



Quarks & Co Die Lust am Laufen

Redaktion: Monika Grebe

Autoren: Katharina Adick, Beatrix von Kalben, Katrin Krieft, Daniel Münter, Eva Schultes

Sekretariat: Uta Reeb

Ob Joggen, Walken oder Wandern – die Lust am Laufen ist ungebrochen. Der Sport stärkt nicht nur Muskeln und Herz, auch Gedächtnis- und Lernfähigkeit verbessern sich. *Quarks & Co* berichtet über neue Erkenntnisse der Forschung und zeigt, dass der Mensch von Natur aus ein wahres Laufwunder ist.

Wie Kinder laufen lernen ▶ *Ein Zusammenspiel von Koordination, Gleichgewicht und Kraft*

Laufen ist ein kompliziertes Zusammenspiel von Knochen und Muskeln. Mit zwei Jahren können es viele Kinder zwar schon, aber dieser Lauf unterscheidet sich noch deutlich von dem eines Erwachsenen. *Quarks & Co* hat den Gang von vier Kindern zwischen zwei und elf Jahren analysieren lassen. Erstaunliche Bilder decken auf, wie Kinder laufen lernen.

Wunderwerk Muskel ▶ *Warum Laufen so gesund ist*

Anspannen, entspannen, anspannen, entspannen – und so den Körper in Bewegung setzen – lange dachte man, das sei das Einzige, was unsere Muskeln im Körper tun. Erst seit kurzem beginnen Forscher zu verstehen, dass die Muskeln bei der Bewegung eine ganze Reihe von Botenstoffen ausschütten, die überall in unserem Körper wirken und damit Sport zu einer wahren „Wunderpille“ gegen alle möglichen Erkrankungen machen.

Die größten Irrtümer ▶ *Quarks testet die gängigen Tipps zum Laufsport*

„Die Fettverbrennung fängt erst nach 30 Minuten an, vorher bringt das Laufen gar nichts.“ Oder „Dehnen hilft gegen Sportverletzungen und Muskelkater.“ Es gibt viele solcher Tipps zum Laufsport – einige sind sinnvoll, andere völliger Quatsch. Fünf der häufigsten klugen Ratschläge hat *Quarks & Co* unter die Lupe genommen.

Das Geschäft mit den Laufschuhen ▶ *Vom Barfußlaufen zum Hightech-Schuh und zurück*

Ein moderner Laufschuh besteht aus etwa 20 bis 100 Einzelteilen. Mit einer aufwändigen Konstruktion soll er so den Läufer getreu dem Motto „dämpfen, stützen, führen“ vor Verletzungen schützen. Doch Laufschuhe sind auch ein gewaltiger Wirtschaftsfaktor. Da verwundert es nicht, dass sich viele vermeintliche Innovationen als Marketing-Getöse entpuppen.

Warum Laufen glücklich macht ▶ *Auf den Spuren des Runner's High*

Laufen ist für viele eine anstrengende Quälerei. Doch zahlreiche Läufer berichten, dass sie dies nur in den ersten zehn Minuten so empfinden. Anschließend wird es leichter und am Ende kommen sie mit einem Grinsen im Gesicht wieder zu Hause an. Dieses Wohlgefühl hält über mehrere Stunden an. Warum macht Laufen anscheinend so viele Menschen glücklich?

Dem menschlichen Gang auf der Spur ▶ *Für Roboter und Prothesen die Natur kopieren*

Gehen und Laufen ist für den Menschen eine Selbstverständlichkeit. Doch wie komplex das Zusammenspiel von Muskeln, Gelenken und Sehnen ist, wird deutlich, wenn man versucht, Maschinen das Gehen beizubringen. Genau das versucht eine Forschergruppe aus Jena – und will so den Geheimnissen des menschlichen Ganges auf die Spur kommen.

Soweit die Füße sie tragen ▶ *Ulmer Mediziner begleiten Extremläufer quer durch Europa*

Wie weit kann ein Mensch laufen? Was passiert im Körper eines Läufers, der extrem lange Strecken zurücklegt? Riskieren Extremläufer bleibende Schäden? Diese Fragen wollte ein Team von Ulmer Mediziner klären und begleitete die Wettkämpfer des Transeuropalaufes von Bari bis ans Nordkap: 4500 Kilometer in 64 Etappen – ohne Ruhetag.

Wie Kinder laufen lernen

Ein Zusammenspiel von Koordination, Gleichgewicht und Kraft



Laufen ist ein kompliziertes Zusammenspiel von Knochen und Muskeln. Kinder müssen das erst lernen. Zwar können bereits viele Zweijährige richtig rennen und dabei im Gegensatz zum Gehen mit beiden Beinen kurz in der Luft schweben. Aber ihr Laufstil unterscheidet sich doch deutlich von dem eines Erwachsenen. Für *Quarks & Co* wurde das Laufen von vier Kindern zwischen zwei und elf Jahren in einem Labor der Sporthochschule Köln genau unter die Lupe genommen. Dafür wurden die Körper der Kleinen vermessen und mit insgesamt 39 hoch reflektierenden Noppen beklebt. Dann mussten sie eine etwa zehn Meter lange Strecke laufen, während Infrarotkameras ihre Bewegungen aufzeichneten. Wie Kinder laufen lernen – sehen Sie dazu atemberaubende Bilder hier im Quarks-Film auf www.quarks.de.

Autorin: Eva Schultes

Wunderwerk Muskel

Warum Laufen so gesund ist



Wer sich regelmäßig bewegt, tut seinem ganzen Körper etwas Gutes

Gut 70 Prozent aller Krankheiten werden im Jahr 2020 durch unseren Lebensstil mit verursacht sein, schätzt die Weltgesundheitsorganisation WHO. Schon heute gilt insbesondere der Bewegungsmangel als zweithäufigste Todesursache in Europa. Studien zeigen, dass für etwa 27 verschiedene Erkrankungen von Bluthochdruck über Übergewicht und Zuckerkrankheit bis hin zu Herz-Lungenerkrankungen und sogar Krebs Sport die richtige Therapie ist. Unklar war aber bislang, warum körperliche Aktivität bei so vielen unterschiedlichen Erkrankungen so vorteilhaft ist. Erst seit kurzem beginnen die Forscher zu verstehen, dass der Muskel weit mehr ist, als ein reines Bewegungsorgan. Experten bezeichnen ihn inzwischen als größtes und wichtigstes Stoffwechselorgan unseres Körpers.

Wunderstoffe aus dem Muskel



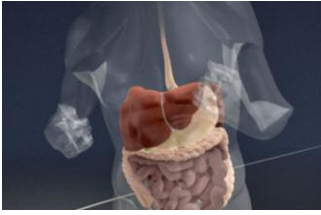
Schon eine Stunde Joggen pro Woche halbiert das Risiko für Herzerkrankungen

Skelettmuskeln senden bei körperlicher Aktivität eine ganze Reihe von Botenstoffen aus, die überall in unserem Körper wirken. Erst von gut einem Dutzend dieser sogenannten Myokine ist die Wirkweise bereits bekannt. Aber die Experten sind sich einig: Die Botenstoffe aus den Muskeln sind wahre Wunderstoffe für unseren Körper. Als Signalstoffe des Muskels fördern sie den Muskelaufbau und die Fettverbrennung. Einige Myokine wirken hormonähnlich, das heißt, sie werden zwar vom Muskel ausgeschüttet, wirken aber an weit entfernten Organen. So unterstützen die Myokine den Zuckerstoffwechsel: Sie steigern den Fettabbau und sorgen dafür, dass mehr Zucker in den Muskeln verbrannt wird. Das schont auf Dauer die Bauchspeicheldrüse. Und auch die Gefäße werden durch die Myokine beeinflusst: Die Botenstoffe aus dem Muskel sorgen dafür, dass die Gefäße dehnbarer bleiben und die Arterienverkalkung verzögert wird. Das schützt das Gehirn vor dem Schlaganfall und das Herz vor dem Infarkt.

Wirkung auf Körper und Geist

Das Gehirn galt lange Zeit als ein Gewebe, das durch körperliche Aktivität kaum beeinflussbar ist. Dass Sport auch gegen Demenz und Depressionen hilft, ist eine relativ neue Erkenntnis. Laut Studien senkt schon ein täglicher 15-minütiger Spaziergang das Risiko, an Alzheimer zu erkranken um 30 bis 40 Prozent. Verantwortlich für den positiven Effekt auf das Gehirn ist ebenfalls ein Botenstoff aus dem Muskel: der sogenannte Brain Derived Neurotropic Factor (BDNF). BDNF verhindert den Ab- und fördert den Aufbau von Nervenzellen und stimuliert die Ausbildung neuer Verbindungen zwischen Nervenzellen, den sogenannten Synapsen. Interessant dabei: Menschen mit Depressionen oder Alzheimer-Demenz haben geringere BDNF-Spiegel als gesunde Probanden. Durch regelmäßige Bewegung können Sie ihre BDNF-Produktion steigern.

Hilfe gegen Diabetes



Den stärksten Effekt hat Sport auf den
Zuckerstoffwechsel

Einer der wichtigsten Botenstoffe ist das sogenannte Interleukin-6. Die Interleukin-6-Werte steigen beim Sport um das Hundertfache im Blut an. Interleukin-6 ist ein echter Tausendsassa. Es sorgt für eine höhere Aufnahme von Zucker aus dem Blut in den Muskel. Zusätzlich wird im Fettgewebe durch den Botenstoff die Fettverbrennung gesteigert und die Empfindlichkeit für das Hormon Insulin gesteigert. Beides sorgt dafür, dass der Muskel mehr Nährstoffe bekommt, hat aber auch Effekte auf die Gesundheit: Die Bauchspeicheldrüse muss nicht so viel Insulin produzieren, also das Hormon, das den Blutzucker senkt. So verringert sich das Risiko an der Zuckerkrankheit Diabetes mellitus zu erkranken. Außerdem wird die Gewichtsabnahme gefördert.

Zusätzlich stimuliert Interleukin 6 aber auch die Bildung von Abwehrzellen unseres Immunsystems. Das hilft gegen Infekte und auch Tumorerkrankungen.

Forschung erst am Anfang

Noch steckt die Forschung an den Myokinen erst in den Kinderschuhen. Fast 400 Substanzen setzt der Muskel in Aktion frei. Ein Großteil dieser Stoffe ist noch unerforscht. Aber die unterschiedlichen Wirkungen der bereits bekannten Myokine scheinen endlich erklären zu können, warum Sport gegen so viele unterschiedliche Erkrankungen hilft. Und das Beste an dieser Wunderpille: Man kann sie sogar selber dosieren.

Autorin: Katrin Krieff

Zusatzinfos (Fachausdrücke, Erklärungen):

Myokine

Als Myokine werden Stoffe bezeichnet, die vom Muskel freigesetzt werden und im Körper hormon-ähnliche Wirkungen entfalten. Das bedeutet, dass sie an den Zellen bestimmter Organe an bestimmte, nur für sie vorgesehene Rezeptoren binden, ähnlich wie ein Schlüssel, der in ein bestimmtes Schloss passt. Durch diese Bindung werden in der Zelle dann spezifische Stoffwechselvorgänge in Gang gesetzt. Das Wort Myokin enthält den griechischen Begriff „Myos“ für Muskel.

Interleukin

Interleukine sind eine Gruppe von Botenstoffen, die unter anderem von den Zellen unseres Immunsystems gebildet werden. Es gibt eine ganze Reihe unterschiedlicher Interleukine, die nach Reihenfolge ihrer Entdeckung nummeriert wurden. Ihre Wirkungen sind sehr unterschiedlich, allen gemein ist aber ein regulierender Effekt auf das Immunsystem, da sie die Kommunikation zwischen den weißen Blutkörperchen und anderen Immunzellen vermitteln.

Die größten Irrtümer

Quarks testet die gängigen Tipps zum Laufsport



„Die Fettverbrennung fängt erst nach 30 Minuten an, vorher bringt das Laufen gar nichts... dehnen hilft gegen Sportverletzungen und Muskelkater... wer Bluthochdruck hat, soll doch lieber eine andere Sportart betreiben... Nordic Walking ist effizienter als Joggen und schont dabei noch die Gelenke... wer läuft, muss unbedingt etwas zu Trinken dabei haben...“

Wer solche Tipps schon mal gehört hat und bei der nächsten Joggingrunde im Park oder an der Ampel mit Wissen statt mit Vermutungen glänzen will, ist hier genau richtig. Was ist dran an diesen Laufmythen, die fast jeder kennt? Das zeigt der Quarks-Film. Jetzt auf www.quarks.de angucken.

Autorin: Katharina Adick

Das Geschäft mit den Laufschuhen

Vom Barfußlaufen zum Hightech-Schuh und zurück



Der Äthiopier Abebe Bikila läuft 1960 den Marathon barfuß

1960 in Rom: Der Äthiopier Abebe Bikila gewinnt den olympischen Marathonlauf. Das Besondere daran ist, dass Bikila keine Schuhe trägt – er gewinnt barfuß. Das war schon damals keine tolle Werbung für den offiziellen Schuhsponsor der Spiele. Der hat aber auch – wie alle Sportschuhfirmen damals – praktisch gar keine speziellen Langläuferschuhe im Programm. Die meisten Athleten rennen damals in normalen Sportschuhen – ohne besondere Dämpfung oder stützende Konstruktionen, wie sie heute im Schuhe jedes Laufanfängers zu finden sind.

Erst in den späten 1960ern tauchen die ersten Laufschuhe auf, die eine dämpfende Sohle haben. Die Idee: Die Dämpfung soll die Stoßbelastung von Knien und Wirbelsäule verringern. Der Laufschuh „Achill“ der Firma Adidas wird zum Beispiel weltweit zum durchschlagenden Erfolg bei ambitionierten Läufern, und das, obwohl die ungewohnte dämpfende Konstruktion vielen Läufern ausgerechnet Achillessehnen-Beschwerden einbringt.

Die Joggingwelle rollt über den Atlantik



Die luftgedämpfte Sohle des „Tailwind“ von Nike war ein großer Marketing-erfolg

Bis in die späten 1960er ist Laufen eine Sportart, die meist nur im Sportverein ausgeübt wird. Richtig viel Geld zu verdienen ist für die Sportbekleidungsfirmen damit nicht. Das ändert sich zuerst in den USA. Dort breitet sich Anfang der 1970er-Jahre eine Fitnesswelle aus. Joggen wird populär und die Zahl der potenziellen Kunden steigt rasant. Einer der Vordenker der Joggingszene, der Leichtathletik-Trainer Bill Bowerman, erkennt als einer der ersten das ökonomische Potenzial. Er gründet 1971 die Firma Nike und übernimmt innerhalb kurzer Zeit die unangefochtene Marktführerschaft in den USA. Mit einem Schuh namens „Tailwind“ schafft Nike 1979 eine bahnbrechende Entwicklung in der Laufschuh-Technologie – auch im Marketing. Die Firma stellt erstmals einen Laufschuh mit Luft-Dämpfung in der Zwischensohle vor. Die Nike-Air-Technologie ist geboren.

Das Laufschuh-Prinzip



Moderne Laufschuhe bestehen aus bis zu 100 Einzelteilen

Mit den Laufschuhen für den Massenmarkt etabliert sich der grundsätzliche Aufbau, nach dem die Schuhe auch heute konstruiert werden.

Das Obermaterial, das früher aus Leder oder Leinen hergestellt wurde, besteht heute komplett aus Kunststoff. Es muss geschmeidig sein, damit es auf dem Fußrücken nicht scheuert oder drückt und luftdurchlässig, damit der Fuß nicht überhitzt.

Die Mittel- oder Zwischensohle ist das Herz eines Laufschuhs. Sie besteht meist aus Kunststoffschäumen, die den Aufprall des Schuhs auf dem Boden dämpfen sollen. Außerdem soll sie ein zu starkes Abknicken des Fußes nach innen, die sogenannte Überpronation, verhindern.

Die Außensohle ist meist aus Gummi. Bei technisch aufwändigeren Konstruktionen besteht sie manchmal aus mehreren Komponenten. Charakteristisch bei Laufschuhen sind heute die Einschnitte und Vertiefungen in der Sohle – die sogenannten Flexkerben. Sie machen die Außensohle flexibler und ermöglichen ein Abrollen des Fußes.

Wettrüsten der Hersteller



Welche Innovationen sind sinnvoll und welche nur Marketing-Gags?

Mit der Joggingwelle schwappen Mitte der 1970er auch die Schuhe von Nike über den Atlantik nach Europa. Hier entbrennt ein Technologie- und Marketingwettkampf mit den europäischen Platzhirschen Adidas und Puma. Die Entwicklung des Laufschuhs ist dabei eng an die Fortschritte in den Zulieferindustrien gekoppelt. Die moderne Öl- und Chemieindustrie versorgt die Schuhhersteller mit immer neuen Plastik- und Schaumverbindungen. Munition für den Kampf um den Laufschuhmarkt, der schnell Hunderte von Millionen Dollar wert ist.

Die Experimente aller Hersteller bringen in den 1980ern und 90ern zum Teil exotische Laufschuhmodelle hervor. Mal gibt es runde Löcher in der Sohle für einsteckbare Dämpfungselemente, mal ist die Schuhkappe so eingekerbt, dass der große Zeh einen eigenen Raum bekommt. Laufschuhe werden immer stärker gedämpft und gegen das Abknicken des Fußes nach innen werden die abenteuerlichsten Plastikstützen konstruiert. Die Liste der Marketingbegriffe ist lang: Torsion, Pod, Dynacoil, Kinetic Wedge, Gel, Pump, Disk oder Hydroflow. Doch viele dieser Ansätze sind wenig hilfreich. Die Zahl der Laufverletzungen stagniert auf hohem Niveau. Die aufgerüsteten Schuhe mit zu weicher Dämpfung und übersteifer Führung führen zum Teil sogar zu neuen Beschwerden.

Worauf es wirklich ankommt

Ein kurioser Höhepunkt der technischen Aufrüstung ist der Adidas One, der 2005 auf den Markt kommt. In ihm sind ein Computerchip und ein winziger Motor eingebaut, der die Sohle in Echtzeit an die Laufeigenschaften des Trägers anpassen soll. Ein Jahr nach der Einführung wird die Fertigung eingestellt. Der Adidas One ist nur noch Elektronikschrott.

Heute setzt das Laufschuhmarketing auf zwei neue Trends, die sich scheinbar der Rüstungsspirale entziehen: Schuhe, in denen der Läufer wie barfuß unterwegs ist und der maßgefertigte Schuh für jedermann. Doch auch hier ist Vorsicht angebracht. „Barfußschuhe“ mit geringer Dämpfung und hoher Flexibilität fordern und fördern zwar die Fuß- und Wadenmuskulatur. Sie können durch die ungewohnten Anforderungen aber auch zu Beschwerden führen. Von Sportwissenschaftlern werden sie deshalb nur als wohl dosiert einzusetzende Trainingsschuhe empfohlen.

Und maßgefertigte Schuhe, bei denen mit Lasertechnik der Fuß analysiert und der Schuh aus einer ganzen Palette von Modellvarianten ausgewählt wird, sind oft teuer. Dabei ließen sich viele Beschwerden viel billiger vermeiden, denn gerade bei Laufanfängern ist gar nicht der Schuh schuld an einer Reizung der Sehnen und Gelenke. Oft entstehen die Probleme dadurch, dass der Läufer zu ehrgeizig ist, zu schnell und zu lange Strecken läuft und seinen Körper so überfordert.

Autor: Daniel Münter

Warum Laufen glücklich macht

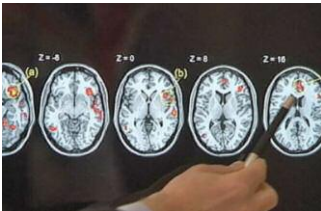
Auf den Spuren des Runner's High



Viele Läufer sind sich einig: Laufen macht glücklich

„Da schwebt man immer weiter wie im Rausch“, beschreibt ein Läufer seinen letzten Marathon. Viele Menschen, die regelmäßig laufen, kennen solche Glücksgefühle. Nicht immer sind sie so euphorisch, manche fühlen sich einfach entspannt und können dabei wunderbar vom Alltag abschalten. „Runner's High“ wird dieser Gemütszustand genannt - oder auch „Flow“. Schon seit Jahrzehnten rätseln die Forscher, wie er zustande kommt. Eine beliebte Theorie: Körpereigene Opiate, die Endorphine, sollen die Glücksgefühle auslösen. Im Gehirn heften sie sich an dieselben Stellen wie zum Beispiel Morphium oder andere Opiate. Genau wie diese Drogen wirken sie schmerzstillend und machen euphorisch. Tatsächlich messen Wissenschaftler im Blut von Sportlern nach Ausdauerleistungen erhöhte Mengen Endorphin. Doch keiner konnte bislang einem Marathonläufer während des Rennens ins Gehirn schauen, um wirklich ganz genau zu prüfen, was hier passiert. Die Endorphin-Hypothese ist daher unter Experten umstritten.

Blick ins Hirn



Bei einem Langstreckenlauf werden Endorphine freigesetzt

Im Jahre 2008 ist es dann soweit: Eine Forschergruppe um den Bonner Neurologen Henning Böcker will Läufern erstmals direkt ins Gehirn schauen.

In dieser Studie gelingt es den Wissenschaftlern, die Andockstellen für Endorphine im Gehirn von Läufern mit einer schwach radioaktiven Substanz zu markieren. Mit Hilfe der Positronen-Emissions-Tomographie können sie sichtbar gemacht werden. Ein Vergleich der Verteilung der radioaktiven Substanz vor und nach einem zweistündigen Dauerlauf zeigt genau, wo im Gehirn Endorphine aktiv wurden. Tatsächlich wurden bei Läufern, die sich nach der Ausdauerleistung besonders euphorisch fühlten, auch besonders viele Endorphine im Gehirn nachgewiesen. Der Botenstoff wurde in Regionen des Hirns freigesetzt, die auch dann aktiviert werden, wenn wir Musik hören oder andere schöne Dinge erleben, und außerdem in Regionen, die bei der Schmerzwahrnehmung eine Rolle spielen.

Zum ersten Mal gelingt es mit dieser Studie einen Zusammenhang zwischen dem Runner's High und Endorphinen wissenschaftlich nachzuweisen. Dennoch sind sich die Experten einig: Endorphine können nicht alle Emotionen erklären, die Läufer erleben. Es muss noch weitere Mechanismen geben.

Abgeschaltetes Hirnareal



Während des Laufens sind Fragen, die Nachdenken erfordern, nicht so leicht zu lösen

Am sportwissenschaftlichen Institut der Universität Halle verfolgen Oliver Stoll und seine Mitarbeiter eine andere heiße Spur. Auch hier müssen Testpersonen rennen - diesmal auf einem Laufband. Es wird so gesteuert, dass sie immer genauso schnell laufen müssen, um komplett ausgelastet zu sein. Nach circa 20 Minuten geraten sie in jenen Glückszustand, der erforscht werden soll. Jetzt erfolgt ein Test: Der Läufer muss vorgegebene Zahlenfolgen rückwärts aufsagen, eine Aufgabe, die Nachdenken erfordert und ihm jetzt sichtlich schwer fällt. Mit diesen Tests wollen die Forscher zeigen, dass während des Laufens bestimmte Hirnareale nicht mehr so gut funktionieren wie sonst. Ihre Theorie nennt sich „transiente Hypofrontalitätstheorie“ und Folgendes steckt dahinter:

ter: Beim Laufen ist das Gehirn stark beansprucht. Um das über eine längere Zeit durchzuhalten, muss es seine Kräfte einteilen. Alle Hirnregionen, die nicht für die Bewegung benötigt werden, schaltet das Gehirn auf Sparflamme. Auch den präfrontalen Cortex. Und das hat Folgen. In dieser Hirnregion findet nämlich die Raum- und Zeitwahrnehmung statt und Informationen und Probleme werden hier bewusst verarbeitet. Fällt dieses Areal aus, dann befindet sich der Läufer gedanklich nur noch im Hier und Jetzt und denkt über nichts mehr weiter nach. Genau dieses Gefühl könnte es sein, das von den Läufern als sehr angenehm empfunden wird, erklärt Prof. Oliver Stoll.

Abgeschaltete Hirnareale und Endorphine – auch wenn die Wissenschaftler schon einiges damit erklären können, gehen sie davon aus, dass das immer noch nicht alles ist. Sie vermuten, dass beim Runner's High noch weitere Botenstoffe im Gehirn eine Rolle spielen.

Autorin: Eva Schultes

Zusatzinfos (Fachausdrücke, Erklärungen):

Endorphine

Endorphine sind körpereigene Stoffe, die unter anderem die Empfindung von Schmerzen verringern. Daher auch der Name „Endorphin“, er setzt sich zusammen aus endogen (körpereigen) und Morphin (Schmerzlinderungsmittel). Endorphine werden bei ganz unterschiedlichen Situationen ausgeschüttet. Zum Beispiel bei positiven Erlebnissen wie Küssen, Sport machen oder Musik hören, aber auch in Extremsituationen, beispielsweise bei einer Unfallverletzung.

Positronen-Emissions-Tomographie

Die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) gehört zu den sogenannten nuklearmedizinischen bildgebenden Untersuchungsmethoden. Der Patient bekommt eine schwach radioaktive Substanz gespritzt, die sich im Körper verteilt. Bei der anschließenden Untersuchung kann die Verteilung dieser schwach radioaktiv markierten Substanz im Organismus sichtbar gemacht werden. Dadurch können Stoffwechselfvorgänge im menschlichen Körper abgebildet werden.

Präfrontaler Cortex

Der präfrontale Cortex ist ein Teil des Stirnlappens der Großhirnrinde. Er ist zuständig für Planung und Effizienz, für Aufmerksamkeit und Konzentration. Er sorgt zum Beispiel dafür, dass sich beim Aufnehmen neuer Informationen alle beteiligten Sinne (Augen, Gehör, usw.) auf das Wesentliche konzentrieren und sich nicht durch Störreize ablenken lassen.

Dem menschlichen Gang auf der Spur

Für Roboter und Prothesen die Natur kopieren



Roboterbeine sollen den menschlichen Gang kopieren

Humanoide Roboter, also Maschinen, die von ihrer Gestalt und ihrem Bewegungsbild an Menschen erinnern, sind ein fester Bestandteil von Science-Fiction-Literatur und Filmen. Doch unter der metallenen Hülle steckt in den Filmrobotern immer ein Mensch, der Beine und Arme bewegt. Die Roboterforschung des frühen 21. Jahrhunderts ist noch lange nicht soweit, den Maschinen ein flüssiges Laufen zu ermöglichen. Das liegt auch am Ansatz den die meisten Ingenieure wählen: Sie konstruieren meist etwas, das aussieht wie ein kompletter Mensch und wollen ihm dann mit technischen Kniffen das Laufen beibringen. Eine interdisziplinäre Forschungsgruppe um den Physiker Prof. Andre Seyfarth verfolgt an der Universität Jena einen anderen Ansatz. Mit seinem Team aus Sportwissenschaftlern, Ingenieuren, Biologen und Informatikern will Seyfarth dem menschlichen Gang seine elementaren Geheimnisse entlocken und ihn dann Schritt für Schritt mechanisch nachbilden.

Aus dem Unperfekten lernen

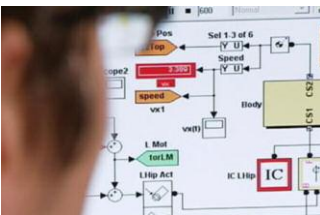


Prothesenträgerin auf dem Laufband

Wichtige Hinweise zum menschlichen Gang erhalten die Forscher ausgerechnet von Menschen die nicht perfekt gehen können. Im Lauflabor der Uni Jena wird das Bewegungsmuster von Menschen mit Beinprothesen genau unter die Lupe genommen und mit dem gesunder Probanden verglichen. Prothesenträger sind eine Verbindung von Mensch und einfacher Maschine – schon auf den ersten Blick können die Forscher erkennen, dass auch die Träger moderner Prothesen einen schleppenden Gang haben und das Bein etwas nachziehen. Doch erst die Erfassung und Analyse im Computer mit der sogenannten Motion-Capture-Technik kann die einzelnen Phasen der Bewegung genau entschlüsseln. Dabei werden die Versuchspersonen im Lauflabor mit reflektierenden Markern versehen und auf dem Laufband gleichzeitig von zehn Kameras gefilmt. Auf den Videobildern kann der Computer dann die Bewegung der Marker erkennen und in ein abstraktes Modell übertragen.

Der Vergleich der Gangmuster von Gesunden und Prothesenträgern lenkt die Aufmerksamkeit der Forscher schnell auf einen besonderen Unterschied. Gesunde drücken sich beim Abrollen mit einem starken, kurzen Impuls aus dem Fußgelenk ab. Auch Prothesenträger versuchen dies, doch kommt bei ihnen der Antrieb dabei nicht aus dem Fußgelenk, sondern aus der Hüfte. Das ist nicht nur weniger geschmeidig, sondern auch nicht sehr effektiv. Der ganze Körper gerät aus der Balance. Ein federndes Fußgelenk könnte Prothesenträger – und schließlich auch Roboter – natürlicher gehen lassen.

Der Computer kann es schon



Im Computer entsteht ein komplexes Modell des menschlichen Ganges

Von der theoretischen Erkenntnis, dass der Kick aus dem Fußgelenk eine wichtige Rolle spielt bis zur technischen Umsetzung ist der Weg aber nicht einfach. Die Wissenschaftler müssen zunächst einmal austüfteln, wie die Muskeln, Gelenke und Sehnen des Beines zusammenspielen, um die Energie der Bewegung zuerst zu speichern und dann im richtigen Moment freizusetzen. Dazu versuchen sie, im Computer ein Modell zu erstellen das die Bewegung des Beines simuliert. Systematisch variieren die Forscher dabei die Kräfte und Hebelverhältnisse im virtuellen Bein – immer auf der Suche nach dem natürlichen Gang und seinem impulsiven Abstoßen aus dem Fußgelenk. Zumindest im Computer kommen sie der Realität schließlich schon ziemlich nah.

Der Laufroboter als Realitätscheck



Starke Federn geben dem Prothesenfuß den Kick

Wie gut das theoretische Computermodell den menschlichen Gang wirklich nachbildet, überprüfen die Forscher aus Jena mit ihren Laufrobotern. Genauer gesagt sind es bis jetzt nur Roboterbeine, denn so können sich die Wissenschaftler erst einmal ganz auf einzelne Aspekte der Mechanik dort konzentrieren. An einem ihrer Laufroboter, dem „Jena Walker“, untersuchen sie zum Beispiel, wie sie das Abstoßen aus dem Fußgelenk mechanisch umsetzen können.

Das Computermodell hat den Forschern den Hinweis gegeben, dass die Energie vor allem in der Wade gespeichert und dann im richtigen Moment freigesetzt wird. Beim „Jena Walker“ übernimmt eine Feder aus Metall diese Funktion. Beim Abrollen wird sie durch die Bewegung des Beines gespannt und versorgt dann beim Abstoßen das Fußgelenk mit einem Kraftimpuls. Auch wenn der Gang des Laufroboters noch etwas holperig wirkt: Der Kick aus dem Fußgelenk scheint zu funktionieren.

Vom Roboter zur Prothese – und zurück

Aus den erfolgreichen Experimenten mit ihren Laufrobotern glaubten die Jenaer Forscher auch ein Rezept für bessere Prothesen erkennen zu können. In Zusammenarbeit mit einer Orthopädiefirma haben sie sich deshalb daran gemacht, eine Beinprothese zu entwerfen. Eine starke Feder sollte wie beim Roboter Energie speichern und dann dem Menschen ein kraftvolles Abstoßen ermöglichen. Das Unikat wurde direkt für einen realen Prothesenträger entwickelt, um zu sehen, wie sich dessen Gang durch das künstliche Bein verändern würde. Doch die Laufbandanalysen waren eine Enttäuschung. Auch mit der neuen Prothese läuft der Proband nicht rund.

Die Forscher wollen sich trotzdem nicht entmutigen lassen. Sie vermuten, dass es in dieser ersten Version der Beinprothese noch nicht gelingt, den Kraftimpuls aus der Feder zum optimalen Zeitpunkt einzusetzen. Deshalb tüfteln sie jetzt an einer Version, in der kleine Elektromotoren in der Wade die Federkraft unterstützen sollen. Bevor sie diese neue Version für den Menschen einsetzen, soll wieder ein Laufroboter das Prinzip in Reinform testen. Erste Ergebnisse sind durchaus positiv – auch wenn der neue Roboter bis jetzt noch nicht laufen kann, sondern nur hüpfen.

Autor: Daniel Münter

Soweit die Füße sie tragen

Ulmer Mediziner begleiten Extremläufer quer durch Europa



Der Transeuropalauf führte 2009 von Bari ans Nordkap

Auf der Suche nach dem ultimativen Abenteuer treffen sie sich bei Events rund um den Globus. Bei 100-Kilometer-Läufen bis hin zu mehrtägigen Torturen über Bergketten, durch Urwälder und Wüsten. Extremläufer suchen auf diesen sogenannten Ultramarathons eine Grenzerfahrung für Körper und Geist. In Deutschland wird die Szene auf 1.500 bis 3.000, weltweit auf etwa 40.000 Aktive geschätzt. Im Jahr 2003 hielt ein neuer Extremlauf Einzug in den Wettkampfkalender: der Transeuropalauf. Die zweite und bislang letzte Auflage führte 2009 vom süditalienischen Bari ans Nordkap. Insgesamt 67 Läufer gingen an den Start, um die rund 4.500 Kilometer in 64 Tagen zu bewältigen. Jeden Tag standen durchschnittlich 70 Kilometer auf dem Programm. Ruhetage gab es keine.

Ein medizinisches Großexperiment



Im MRT wurde jeden Tag ein Teil der Läufer untersucht

Mit den Läufern ging am 19. April 2009 auch eine Crew von Ärzten und technischen Mitarbeitern der Universitätsklinik Ulm mit auf die Reise. Im Gepäck hatte das Team um die Radiologen Dr. Uwe Schütz und Dr. Christian Billich ein wahres Schwergewicht: einen Lastwagenaufleger mit einem tonnenschweren Kernspintomographen (MRT). In dem wurden am Ende jeder Etappe einige der Läufer durchleuchtet, ihr Körperfettgehalt ermittelt, das Gehirnvolumen gemessen und Entzündungsflüssigkeit in den Muskeln aufgespürt. Zusammen mit Blut und Urinproben sollten die MRT-Bilder verraten, wie die Körper der Läufer auf die extreme Belastung reagierten. Für die Ärzte war der sportliche Wettkampf ein medizinisches Großexperiment. Rund zwei Drittel der Läufer hatten sich vor dem Lauf zur Teilnahme bereiterklärt und fast alle blieben dieser Zusage treu – obwohl die Untersuchungen am Ende eines langen Lauftages eine zusätzliche Belastung bedeuteten.

Entzündungen? Einfach weiterlaufen!



Trotz körperlicher Beschwerden liefen die Läufer jeden Tag zwischen 50 und 95 Kilometer

Schon auf den ersten 1.000 Kilometern konnten die Mediziner Erstaunliches beobachten. Wie erwartet bekamen einige Läufer Probleme mit Muskeln und Sehnen an den Beinen. Vor allem Entzündungen an Waden, Schienbein und Achillessehnen plagten die Teilnehmer. Doch kaum jemand stieg aus dem Lauf aus. Hier zeigte sich, dass die Extremläufer eine überdurchschnittliche Schmerztoleranz haben. Darauf hatten schon Tests vor dem Start hingewiesen. Doch überrascht waren die Ärzte, dass die Entzündungen bei den meisten nach einigen Tagen wieder zurückgingen und schließlich ganz verschwanden – und das, obwohl sie weiterhin rund 70 Kilometer am Tag zurücklegten. Im Training und anderen Wettkämpfen hatten die Läufer offensichtlich gelernt, sich so einzuschätzen, dass eine Reduktion des Tempos ausreichte, um ihrem Körper genug Spielraum zur Regeneration zu geben. Im Verlauf des Rennens fielen später dann auch häufiger genau die Läufer aus, die ihre Schmerzen mit Medikamenten bekämpft hatten, anstatt das Tempo zu drosseln.

Das Fett schmilzt dahin – das Gehirn auch



Nach 4.500 Kilometern waren die Läufer endlich am Ziel

Die extreme Belastung, jeden Tag fast einen doppelten Marathon zu laufen, zehrte natürlich auch an den Energiereserven der Wettkämpfer. Alle Läufer konnten die Kalorien, die sie durch das Laufen verbrauchen, nicht vollständig durch Essen und Trinken ersetzen. Auf den Bildern des Kernspintomographen konnten die Ulmer Ärzte beobachten, wie der Körper nach und nach seine Energiedepots anzapfte. Zuerst wurde das Fett abgebaut, das rund um innere Organe wie die Nieren angelagert ist. Dann schmolzen auch die Fettpolster unter der Haut. Am Ende des Wettkampfes hatten die Läufer durchschnittlich zwischen sechs und sieben Liter Fettgewebe verloren.

Doch auch vor den Muskeln machte der Abbau nicht halt. Sogar in den Beinen, dem am meisten geforderten Körperteil, konnten die Ärzte einen Schwund beobachten. Die Körper der meisten Läufer waren offensichtlich am Ende so ausgezehrt, dass jede Energiequelle angezapft werden musste. Sogar das Gehirnvolumen sank um durchschnittlich fünf Prozent. Auch hier reagierte der Körper auf den energetischen Notstand.

Am Ziel – aber nicht am Ende

Beim Zieldurchlauf am Nordkap, der äußersten Spitze Norwegens, waren etliche Wettkämpfer an ihrem äußersten körperlichen Limit angekommen und sehr geschwächt. Andere aber – wie der Sieger Rainer Koch aus Deutschland – hätten durchaus noch weiter laufen können. Das lag unter anderem auch daran, dass er insgesamt mehr Zeit zur Erholung hatte: Die 4.485 Kilometer legte er in 378 Stunden zurück. Die letztplatzierte Läuferin, Saeko Kishimoto aus Japan, brauchte für dieselbe Strecke knapp 723 Stunden. Koch hatte pro Tag also mehr als fünf Stunden zusätzliche Regenerationszeit.

Auch in den Monaten nach dem Wettkampf blieben die Mediziner aus Ulm mit vielen Läufern in Kontakt und dokumentierten, wie sich ihre Körper von der Strapaze erholten. Dabei konnten sie feststellen, dass keiner der von ihnen untersuchten Wettkämpfer einen bleibenden körperlichen Schaden davontrug. Alle Muskeln und Sehnen erholten sich wieder, das Gewicht normalisierte sich und auch das Gehirn erreichte wieder die ursprüngliche Größe. Das Laufen von extremen Strecken erfordert nach der Einschätzung der Ärzte zwar eine besondere Psyche, macht aber nicht krank – oder dumm.

Autor: Daniel Münter

Zusatzinfos (Fachausdrücke, Erklärungen):

Kernspintomographie

Mit der Kernspintomographie, auch Magnetresonanztomographie (MRT) genannt, können Querschnittsbilder vom Inneren des Körpers hergestellt werden. Dabei liegt der Patient in einem starken, gleichmäßigen Magnetfeld. Ein zusätzliches magnetisches Wechselfeld regt Wasserstoffatome im Körper zum Schwingen an. Das Verfahren bildet die Weichteile ab, nicht aber Knochen wie etwa ein Röntgenbild.

Lesetipp

Runner's World: Das Ausrüstungshandbuch für Läufer

Autor: Urs Weber
Verlagsangaben: Meyer & Meyer Verlag;
ISBN-10: 3898994562
ISBN-13: 978-3898994569
Sonstiges: 339 Seiten, EUR 24,90

Dieses Buch stellt umfassend die Ausrüstung für Anfänger und ambitionierte Läufer dar, gibt Tipps zur richtigen Laufschuhwahl und zur Laufkleidung bei allen Temperaturen.

Linktipps

Fachartikel zu Myokinen

<http://jp.physoc.org/content/587/23/5559.full.pdf+html>

Der Übersichtsartikel von Bente Pedersen, einer der führenden Expertinnen auf dem Gebiet der Myokin-Forschung, erklärt den Zusammenhang zwischen Übergewicht, Sport und Erkrankungen. Der Artikel richtet sich an ein Fachpublikum und ist in englischer Sprache verfasst.

Lauflabor Jena

<http://www.lauflabor.uni-jena.de>

Homepage des Lauflabors der Universität Jena. Detaillierte Informationen zu den Forschungsprojekten. Vieles leider nur in Englisch.

Transeuropalauf

http://www.transeurope-footrace.org/tel_09/index.php?lan=de&page=TEFR09&content=Anfang

Offizielle Homepage des Transeuropalaufes mit Streckenprofil, Teilnehmerportraits und Tageswertungen

Uniklinik Ulm

<http://www.uniklinik-ulm.de/service/presse/presseinformationen/archiv/pressemeldung/period/1238536800/2591999/1/article/12107/muskelmasse.html>

Pressemitteilung der Uniklinik Ulm zum Forschungsprojekt Transeuropalauf

Impressum:

Herausgegeben
vom Westdeutschen Rundfunk Köln

Verantwortlich:
Quarks & Co
Claudia Heiss

Redaktion:
Monika Grebe

Gestaltung:
Designbureau Kremer & Mahler

Bildrechte:
Alle: © WDR

© WDR 2011