Lutealphase hoch, dagegen in der frühe follikuläre Phase niedrig ist. Der geringere Abbau von Glukose führt auch zu geringeren Lactatkonzentrationen in vergleichbaren Sportarten mit dem Mann [48 – 50]. Wenn wir wissen wollen, ob wir die Leistungsfähigkeit mit Carboloadung in den unterschiedlichen Phasen beeinflussen können, ist die Antwort auf die Verbesserung der Leistungssteigerung noch schwierig mit bisherigen Leistungsmessungen des VO₂max zu beantworten: Bisher konnte eine verbesserte Glucogenspeicherung durch kohlenhydratreiche Ernährung erreicht werden, aber weder die Leistungsfähigkeit in Longdistance- noch in Short high intensity-Disziplinen konnten dadurch beeinflusst werden [51]. Zu diskutieren ist die Ergänzung der Energieaufnahme während des Trainings mit Protein, speziell in den Menstruationsphasen, wie Lutealphase, in denen Progesteron eher den Katabolismus fördert

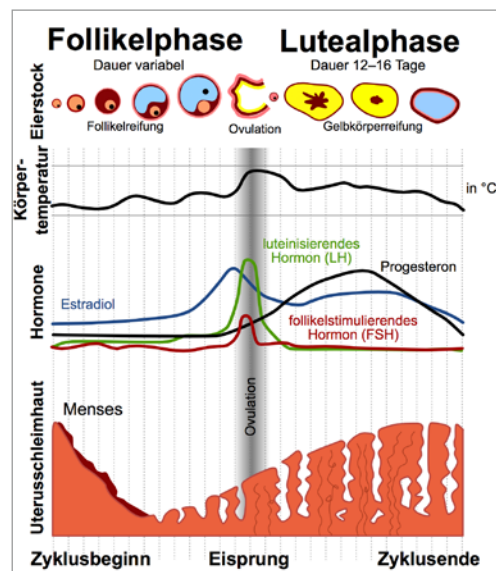


Foto: © Wikipedia

Die Literaturliste können Sie unter info@thesportgroup.de anfordern.



Dr. med. Tanja Christina Hetling

ist Belegärztin Orthopädie/Traumatalogie/Sportmedizin Praxen, OZM Münsingen/SwissSportClinic Bern Wankdorf, Schweiz. Seit 2013 ist sie Teamärztin A-Team der Schweizer Frauenfußballnationalmannschaft und betreut eine Vielzahl weiterer Sportlerinnen und Vereine, wie z. B. die Femina Kickers Worb (SSC), HC Bulls Regional League Icehockey (SSC).

[52]. Bisherige Studien zeigen dazu noch keine schlüssigen Ergebnisse. Eine fettarme Ernährung dagegen behindert bei Frauen die Wiederauffüllung der Triglyceridspeicher, hauptsächlich in den Muskeln, und vermindert dadurch ihre Langzeitausdauer [53]. Läuferinnen besitzen bei Langzeitbelastungen eine höhere Fettverbrennungsrate und eine geringeren Eiweißabbau als Männer [54]. Hinsichtlich der besseren Fettsäureoxidation ließe sich diskutieren, ob Frauen zum einen nicht prädisponierter wären für Longdistance-Sportarten und ob das ausdauerbetonte Training nicht eher in die erwähnte mid-luteale Phase und späte Follikelphase gelegt werden sollte. Bei längeren Trainingseinheiten unter heißen Bedingungen sehen wir einen potenziell negativen Effekt aufgrund einer schnelleren Erschöpfung der Frauen, die sich in der Lutealphase ihres Menstruationszyklus befinden, in der die Körperkerntemperatur erhöht ist. Vorzugsweise wäre eine Trainingsanpassung hinsichtlich Dauer und Intensität in heißen und feuchten Klima zu diskutieren, bedarf aber noch zusätzliche Forschungen [55].

Bisherige Ergebnisse legen also nahe, dass wir eine gewisse Abhängigkeit des Menstruationszyklus für Ausdauerleistungen besitzen. Für High intensity-Sportarten sehen wir aktuell noch unbeeinflusste Ergebnisse. Für Kraftausdauerleistungen wissen wir zum einen, dass Männer sich länger im aeroben Bereich durch verbesserte Glukoseutilisation mit Lactatwerten unter 2 mmol/l belasten können, zum anderen den größeren Kraftzuwachs in der Muskulatur im Krafttraining durch den Vorteil des höheren Testosteronspiegels besitzen. Das weibliche Pendant, das Östrogen, konnte einen größeren Effekt des Maximal- und Explosivkrafttrainings mit Zuwachs des Muskeldurchmessers in den ersten zwei Menstruationswochen (Follikelphase) beeinflussen, anstatt dasselbe Training in der zweiten Zyklushälfte. Dabei werden bei Frauen stets immer beide Muskelfasertypen gleichmäßig angesprochen. Durch orale Kontrazeptiva konnte der Trainingseinfluss nicht verändert werden [56–58]. Frauen zeigen weniger schnelle Ermüdung der Skelettmuskulatur als Männer bei isometrischen Kontraktionen der einzelnen Gliedmaßen. Die Muskelermüdung zeigte bei wiederholten dynamischen Kontraktionen geschlechtsspezifische Unterschiede. Dement-

sprechend wäre auch eine geschlechtsspezifische Anpassung der Trainingspläne, die eine Ausbelastung beinhalten, zu berücksichtigen [59]. Auch sehen wir eine Abhängigkeit der allgemeinen Recovery vom Menstruationszyklus. Eine schnellere Erholung in der mid-follikulären Phase konnte im Vergleich zu der Midlutealphase gezeigt werden [60].

Fazit

Abschließend lässt sich sagen, dass es noch viele Forschungen und Diskussionen zu diesem spannenden Thema „Frauen und Sport“ in allen Bereichen bedarf. Auch wenn Frauen lange hinsichtlich Sport zurückgehalten wurden, auch wenn sie rein genetisch, anatomisch und neuromuskulär benachteiligt scheinen, so sieht man mittlerweile anhand von rückläufigen Verletzungsdaten, dass sich diese Faktoren z. B. positiv durch Präventionsprogramme beeinflussen lassen. Auch wenn Frauen gegenüber Männern geringere Leistungen erbringen, so zeigen sie doch gewisse stoffwechselbedingte und hormonelle Vorteile in Bezug auf Ausdauersportarten. Frauen sollten nicht mit identischen Trainingsplänen wie Männer im Krafttrainingsbereich trainieren müssen. Maximal- und Explosivkrafttrainingseinheiten sollten eher in die erste Zyklushälfte gelegt werden, wohin Ausdauertrainingseinheiten oder auch Wettkämpfe eher am Anfang oder Mitte der zweiten Zyklushälfte geplant werden sollten. Ob high intensity- und Intervallsportarten wirklich zyklusunbeeinflusst sind, wird die Zukunft noch zeigen müssen. Und mit welcher Anpassung der Ernährung speziell für Sportlerinnen wir arbeiten werden, werden wir auch noch genauer klären müssen. Sicher sollten individuell und sportartspezifisch genügend kcal vitaminreich und mit hohen Anteilen von Spurenelementen pro Tag zur Verfügung stehen. Kohlenhydratarme und fettarme Diäten sollten im Zusammenhang mit Ausdauerleistungen eher gemieden. Inwieweit menstruationsabhängige Trainingspläne vor allem in Teamsportarten jemals umsetzbar sind, sei dahingestellt. Sicher hätte es jede Einzelsportlerin einfacher dieses für sich selbst zu koordinieren, ausgenommen davon sind natürlich die Wettkampfdaten.