F&G-Serie Cardio-Fitness Teil 2:

Wie wirkt Cardio-Fitness-Training?



Dass sich das Ausdauertraining positiv auf die Gesundheit auswirkt, ist allgemeinhin bekannt. Doch was Cardio-Fitness eigentlich ist und was sie konkret bewirkt, das haben wir in unserer letzten Ausgabe einmal aus gesundheitlicher Sicht beleuchtet. Im zweiten Teil unserer Cardio-Serie geht es um die Funktionsweise von Herz-Kreislauf-Training.





Prof. Dr.
Theodor Stemper
Sportwissenschaftler
an der Bergischen
Universität Wuppertal,
1. Stellvertretender
Vorsitzender des
Bundesverbandes
Gesundheitsstudios
Deutschland e.V.
(BVGSD) und
Ausbildungsdirektor
des DFAV e.V.

ardio-Fitness-Training ist bekanntlich für eine umfassende Herz-Kreislauf- und Stoffwechsel-Gesundheit, ja sogar auch für die Erhöhung der Lebenserwartung, unumstritten. Diese enorme gesundheitliche Bedeutung wurde ausführlich in der letzten F&G (4/2014) beleuchtet.

Aber Cardio-Fitness-Training wird daneben natürlich immer auch unter einer zweiten, nicht minder wichtigen Zielstellung betrieben, nämlich zur Verbesserung der körperlichen und sportlichen Leistungsfähigkeit. Beides, sowohl die Verbesserung der Gesundheit, vorwiegend bei Freizeit-, Gesundheits- und "Nicht"-Sportlern, als auch die Steigerung der Ausdauerleistung von Athleten kann also das Ziel eines Cardio-Fitness-Trainings sein.

Für die Beratung von Kunden im Fitness-Studio stellen sich dann natürlich Fragen, wie z.B.:

- Welche Gesetzmäßigkeiten sind für das eine oder andere Ziel zu beachten?
- Wie sind die Wirkungszusammenhänge zu verstehen?
- Wo bestehen eventuell sogar Gemeinsamkeiten, wo aber auch Unterschiede bei Gesundheits- oder Leistungstraining?

In diesem Heft und den folgenden F&G-Ausgaben sollen diese Fragen sukzessive beantwortet werden. Zunächst werden in der gebotenen Kürze die wesentlichen physiologischen und trainingswissenschaftlichen Grundlagen erörtert, bevor in weiteren Folgen spezifische Erkenntnisse aus dem Leistungs- und aus dem Gesundheitstraining vorgestellt werden. Dass es in diesem Zusammenhang letztlich immer um konkrete Trainingsempfehlungen und -programme geht, liegt auf der Hand. Nicht zuletzt wird dabei dann auch der Aspekt der Trainingseffizienz und -ökonomie zu bedenken sein.

Körperliche Reaktionen auf Cardio-Fitness-Training

Cardio-Fitness-Training, sowohl in seiner traditionelleren Form mit gleichbleibenden, eher moderaten Belastungen über längere Zeit (i. d. R. mehr als 20 Minuten) als auch in seiner in letzter Zeit (wieder)entdeckten Form als Intervalltraining, mit kurzen, intensiven Belastungen und eingefügten Belastungspausen, stellt zunächst einmal eine Beanspruchung der eingesetzten Skelettmuskulatur dar. Dieser Sachverhalt ist in der

8 Fitness & Gesundheit 5-2014

Trainingswissenschaft als Belastungs-Beanspruchungs-Konzept bekannt. Je nach Belastungsgestaltung kommt es zwar zu unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen innerhalb der physiologischen Reaktionen bzw. in der "Beanspruchung" der verschiedenen Körperfunktionen – das Grundmuster ist aber immer gleich:

- 1. Der Skelettmuskel muss vom Nervensystem einen Befehl zur Kontraktion erhalten.
- 2. Der Muskel muss sich zusammenziehen und wieder entspannen, um die Bewegung im Gelenk zu erzeugen.
- **3.** Der Muskel muss dazu seine Energieversorgung sichern.

Maximale Sauerstoffaufnahme

Dieses Grundmuster jeglicher Muskeltätigkeit wiederum erfordert und erzeugt ein breites Spektrum von damit zusammenhängenden physiologischen Prozessen, die dann letztlich bei ständiger Wiederholung zu den gewünschten längerfristigen, 'chronischen' Anpassungen des Organismus führen können. Beim Cardio-Training ist sicher eine der wichtigsten die Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO2_{max}) als 'Bruttokriterium' für Cardio-Fitness (cardiorespiratory fitness, CRF). Sie wird ausgedrückt in Milliliter Sauerstoff pro Kilogramm Körpergewicht pro Minute (ml O2/kg/min). Die VO2_{max} ist sowohl aus gesundheitlicher, vor allem aber aus leistungssportlicher Sicht von größter Bedeutung.

Im Weiteren geht es nun um die grundsätzlichen physiologischen Aspekte der Reaktion des Organismus auf "wiederholte, dynamische Kontraktionen größerer Muskelgruppen über einen längeren Zeitraum" – so lautet die klassische Definition für Ausdauerbelastung, die wir im Fitness-Studio in der Regel als Cardio-Fitness-Training bezeichnen.

Die folgenden sieben Punkte zeigen, wie unser Organismus auf Beanspruchung reagiert.

1. Das Herzminutenvolumen

Beim Cardio-Fitness-Training muss durch den ständig erhöhten Energiebedarf der jeweils aktivierten Skelettmuskeln zum einen die Herzleistung erhöht werden, welche wiederum den Blutfluss pro Minute vergrößert, und, davon abhängig, die Sauerstoffversorgung des Muskels. Das Herz-Kreislauf-System muss also unter Belastung mehr Blut zur Verfügung stellen, was durch die Steigerung des Herzminutenvolumens (HMV;



Menge Blut, die das Herz pro Minute umwälzt') erfolgt. Das HMV ist das Produkt aus Herzfrequenz (Hf) und Schlagvolumen (SV) nach der Formel: HMV = SV x Hf. Ein typischer Ruhewert von Untrainier-



ten beträgt circa 51, errechnet aus HMV (4,91 bzw. 4.900 ml) = SV (ca. 70 ml) x Hf (ca. 70 Schläge/min).

Beide Faktoren, SV und Hf, können zur Verbesserung der Blutversorgung beitragen. Das heißt, dass der Blutfluss sich sowohl durch die Steigerung der Zahl der Herz-(Puls-)schläge pro Minute erhöht, als auch durch die Vergrößerung des Schlagvolumens. Dieses bezeichnet die Menge Blut, die bei jedem Herzschlag ausgeworfen wird. Das Schlagvolumen ist - anders als der Blutfluss, der am Puls, Handgelenkt etc. messbar ist jedoch nur gerätetechnisch, z.B. mittels Ultraschall, zu erfassen. Die Auswurfmenge (SV) ist wiederum von der sog. Kontraktilität des Herzmuskels abhängig, also der Kraft, mit der die Herzmuskelfasern bei jeder Kontraktion das Blut aus den Herzkammern und -vorhöfen auspressen. Bei ansteigenden Belastungen kommt es anfangs zur Steigerung beider Werte, Hf und SV, wobei aber das SV schon sehr früh sein dann gleichbleibendes Plateau erreicht hat. Die weitere Erhöhung der Blutversorgung erfolgt somit nur noch durch die Steigerung der Herzfrequenz. Dies ist auch der Grund, weshalb die Pulsempfehlungen zur Steuerung der Ausdauerbelastung so verbreitet sind. Denn die Messung der sich parallel zur Belastungssteigerung beschleunigenden Herzfrequenz (Pulsfrequenz) wird ab diesem frühen Zeitpunkt als alleiniger Gradmesser für die Höhe der Ausdauerbelastung verwendet.

2. Steigerung des Schlagvolumens

Die Kontraktion der Skelettmuskeln führt auf ihrer "Rückseite" zur Erhöhung des venösen Blutrückflusses an den rechten Herz-Vorhof. Dies bewirkt eine Erhöhung der Vorhof- und Kammerfüllung (Erhöhung der sogenannten Vorlast) und dieser Effekt wiederum trägt zur Steigerung des Schlagvolumens unter Belastung bei – ein wichtiger Faktor für die Ausdauerleistung.

3. Stoffwechselreaktion

Im Gefäßsystem löst der durch die Muskeltätigkeit erhöhte Blutstrom im Epithel-Gewebe eine Stoffwechselreaktion aus, die über das Enzym endotheliale Stickstoffmonoxid-Synthase (eNOS) als Katalysator zur Bildung von Stickstoffmonoxid (NO) aus der Aminosäure

Fitness & Gesundheit 5-2014

L-Arginin führt. Stickstoffmonoxid wiederum hat einen enorm positiven Einfluss auf die Gefäßwände und dämmt nicht nur die Gefahr zur Bildung von Blutgerinnseln, sondern dient auch dem Schutz vor Atherosklerose ("Gefäßverkalkung").

4. Das große "Sportherz"

Werden Cardio-Fitness-Belastungen progressiv erhöht, dann werden auch die Strukturen des Herzmuskels selbst allmählich positiv verändert: Der Muskel hypertrophiert, die Hohlräume erhöhen ihr (funktionelles) Volumen in Ruhe (z.B. von 70 auf 100 ml) und unter Belastung (z.B. von 100 auf bis zu 200 ml), was dann die Leistungsfähigkeit unter Belastung weiter erhöht. Langfristig kann sich damit bei entsprechend hohen Trainingsumfängen sogar das sog. Sportherz herausbilden, das sich vom ähnlich großen, aber krankhaft vergrößerten, "dilatierten" Herzen durch seine intakte Leistungsfähigkeit unterscheidet. Im Übrigen ist dies ein Phänomen, das vor noch gar nicht allzu langer Zeit in der Kardiologie weitgehend unverstanden war.

5. Die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz

Parallel zum HMV muss auch die Atemtätigkeit gesteigert werden. Das betrifft wiederum sowohl die Atemtiefe bzw. das Atemvolumen als auch die Atemfrequenz. Beide Werte sind aber, außer bei Atemwegs-Erkrankungen, letztlich nicht leistungslimitierend, anders als die sogenannte arterio-venöse Sauerstoffdifferenz. Letztere drückt aus, wie gut der in die Lungen eingeatmete Sauerstoff, der über die Lungenarterien in die Blutbahn aufgenommen wird und dann über die linke Herzhälfte und das Gefäßsystem zur Muskulatur gelangt, schließlich von dieser verwertet wird. Dies lässt sich dann auf der venösen Seite bis hin zur Lunge als arterio-venöse Differenz ausdrücken und kann mit Atemgasanalysatoren gemessen werden (Spirometrie).

6. Aerobe Sauerstoffnutzung

Ausreichend intensive und lang andauernde Ausdauerbelastungen (über 70-85% Intensität, ca. 30-60 Minuten) führen zudem akut und chronisch zu starken



Beanspruchungen und Anpassungen des Stoffwechsels. Akut ist die Aktivierung aller drei energieliefernden Stoffwechselprozesse, des anaerob-alaktaziden (ohne Sauerstoff, über energiereiche Phosphatverbindungen, und zwar Adenosintriphosphat, ATP; Creatinphosphat, CP), des anaerob-laktaziden (ohne Sauerstoff, mit



Laktatbildung) und vor allem aber des aeroben (unter Sauerstoffnutzung durch Verbrennung von Kohlenhydraten und Fettsäuren) zu beobachten. Hierbei werden wiederum Enzyme aktiviert, die für den Abbau dieser Nähstoffe sorgen. Parallel dazu erfolgt die Optimierung der Orte für den aeroben Stoffwechsel, der in den Mitochondrien (den sog. "Kraftwerken" der Muskelzelle) stattfindet. Deren Funktionsfähigkeit wird durch Cardio-Fitness-Training optimiert, langfristig auch deren Anzahl.

7. Mitochondrien-Wachstum

Cardio-Fitness-Belastungen werden in hohem Maße durch die sog. langsamen Fasern (slow twitch fibers), auch Typ I-Fasern genannt, realisiert, die sich durch einen hohen Anteil an Mitochondrien und damit einem dominant aeroben Stoffwechsel auszeichnen. Vor allem deren Funktion, aber langfristig auch deren Anzahl, wird durch Cardio-Fitness-Training positiv stimuliert.

Fazit: Cardio-Fitness mit Breitbandwirkung

Zusammengefasst kann Cardio-Fitness-Training somit als ein Mittel mit erstaunlich umfassender physiologischer Breitbandwirkung verstanden werden. Es führt wie kaum eine andere Maßnahme in zahlreichen Organ- und Funktionssystemen sowohl zu akuten Reaktionen als auch zu wünschenswerten, chronischen Anpassungen. Cardio-Fitness kann damit vielleicht im besten Sinne als Probiotikum gesehen werden: sowohl in der Leistungs- als auch der Gesundheitsperspektive.

Cardio-Fitness-Training sorgt im besten Fall für ein starkes Herz, einen intakten Kreislauf, einen ausbalancierten Stoffwechsel und eine gut ausgebildete, ausdauernde Leistungsfähigkeit.

Wie genau die einzelnen Effekte unter den unterschiedlichen Formen von Ausdauer- bzw. Cardio-Fitness-Belastungen jeweils zum Tragen kommen, lesen Sie in den nächsten Ausgaben der F&G. <<

Prof. Dr. Theodor Stemper

Weiterführende Literatus

Joyner, M.J., & Coyle, E.F. (2008). Endurance exercise performance: The physiology of champions. Journal of Physiology, 586 (1), 35-44.

Kubukeli, Z.N., Noakes, T.D., & Dennis, S.C. (2002). Training techniques to improve endurance exercise performances. Sports Medicine, 32 (8), 489-509.

10 Fitness & Gesundheit 5-2014