Dem Rücken auf die Sprünge helfen

Das zentrale Element des Rückens bildet die Wirbelsäule (hier rosafarben), ein raffiniertes Konstrukt aus Wirbeln, Gelenken und Bandscheiben, das den Körper stabilisiert – und zugleich ungemein flexibel macht

Text: Sebastian Witte
Illustrationen: Tim Wehrmann und Karl Wesker

Ganz gleich, ob wir einen Marathon laufen, Gewichte stemmen oder gar einen Salto schlagen: Unser Rücken ist so konstruiert, dass er selbst stärksten Belastungen problemlos standhält. Wie kommt es dann, dass **Millionen Menschen über Schmerzen im Kreuz** klagen? Mediziner, Sportwissenschaftler und Psychologen sind den Ursachen des Volksleidens auf der Spur – und verstehen immer besser, wie sich die Pein überwinden lässt

Prolog

Gewiss, der Mensch ist ein biologisches Wunderwerk. Ein in Jahrmillionen perfektionierter Organismus, in dem Knochen, Muskeln und Nerven meisterhaft aufeinander abgestimmt sind. Ein Bewegungskünstler, der so agil, gelenkig und ausdauernd ist wie kein anderes Wesen.

Doch so vollkommen unsere Anatomie anmutet – mindestens ein Bereich erweckt den Eindruck, als habe die Baumeisterin Natur gehörig gepfuscht, als sei dieser Teil voller Konstruktionsfehler und den Anforderungen des Alltags nur mäßig gewachsen: der Rücken, die Stütze unseres Körpers.

Warum sonst empfinden so viele Menschen die Hinterseite ihres Rumpfes als Schwachstelle? Warum sonst bereitet gerade der Rücken so vielen Menschen derart viele Sorgen? Es gibt kaum jemanden, der Schmerzen an der Wirbelsäule oder im Kreuz nicht kennt; der nach Stunden des Sitzens keinen Druck in den Lenden spürt; oder dessen Nacken von Zeit zu Zeit nicht schmerzvoll verspannt.

Längst sind Rückenbeschwerden ein Massenphänomen. Experten schätzen, dass 85 bis 90 Prozent aller Deutschen im Laufe ihres Lebens davon betroffen sind. Bei jedem 20sten Geplagten wächst sich die Pein zu einem chronischen Leiden aus.

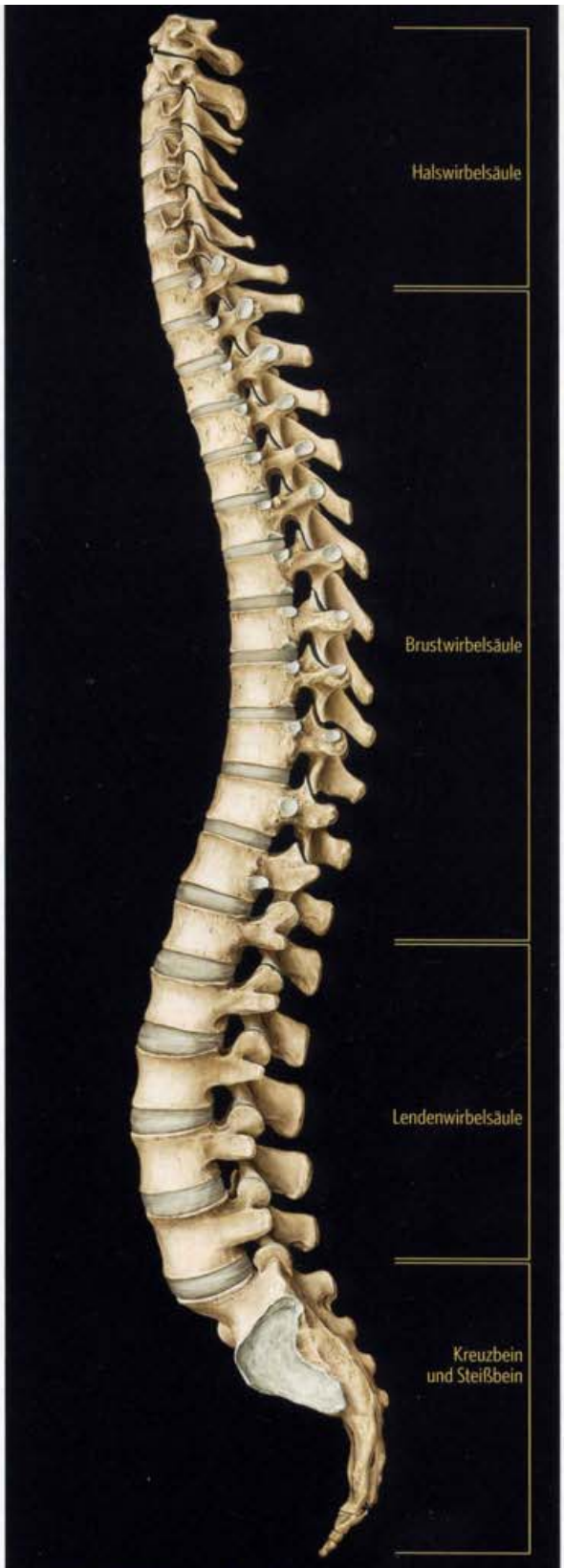
Manche quält der Rücken dann so sehr, dass sie sich kaum noch bewegen können, Nacht für Nacht wach liegen, keine Position finden, in der sie schmerzfrei sind und zur Ruhe kommen.

Es mutet paradox an: Der Rücken, auf den ersten Blick ein simpler Halteapparat, dessen einzige Aufgabe aus nichts anderem besteht, als uns aufrecht zu halten, lässt viele Menschen in sich zusammensinken, zwingt sie in die Horizontale.

Jahrzehntelang schon versuchen Wissenschaftler dem Phänomen auf den Grund zu gehen. Sie ergründen, wie die zentrale Stütze unseres Körpers funktioniert, was sie so anfällig macht, welche Faktoren darüber bestimmen, ob ein akuter Schmerz zur dauerhaften Marter wird und wie man sich vor Problemen mit der Wirbelsäule schützen kann.

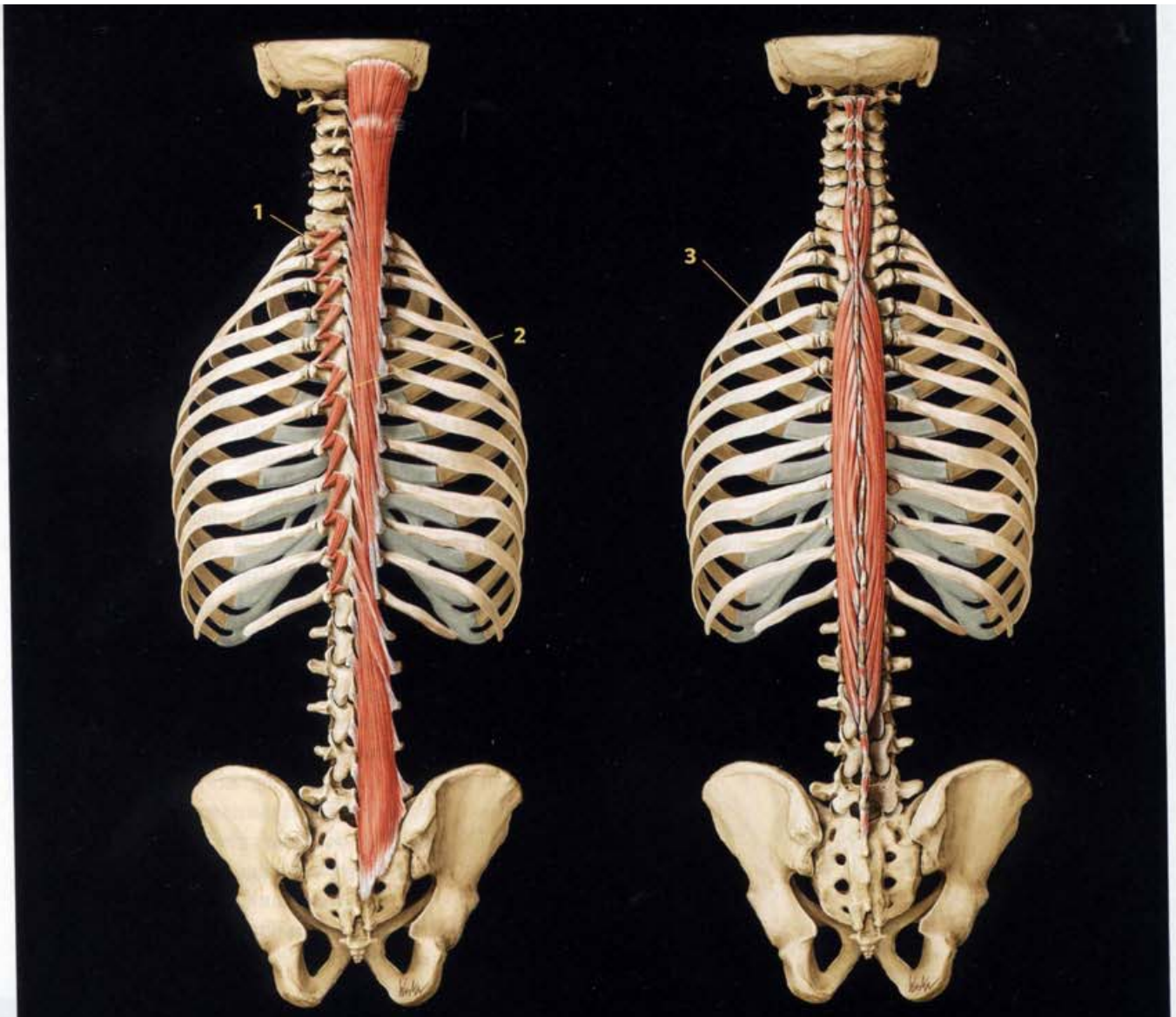
Zu keinem anderen medizinischen Thema sind in den vergangenen Jahren mehr wissenschaftliche Publikationen erschienen.

Eigentlich sollte man meinen, inzwischen sei alles um den Rücken und seine Schwächen bekannt. In Wahrheit aber gibt kaum ein Leiden nach wie vor so viele Rätsel auf wie der Kreuzschmerz. Ärzte vermögen oft genug allenfalls vage Diagnosen zu stellen – und Pa-



Die Stütze des Systems

Die Wirbelsäule krümmt sich in Form eines doppelten S, so hält sie Stauchungen besser Stand. Zwischen den Wirbeln mit ihren Fortsätzen, an denen Muskeln ansetzen, befinden sich elastische Puffer – die Bandscheiben. Anatomisch lassen sich vier Bereiche abgrenzen: Hals-, Brust-, und Lendenwirbelsäule sowie Kreuz- und Steißbein.



Die Stabilisatoren

Entlang der Wirbelsäule verlaufen zu beiden Seiten verschieden lange Muskelstränge, die die Zentralachse aufrecht halten und zugleich mobil machen. Am tiefsten unter der Haut liegen die kurzen Rückenmuskeln (1), die benachbarte Wirbel verbinden. Darüber befinden sich längere Stränge (2); sie setzen mit einem Ende an den Rippen an. Beide Muskelgruppen ermöglichen Bewegungen einzelner Wirbelsäulensegmente sowie die Streckung und Neigung des Rückgrats. In den agilsten Abschnitten, im Hals- und Lendenbereich, ist die Muskulatur am kräftigsten. Eine weitere Gruppe von Muskelsträngen ummantelt die Wirbelsäule wie ein schützendes Korsett (3).

tienten bleibt häufig nichts anderes übrig, als ihre Hoffnungen auf zum Teil fragwürdige Therapien zu stützen.

Und doch scheint sich die Situation allmählich zum Positiven zu wenden. Denn mehr und mehr beginnen die Experten, über die Grenzen ihrer Disziplin hinwegzudenken und die Problemzone Rücken fachübergreifend anzugehen. Biomechaniker schließen sich mit Psychologen zusammen, Sportwissenschaftler mit Evolutionsbiologen, Schmerzforscher mit Anatomen.

Sie gewinnen so ein immer genaueres Bild von den wahren Ursachen des Volksleidens – und davon, wie sich die Pein besiegen lässt.

Belastungen zermürben unsere **Wirbelsäule** nicht – sie sind lebenswichtig

I. Anatomie

Weshalb der Rücken keine Fehlkonstruktion ist, und wie er selbst stärksten Belastungen mühelos standhält

Deutlicher denn je zeigen die Untersuchungen der Forscher: Der Rücken ist nicht bloß eine einfache Stütze des Körpers, sondern bildet einen überaus komplexen Verbund aus Knochen, Muskeln und Nervensträngen, der vielfältige Funktionen erfüllt und ausgesprochen raffiniert aufgebaut ist.

Das zentrale Element dieser Konstruktion ist die Wirbelsäule.

Ihr gelingt es wie keinem anderen Körperteil, überaus widersprüchlichen Anforderungen gerecht zu werden: Sie ist stabil und beweglich zugleich, sie schützt das sensible Rückenmark, sorgt aber auch dafür, dass in kleinen Abständen Dutzende Nervenstränge in das benachbarte Gewebe austreten können.

All dies wird durch ihren raffinierten Aufbau ermöglicht: Insgesamt 24 bewegliche Wirbel (sieben im Hals, zwölf im Brustbereich und fünf in der Lende) bilden eine Art knöcherne Kette, die sich kippen und verdrehen lässt – was den Rücken so flexibel macht. Den beweglichsten Teil formt die Halswirbelsäule, sie hält die Verbindung zwischen Rumpf und Kopf. Am unteren Ende der Zentralachse schließen sich Kreuz- und Steißbein an, eine keilförmige Struktur, die in das Becken mündet.

Damit die Wirbel nicht direkt aufeinanderdrücken, befinden sich zwischen ihnen die Bandscheiben – elastische Puffer, die Stöße und Erschütterungen abfedern.

Diese unscheinbaren Gebilde sind eine geniale Erfindung der Natur. Ihr Mantel besteht aus etlichen Lagen reißfester Fasern. In der Mitte liegt ein gallertiger Kern, der sich mit Flüssigkeit vollsaugt und wie ein Wasserkissen Schläge dämpft.

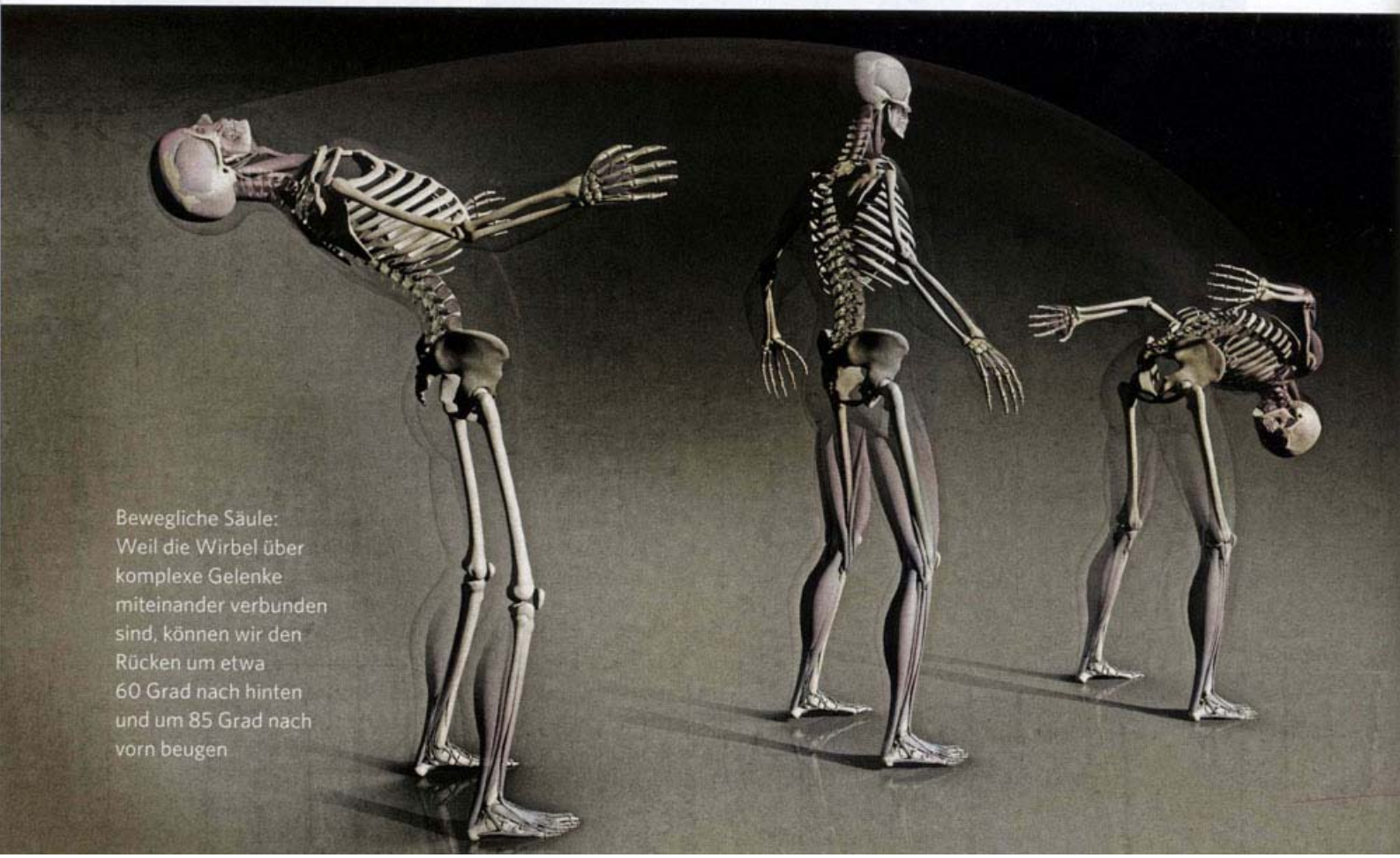
Diese besondere Bauweise ermöglicht es der Scheibe, enormen Belastungen standzuhalten. Denn schon im Sitzen erzeugt das Gewicht unseres Oberkörpers in den unteren Bandscheiben der Lendenwirbelsäule etwa 4,5 Bar Druck – rund doppelt so viel, wie in einem Autoreifen herrscht.

Heben wir ein Gewicht von 20 Kilogramm mit gebeugtem Oberkörper hoch, steigt der Druck im natürlichen Stoßdämpfer ruckartig auf 23 Bar an. Aufgrund der Hebelverhältnisse wirkt in diesem Moment eine Gewichtskraft von 300 Kilogramm auf das gallertige Gebilde ein. In keinem anderen Gewebe des menschlichen Körpers treten höhere Spannungen auf.

Je länger die Bandscheiben beansprucht werden, desto mehr Wasser drängt aus ihnen heraus, desto mehr stauchen sie zusammen. Im Laufe eines Tages verkürzt sich die Wirbelsäule daher um bis zu drei Zentimeter.

Doch diese Belastungen zermürben die Puffer nicht etwa, sie sind geradezu lebenswichtig. Denn das Bandscheibengewebe wird nicht von Blutbahnen versorgt, sondern ernährt sich dadurch, dass es nach vorhergehender Stauchung wie ein Schwamm Nährstoffe und Wasser aus der Umgebung aufsaugt.

Das Rückgrat macht uns zu regelrechten **Meistern der Mobilität**



Bewegliche Säule: Weil die Wirbel über komplexe Gelenke miteinander verbunden sind, können wir den Rücken um etwa 60 Grad nach hinten und um 85 Grad nach vorn beugen

Dies geschieht vor allem während der Nacht, wenn das Gewebe entspannen kann. Daher sind die Puffer morgens wieder prall gefüllt.

Bandscheiben haben Druck also regelrecht nötig: Nur wenn sie immer wieder gequetscht werden – etwa wenn wir uns beugen, die Position wechseln oder eine Last stemmen –, können sie anschließend wieder genügend Nährflüssigkeit in sich hineinpumpen.

Zudem sorgt die mechanische Beanspruchung dafür, dass sich die zentrale Säule ganz natürlich in Form eines doppelten S wölbt. Bei Babys fehlen diese charakteristischen Krümmungen, ebenso bei Behinderten, die nicht gehen können. Die geschwungene Form macht die Wirbelsäule zehnmal widerstandsfähiger gegenüber Stauchungen als ein gerader Stab.

Und doch fiele das Konstrukt aus Wirbelknochen und Bandscheiben in sich zusammen, würde es nicht durch Bänder und vor allem Muskeln stabilisiert.

Wie Gummistränge ziehen sich die Kraftpakete von Wirbel zu Wirbel, halten sie unter Spannung und stützen so die zentrale Achse des Körpers (siehe Illustration Seite 131). Obendrein entlasten sie die Bandscheiben und sind immer dann aktiv, wenn wir uns aufrichten, strecken oder seitwärts drehen. Sie erst geben dem Rücken Halt. Zudem verläuft innerhalb der Wirbelsäule ein kleiner Kanal, durch den sich, perfekt geschützt, das Rückenmark zieht: ein Bündel Nervenstränge, das unser Gehirn mit dem Rest des Organismus verdrahtet.

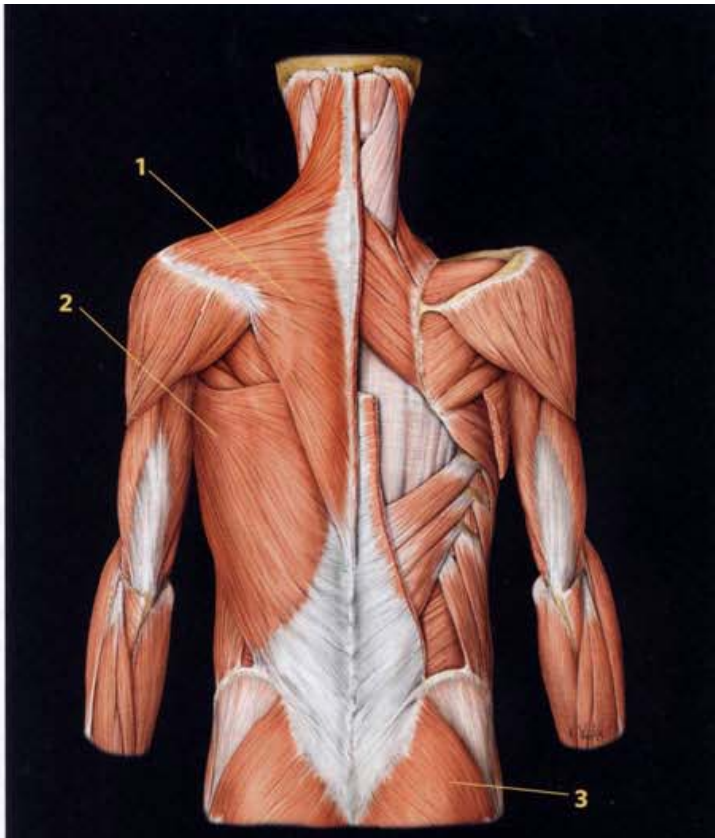
Zwischen jeweils zwei Wirbeln treten Nervenleitungen aus dem Kanal, führen zu verschiedenen Körperregionen, etwa Armen oder Beinen, und verzweigen sich dort zu Netzen. Über diese Nervenleitungen steuert das Gehirn unsere Bewegungen und Organfunktionen; zugleich übermitteln die Leitungen zahlreiche Informationen, etwa Sinnesreize, an das Denkorgan.

Dieses Zusammenspiel aus Wirbeln, Bandscheiben, Bändern, Muskeln und Nervensträngen hat sich im Laufe von Jahrmillionen entwickelt und bestens bewährt (siehe Kasten Seite 138).

Der menschliche Rücken ist also keineswegs eine evolutionäre Fehlkonstruktion. Vielmehr macht er uns Menschen zu Meistern der Mobilität, lässt uns gleichermaßen gut gehen, rennen und springen – und ermöglicht es geübten Sportlern, sich in akrobatischer Weise zu verbiegen, Salti zu schlagen, schwere Hantelstangen zu wuchten.

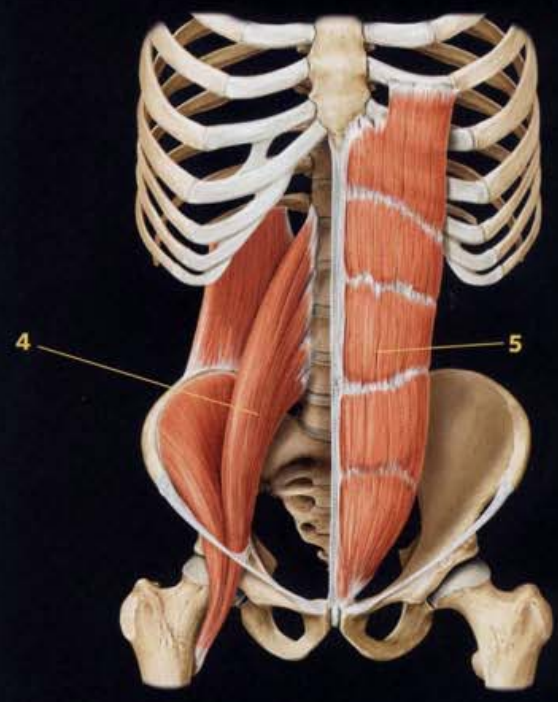
Bei all diesen Bewegungen wirken mitunter gewaltige Kräfte auf das System ein. Doch aus anatomischer Sicht sind die Belastungen kein Problem.

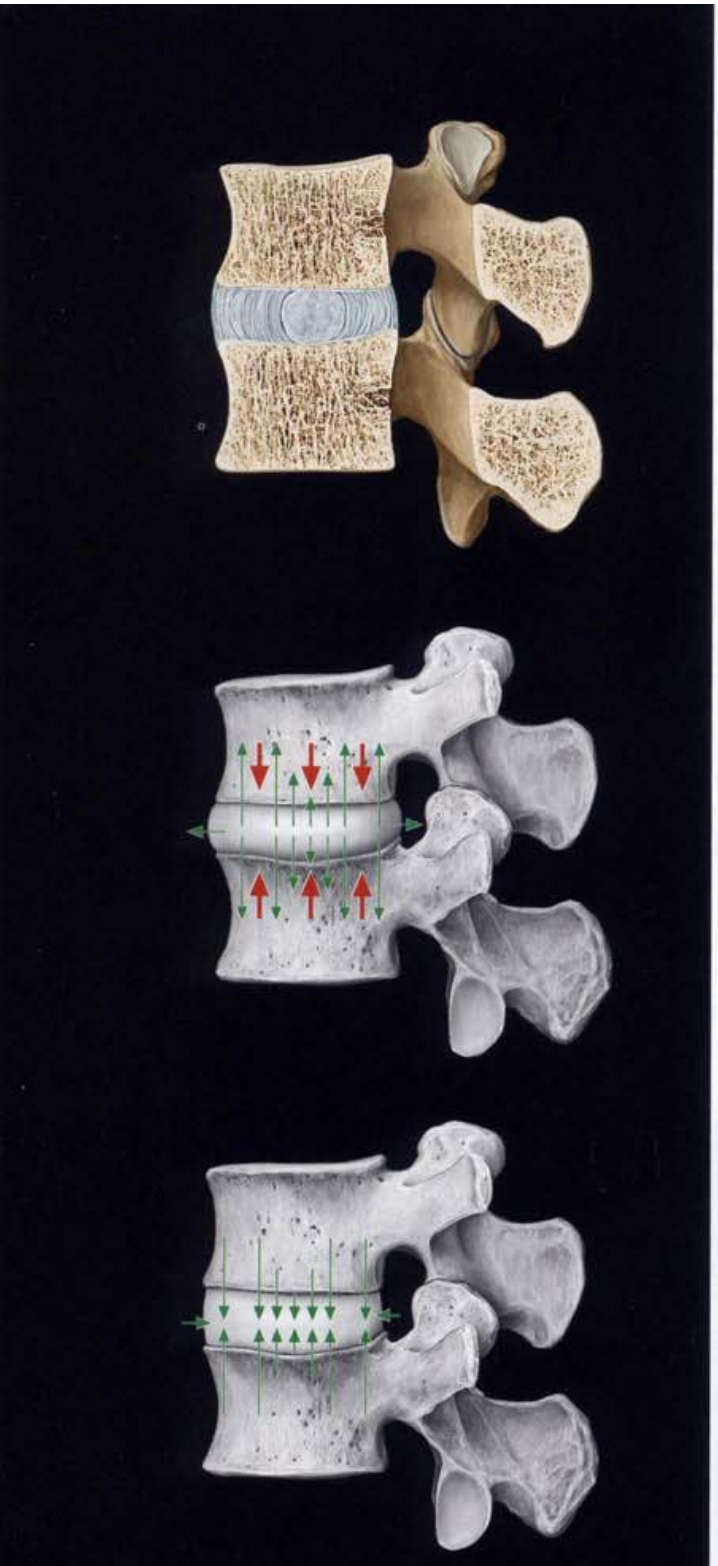
Im Gegenteil: Unsere Wirbelsäule ist darauf angewiesen, dass wir sie fordern. Theoretisch wären unsere Lenden imstande, eine Last von mehr als 1,5 Tonnen zu tragen, das ist so viel, wie ein Kleinwagen wiegt.



Die Mobilmacher

Über den Muskeln, die an der Wirbelsäule festmachen, liegen Muskelschichten, die den Rücken vielseitig in Bewegung versetzen (oben). So dreht der Trapezmuskel (1) das Schulterblatt, der Breite Rückenmuskel (2) zieht die Arme zum Körper, der Große Gesäßmuskel (3) richtet beim Gehen das Becken auf. Zudem spielen etliche Muskeln auf der Vorderseite des Rumpfes eine wichtige Rolle (unten). Der große Lendenmuskel (4) zieht die Lendenwirbelsäule zur Seite, die Geraden Bauchmuskeln (5) beugen den Rumpf und agieren als Gegenspieler jener Muskelstränge, die die Wirbelsäule aufrichten.





Die natürlichen Stoßdämpfer

Zwischen zwei Wirbeln befindet sich eine Bandscheibe (ganz oben im Längsschnitt), in deren Zentrum ein gallertiger Kern liegt. Bei Belastung (rote Pfeile) verliert das Gebilde Flüssigkeit (grüne Pfeile Mitte). Im entlasteten Zustand saugt es sich einem Schwamm gleich wieder voll (grüne Pfeile unten). Da die Bandscheibe nicht von Blutgefäßen versorgt wird, ist sie auf wechselnde Druckbelastungen angewiesen – nur so kann sie genügend Nährflüssigkeit in sich hineinpumpen.

Warum Ärzte Kreuzleiden so schwer aufklären können, und wieso verschlissene Bandscheiben nicht das Problem sind

Wenn der Rücken so hervorragend funktioniert, wieso beschert er vielen von uns dann derart viel Leid? Und was liegt den Kreuzschmerzen zugrunde? So offenkundig diese Fragen sein mögen, so vielschichtig und unbestimmt sind häufig die Antworten darauf.

Denn der Rücken ist eben kein simpler Apparat, dessen Funktion sich mit eindeutigen Messungen überprüfen lässt. Während Ärzte etwa die Ursache für einen Leberschaden anhand bestimmter Blutwerte erkennen können, gibt es kaum vergleichbare Merkmale, die auf Gründe für Probleme mit dem Rücken hinweisen.

Zudem äußern sich die Beschwerden in der Regel höchst individuell: Manche Menschen klagen über ein Stechen in der Lendengegend, andere spüren ein Brennen im Nacken, bei einigen strahlt der Schmerz in andere Körperpartien aus, in Muskeln oder Haut, die Schulter, das Bein, die Hüfte, das Knie.

So kommt es, dass Mediziner in 85 bis 90 Prozent aller Fälle die Diagnose „nicht spezifischer Rückenschmerz" stellen – nicht spezifisch deshalb, weil sie der Pein keine eindeutige organische Ursache zuordnen können.

Selbst eine dramatisch wirkende Verschleißerscheinung, etwa eine deformierte Bandscheibe, muss nicht zwangsläufig der Auslöser von Beschwerden sein. Denn altersbedingte Abnutzungen sind vollkommen natürlich, jeder Rücken zeigt sie, ob er nun schmerzt oder nicht.

Bereits vom 30. Lebensjahr eines Menschen an verlieren etwa die kleinen Wirbelgelenke allmählich an Geschmeidigkeit, verformen und verdichten sich. Bänder büßen an Elastizität und Zugkraft ein, Knochen bauen Substanz ab, werden fragiler, mitunter kommt es zu Fehlstellungen einzelner Wirbel.

Und sogar noch früher, ab dem 20. Lebensjahr, zeigen sich sichtbare Veränderungen an den Bandscheiben. Deren Ausmaß hängt vermutlich vor allem von genetischen Faktoren ab, wird aber auch durch die mechanische Beanspruchung beeinflusst. So sinkt der Wassergehalt im Bandscheibenkern von zunächst 90 Prozent im Laufe eines Lebens auf etwa 75 Prozent. Die Saugkraft des Gewebes lässt daraufhin nach, unweigerlich vermag sich der Puffer nicht mehr so gut zu ernähren, trocknet schneller aus und zermürbt.

In den Fasern, die den Kern ummanteln, können sich kleine Risse bilden, bei starken Belastungen wölbt sich die Bandscheibe dann zunehmend vor. Mitunter verrutscht sie auch in Gänze, oder die Fasern bersten und Gallertmasse quetscht heraus (siehe Kasten Seite 137).

Der Rücken kommt mit unserer **sitzenden Lebensweise** nur schwer zurecht

Solch ein „Bandscheibenvorfall" kann dazu führen, dass ein Teil des Gewebes gegen benachbarte Nervenstränge drückt. Oder dass der Kanal eingeengt wird, in dem das Rückenmark verläuft. Derartige Schäden lassen sich klar erkennen – und sind, so sollte man meinen, der Grund für heftige Schmerzen. Tatsächlich aber reagieren Menschen auf vorgewölbte oder vorgefallene Bandscheiben völlig unterschiedlich. Manche müssen große Pein erdulden, andere dagegen sind gänzlich frei von Leid, sie spüren den Verschleiß nicht im Geringsten.

So weisen Studien darauf hin, dass bei mindestens der Hälfte aller Menschen ohne Beschwerden die Bandscheiben erkennbar verschlissen sind. Mehr noch: Jeder fünfte 20- bis 40-Jährige und jeder zweite 60- bis 80-Jährige hat gar einen Bandscheibenvorfall, merkt aber davon zeitlebens nichts.

Mechanische Defekte an der Wirbelsäule sind demnach nur selten die Ursache akuter Rückenschmerzen. Daher ist auch die Aussagekraft bildgebender Diagnoseverfahren überraschend gering.

Und doch setzen viele Mediziner nach wie vor auf derartige Analysen. Allein die Zahl der – sehr aufwendigen – Untersuchungen mit einem Magnetresonanz-Tomographen (MRT) hat sich seit 2002 mehr als vervierfacht.

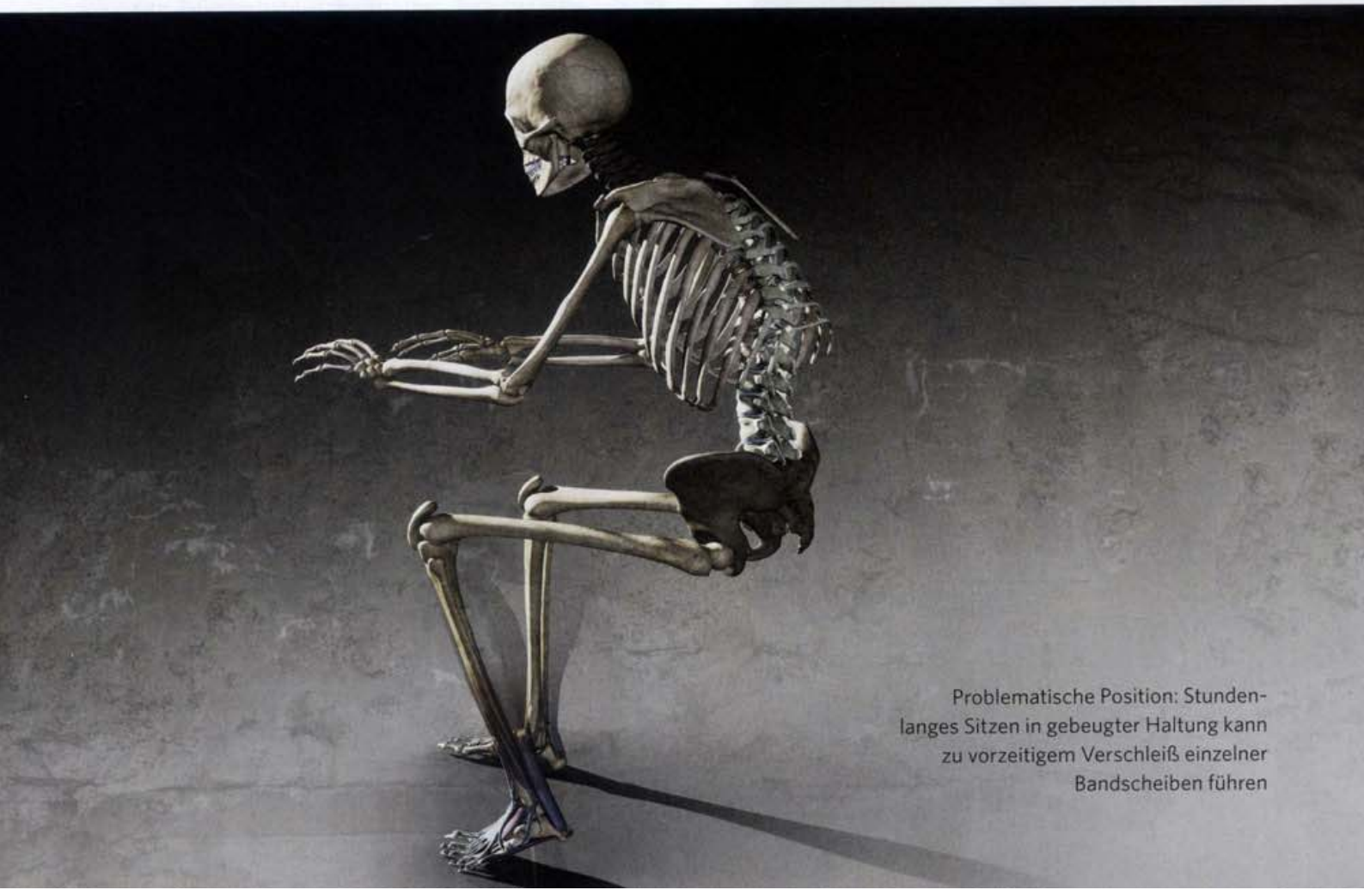
Tatsächlich sind solche Aufnahmen aber nur selten sinnvoll. Etwa dann, wenn ein Rückenkranker starkes Fieber bekommt, seinen Fuß nicht mehr heben kann oder andere Lähmungserscheinungen auftreten. Dann wütet womöglich eine Entzündung in den Knochen, ein Tumor oder eine vorgefallene Bandscheibe klemmt die Nerven ein – und eine klärende Aufnahme ist unumgänglich.

Für alle anderen Leidtragenden gilt: Verschleißspuren am Rücken und subjektiv erlebte Schmerzen, Befund und Befinden passen fast nie zusammen.

III. Ursachen

Wie das moderne Leben dem Kreuz zu schaffen macht, und wann der Rücken ein Spiegel unserer Seele ist

So sehr der Rücken extremen mechanischen Belastungen standzuhalten vermag, so sehr er selbst drastischen Verschleiß zumeist gut erträgt – mit einem kommt er offenbar nur schwer zurecht: unserem modernen Leben, das wir hauptsächlich im Sitzen oder Liegen verbringen.



Problematische Position: Stundenlanges Sitzen in gebeugter Haltung kann zu vorzeitigem Verschleiß einzelner Bandscheiben führen

Rückenleiden sind nicht selten Ausdruck **seelischer Erschöpfung**

Denn wie kein anderer Teil unseres Körpers ist der Rücken darauf angewiesen, dass wir ihn permanent bewegen und belasten. Und mehr noch als auf Wirbel, Bänder und Bandscheiben, trifft dies auf die zahlreichen Muskeln zu, die das System stabilisieren und überhaupt erst aufrecht halten.

Dahinter verbirgt sich ein einfaches Prinzip: Alle Muskeln wachsen und legen an Masse zu, wenn sie gefordert werden – und sie bauen ab, wo Beanspruchung fehlt (siehe Seite 40). Ohne ein kräftiges Muskelkorsett verliert die Wirbelsäule ihren natürlichen Schutzmantel, wird instabil und krümmt sich über die Maßen: ganz gleich ob wir sitzen, stehen oder gehen.

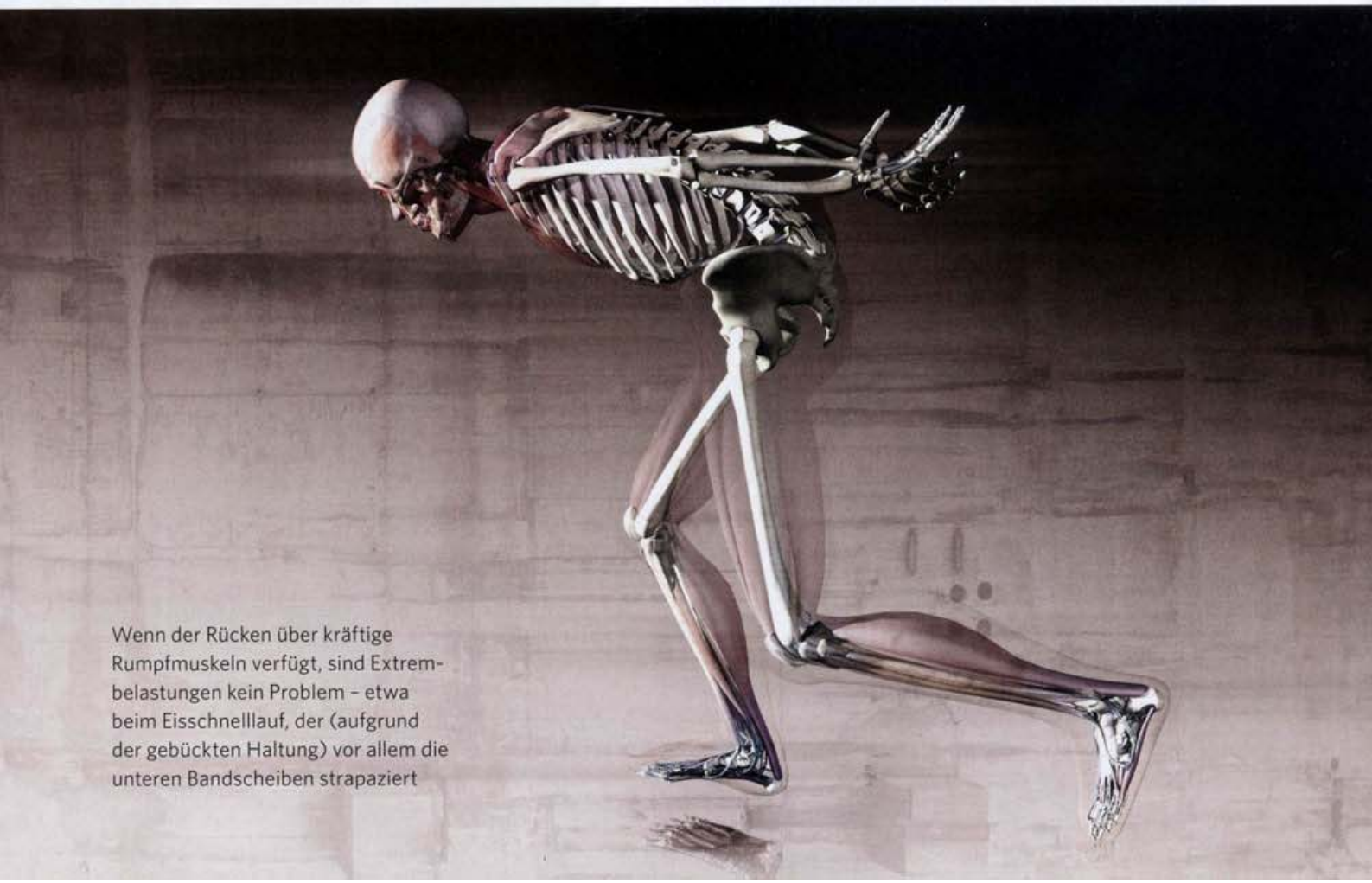
Um diese Fehlstellung zu kompensieren, spannen sich bestimmte Muskelstränge permanent an, sie können gar nicht anders, als sich ununterbrochen zusammenzuziehen. Dabei verhärten die Fasern zusehends und lösen mitunter sehr schmerzhafte Verspannungen aus. Das Gleiche geschieht, wenn wir über längere Zeit in ein und derselben Position verharren oder den Rücken einseitig belasten.

Mehr noch: Je verkümmerter, je kraftloser die Rumpfmuskulatur ist, desto langsamer lässt sie sich aktivieren. Vor allem bei abrupten Bewegungen wie einem Schrittwechsel kommt sie häufig nicht schnell genug in Gang, weil ihr die nötige Kraft fehlt. Mit durchaus fatalen Folgen: Wenn die Ferse aufsetzt, werden die Rückenmuskeln nicht rechtzeitig aktiviert, um den Stoß abzufangen, der bei jedem Schritt auf die Lenden trifft. Gewissermaßen hinken die Stabilisatoren also hinterher, reagieren stets eine Nuance zu spät.

Die einzelnen Schläge stellen zwar eine vergleichsweise geringe Belastung dar, doch in Summe reizen sie die Nerven in der Kreuzgegend – und können irgendwann bereits bei der kleinsten Bewegung zu stechendem Schmerz führen.

Studien zeigen, dass bei fast allen Menschen, denen das Kreuz Kummer bereitet, die Rumpfmuskulatur auffallend schwach ist und deshalb fehlerhaft funktioniert. Sie kommt – vor allem im Zusammenspiel der Rücken- und Bauchmuskeln – bei der Koordination der Bewegungen schlicht nicht nach, ist zu träge, um den Rumpf zu stützen, also ihre eigentliche Aufgabe zu erfüllen.

Ohnehin ist der Mensch im Laufe seiner Stammesgeschichte wohl niemals so kraftlos gewesen wie heute.



Wenn der Rücken über kräftige Rumpfmuskeln verfügt, sind Extrembelastungen kein Problem – etwa beim Eisschnelllauf, der (aufgrund der gebückten Haltung) vor allem die unteren Bandscheiben strapaziert

Während unsere Ahnen noch vor wenigen Tausend Jahren Tag für Tag vermutlich zwischen zehn und 20 Kilometern zu Fuß zurücklegten und infolge ihrer körperlichen Aktivität regelrechte Muskelprotze waren, leiden wir moderne Menschen vor allem an physischer Unterforderung und muten dem Bewegungsapparat daher etwas zu, für das er aus Sicht der Evolution nicht geschaffen ist: Untätigkeit.

Doch damit nicht genug. Längst haben Forscher eine weitere Bedrohung unserer Zeit ausgemacht, die etliche Rücken schmerzen lässt: psychischer Druck, Stress.

Mehr Menschen denn je fühlen sich in der modernen Arbeitswelt gehetzt, rastlos und kurzatmig. Nie zuvor war die Informationsflut so groß, mussten sich Arbeitnehmer so rasch auf neue Aufgaben einlassen, derart viel emotionalen Druck ertragen.

Seelische Belastungen aber sind unweigerlich mit körperlichen Symptomen verbunden. So führen sie etwa dazu, dass insbesondere die Rückenmuskulatur permanent unter Spannung steht und sich, ähnlich wie bei einer Fehlhaltung, nicht regelmäßig genug entspannen kann. Es folgt das bekannte Muster: Die Muskulatur ermüdet, verhärtet, schmerzt.

Dass ein steifer Nacken oder ein gereizter Ischiasnerv tatsächlich Ausdruck seelischer Erschöpfung sein können, belegen zahlreiche Studien. Forscher wissen heute, dass das Risiko, an Kreuzschmerz zu erkranken, umso höher ist, je unzufriedener jemand mit seiner Arbeit ist. Und zwar unabhängig davon, ob seine Wirbelsäule Verschleißerscheinungen zeigt oder nicht.

Vor allem die Frage, ob der Rückenschmerz immer wiederkehrt, also chronisch wird, scheint eng verknüpft mit der seelischen Verfassung. Wer sensibel auf Stress reagiert, zu Schwermut und Ängsten neigt, Schmerz zu unterdrücken versucht oder einfach aushält, ist nach Meinung der Experten besonders gefährdet.

Zudem beeinflussen starke und andauernde Qualen die Schmerzverarbeitung im Gehirn und machen die beteiligten Nervenzellen im Rückenmark immer sensibler. Mit der Zeit melden sie auch bei harmlosen, schwachen Reizen Schmerzsignale ans Denkorgan – mitunter selbst dann, wenn die ursprüngliche Ursache der Pein längst verschwunden ist.

Bisweilen bestimmen sogar soziokulturelle Faktoren darüber, ob jemand zum Rückenpatienten wird oder nicht. Nur so können sich Wissenschaftler erklären, weshalb Menschen aus Ostdeutschland zehn Jahre nach der Wiedervereinigung genauso häufig über Kreuzleiden klagten wie Bürger aus dem Westen. Denn noch um die Wendezeit war das Übel in den neuen Bundesländern weit weniger verbreitet – damals wurden Rückenschmerzen in Ostdeutschland offenbar noch nicht zwangsläufig als medizinisches Problem betrachtet.

Wenn die Bandscheibe birst

Bandscheiben (hier im Querschnitt, stark vereinfacht) liegen in unmittelbarer Nachbarschaft zum Rückenmarkskanal, aus dem zu beiden Seiten Nervenleitungen (gelb) austreten. Wenn das Fasermaterial, das den Kern der Bandscheibe umgibt, spröde wird und reißt, kann Gallertmasse hevorquellen, gegen die Nerven drücken (Mitte) und heftige Schmerzen verursachen. Oder das Material engt den Rückenmarkskanal ein (unten). Im schlimmsten Fall sind dann Lähmungen die Folge.

Die **EVOLUTION** der Wirbelsäule

Vor mehr als einer halben Milliarde Jahren entstand die Urform unserer Zentralachse. Das knöcherne Gebilde hat sich seither stetig weiterentwickelt, aber nie grundlegend gewandelt

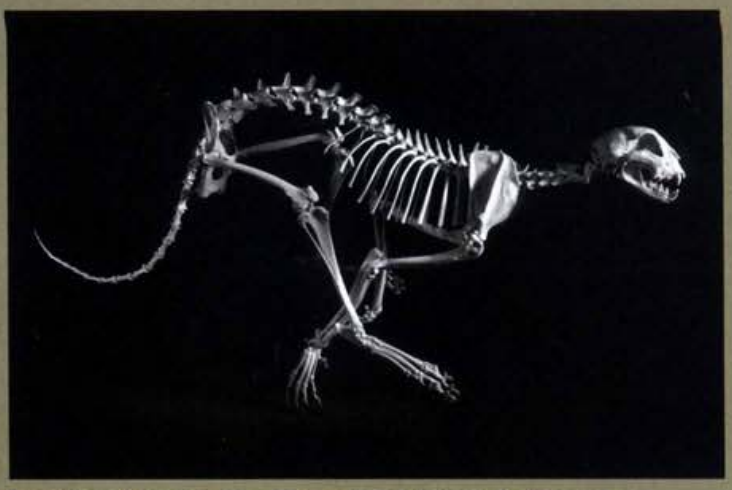
Der menschlichen Wirbelsäule liegt ein Bauplan zugrunde, der namensgebend ist für einen ganzen Tierstamm, den der Wirbeltiere. Mehr als 50 000 Arten zählen zu dieser Gruppe, darunter der mehr als 30 Meter lange Blauwal wie auch der nur wenige Zentimeter große Kolibri.

All diese Tiere werden von einer knöchernen Zentralachse stabilisiert; ohne sie könnten Fische nicht schwimmen, Vögel wären nicht in der Lage, sich in die Lüfte zu schwingen, und viele Tiere an Land kämen schlicht nicht voran.

So erfolgreich ist das Prinzip Wirbelsäule, dass sich ihr grundlegender Aufbau über Hunderte von Jahrmillionen kaum verändert hat.

Zu Beginn dieser Entwicklung war das längliche Gebilde noch nicht in einzelne Segmente gegliedert, in Wirbel und komplexe Gelenke. Vielmehr glich es einem biegsamen Stab, der sich anfangs (vor etwa 530 Millionen Jahren) durch den Körper eines kaum drei Zentimeter großen, spindelförmigen Ozeanbewohners zog – den Urahn der Wirbeltiere.

Dieser Stab, die Chorda dorsalis (von lat. *chorda*, Saite, und *dorsum*, Rücken), bestand aus prallen Zellen umgeben von festem Bindegewebe. Die steife Körperachse ermöglichte eine neue Form der Fortbewegung: Dank ihr waren die Vorfahren der Wirbeltiere in der Lage, ihren Rumpf zu krümmen, ihn mithilfe von Muskelpaketen seitlich hin und her zu bewegen – und sich so äußerst effizient durchs Wasser zu schlängeln.



Stabilisiert die Körper von mehr als 50 000 Tierarten: die Wirbelsäule (hier das Skelett eines Geparden)

Das machte sie im Vergleich zu Würmern, Schnecken und panzerartigen Gliederfüßern, die zu jener Zeit ebenfalls im Meer lebten, zu besonders schnellen Schwimmern: ein entscheidender Vorteil in einer Umgebung voller Feinde.

Im Laufe der folgenden Jahrmillionen gingen aus den Ahnen der Wirbeltiere die ersten Fische hervor, manche klein wie eine Hand, andere bereits bis zu einen Meter lang. Bei einigen entwickelten sich zwischen Chorda dorsalis und den benachbarten Muskelpaketen knöcherne Wirbel. Diese Wirbel verliehen den Körpern noch mehr Stabilität und Beweglichkeit. Denn Fortsätze an den Wirbeln sorgten dafür, dass sich immer kräftigere Muskelstränge an der zentralen Körperachse anheften konnten. Im Vergleich zum simplen Stützstab verbesserte sich dadurch die Kraftübertragung auf den Rumpf der Tiere enorm.

Weil die innen liegende Wirbelsäule parallel zum Rest des Körpers wuchs, erleichterte die Konstruktion obendrein das Größenwachstum der Tiere. Anders als die Gliedertiere, deren Außenpanzer regelmäßig zu eng wurden und abgestreift werden mussten, konnten die Urfische rasch an Größe zulegen, ohne sich etwa zu häuten. Bis heute tragen diese Faktoren entscheidend zum Erfolg der Wirbeltiere bei.

ERST ALS VOR ETWA 350 MILLIONEN JAHREN aus einigen Vorfahren der Fische die Amphibien entstanden – Wesen also, die das Festland eroberten –, musste sich die Wirbelsäule neuen Bedingungen anpassen. Denn noch war sie vor allem für ein Leben im Wasser konstruiert: Wegen des Auftriebs spielte die Schwerkraft dort keine Rolle.

An Land aber musste das Muskel-Skelett-System dem eigenen Gewicht trotzen, es war völlig neuen Belastungen ausgesetzt. Als die ersten Amphibien, urtümliche Lurche, begannen, ihre Brustflossen zum Gehen einzusetzen, reichte es daher nicht mehr, dass die Wirbelsäule über ihre ganze Länge annähernd gleichmäßig flexibel war.

Vielmehr musste sie sich an einigen Stellen versteifen, an anderen dagegen noch beweglicher werden. Das Becken etwa, bei den Fischen noch vergleichsweise klein und nicht mit dem übrigen Skelett verknüpft, wurde massiger und verband sich über Jahrmillionen nach und nach fest mit der Wirbelsäule. Der Körper sank nun nicht mehr zwischen den Gliedmaßen ein, die stärker werdenden Hinterbeine konnten die Last des Körpers besser vom Boden stemmen und ihre Kraft beim Voranschreiten leichter übertragen.

Der Schultergürtel wiederum trennte sich vom Schädel, und die Wirbel zwischen Schulter und Kopf wurden noch mobiler. Auf diese Weise waren die frühen Landgänger beim Beutefang nicht gezwungen, ihren gesamten Körper auf ein mögliches Opfer auszurichten, sondern konnten den Kopf auch seitlich drehen. Darüber hinaus verhinderte die Trennung von Schädel und Schulter, dass die Stöße beim Aufsetzen der Vorderextremitäten direkt auf den Kopf einwirkten – dass also das Haupt bei jedem Schritt erschüttert wurde.

Nach diesen Veränderungen waren die Wirbeltiere gut gerüstet, die Kontinente für sich einzunehmen. Von nun an wandelte sich die Wirbelsäulen-Anatomie nicht mehr grundlegend, eher kam es zu Modifizierungen. So entwickelten manche Reptilien – echsenartige Kreaturen, die vor 300 Millionen Jahren aus den Amphibien hervorgingen – extrem lange, teils wendige Hälse. Entsprechend war die Halsregion ihrer Wirbelsäule besonders ausgeprägt.

Bei Vögeln, die sich vor gut 150 Millionen Jahren aus einer Gruppe der Dinosaurier entwickelten, verschmolzen etliche Rumpfwirbel zu einer festen Einheit – so entstand ein kurzer, steifer Rücken, der ein energiesparendes Fliegen ermöglichte.

Und als vor spätestens 200 Millionen Jahren aus einer Gruppe der Reptilien die Säugetiere hervorgingen, bildete sich schließlich die für diese Tierklasse (und den Menschen) zumeist typische Anzahl von Rückenwirbeln heraus: mit insgesamt sieben Halswirbeln, ganz gleich ob der Hals kurz ist (wie beim Delfin) oder lang (wie bei der Giraffe), sowie zwölf bis 20 Brust- und fünf bis sieben Lendenwirbeln.

Unser Rücken ist damit eine stammesgeschichtlich uralte Konstruktion, die sich über Jahrmillionen bestens bewährt hat. Selbst als unsere Vorfahren vor etwa sieben Millionen Jahren in Afrika erstmals den aufrechten Gang erprobten, gab es keinen Grund, den Bauplan zu verändern. Er eignet sich für die Fortbewegung auf vier Beinen ebenso gut wie für die auf zwei.

Dass uns die Wirbelsäule dennoch so viele Probleme bereitet, liegt also nicht – wie von etlichen Forschern lange Zeit vermutet – an der Evolution. Im Gegenteil: Erst die aufgerichtete Zentralachse verleiht uns Menschen jene enorme Beweglichkeit der oberen Extremität, jene Wendigkeit in Armen, Schulter und Rumpf, die uns so agil macht wie kaum ein anderes Wesen. *Sebastian Witte*

Vermutlich hat neben der Zunahme des Arbeitsstresses vor allem die Dauerpräsenz des Themas Rückenschmerz in Medien und Arztpraxen, haben also Aufklärungskampagnen und Berichte über Betroffene dazu geführt, dass sich die Zahl der Leidtragenden im Laufe der 1990er Jahre deutschlandweit angeglichen hat.

Noch eindringlicher und zugleich schädlicher scheinen Informationen über den eigenen Rücken zu sein – etwa eine Röntgen- oder MRT-Aufnahme, auf der sich naturgemäß fast immer eine vermeintlich krankhafte Veränderung findet.

Denn nach wie vor glauben Patienten wie Mediziner allzu stark an die Bedeutsamkeit der Bilder, lassen sich von den Aufnahmen fehlleiten. Der Grund: Die Betroffenen erwarten eine klare Diagnose, die ihnen plausibel erscheint; und die Ärzte möchten ihrerseits trotz unspezifischer Symptome eindeutige Befunde vorzeigen. Nur so können sie aufwendige (und kostenintensive) Therapien rechtfertigen: Behandlungen, die oft mehr schaden als nützen.

Bei vielen Eingriffen an der **Wirbelsäule** überwiegen die negativen Folgen

IV. Therapien

Wie man Kreuzschmerzen in den Griff bekommt, und welche Methoden nicht zu empfehlen sind

Es gibt wohl kein Leiden, dessen Behandlung eine größere Fülle an Optionen bietet als der unspezifische Rückenschmerz – jener Rückenschmerz also, dem keine eindeutige organische Ursache zugrundeliegt.

Um die Malaise zu kurieren, greifen Ärzte und Therapeuten auf Dutzende Behandlungstechniken zurück:

- Sie setzen mehr als 60 Medikamente ein,
- haben mehr als 100 Techniken der „manuellen Therapie" (dazu zählen etwa Massagen) zur Auswahl,
- wenden mehr als 20 Formen der „Injektionstherapie" an (dabei werden unter anderem örtliche Betäubungsmittel oder Kortison gespritzt),
- nutzen gut 25 Arten der „physikalischen Therapie" (etwa die Behandlung mit elektrischem Strom),
- können mindestens neun verschiedene psychotherapeutische Verfahren verschreiben,
- schenken einer unüberschaubaren Menge alternativer Heilmethoden ihr Vertrauen, darunter der Akkupunktur.

Und obwohl längst erwiesen ist, dass unspezifische Rückenschmerzen nur äußerst selten auf ein Problem mit der Wirbelsäule zurückzuführen sind, obwohl klar ist, dass die Leiden in der Regel muskuläre Ursachen

haben, setzen viele Mediziner immer öfter auf operative Verfahren. Je mehr altersbedingte Verschleißspuren sie aufdecken, desto häufiger und drastischer greifen sie in den Rücken ein: Sie entfernen nicht selten ganze Bandscheiben, setzen Prothesen ein oder verschrauben einzelne Wirbel miteinander. Die Zahl solcher Wirbelsäulenoperationen hat sich von 2005 bis 2010 mehr als verdoppelt – auf rund 220 000 pro Jahr.

Diese hohe Zahl an Eingriffen ist nicht zuletzt auf wirtschaftliche Interessen zurückzuführen: Fast nirgendwo sonst werden Rückenschmerzen so aufwendig – und kostenintensiv – behandelt wie in deutschen Kliniken. Allein dafür müssen Krankenkassen jährlich rund zehn Milliarden Euro aufbringen.

Dabei ist der Nutzen der meisten Verfahren höchst umstritten und in der Regel kaum belegt. Im Gegenteil: Bei vielen Operationen überwiegen sogar die negativen Folgen. So kann sich Narbengewebe bilden, das Nervenleitungen reizt; eingeschleppte Keime können bedrohliche Entzündungen verursachen, Implantate heftige Reaktionen des Immunsystems hervorrufen.

Bleibende Schmerzen nach Eingriffen an der Wirbelsäule haben in der Fachliteratur inzwischen einen eigenen Namen: „failed back surgery syndrome", das Syndrom der fehlgeschlagenen Rückenoperationen. Ein Eingriff in das sensible System sollte daher immer auf eine eindeutige Diagnose zurückgehen.

Für all jene, bei denen der Grund des Leidens unspezifisch ist – also den Großteil der Betroffenen –, sind zunächst andere Ansätze angeraten. Die mögen auf den ersten Blick zum Teil banal anmuten, haben sich aber als sehr effektiv erwiesen:

• **Geduld.** Vergleichsstudien zeigen, dass akute Beschwerden auch ohne chirurgische Intervention mit der Zeit nachlassen. Der Grund: Rückenschmerzen nehmen generell einen guten Verlauf, im Mittel verspüren 75 bis 90 Prozent der Betroffenen binnen weniger Wochen Linderung.

• **Schmerzmittel.** Kurzzeitige Einnahme von frei verkäuflichen Wirkstoffen ist ausdrücklich empfohlen. Sie verhindern, dass der Rücken unter Dauerschmerz noch stärker verkrampft und das Gehirn immer empfindlicher gegenüber Schmerzsignalen wird. Zudem helfen sie, beweglich zu bleiben.

• **Aktivität.** Wer agil ist, fügt seinem Kreuz keinen zusätzlichen Schaden zu. Sondern fördert nachweislich die Genese des Rückens. Besonders ausgefeilt müssen die Bewegungskonzepte gar nicht sein. Ob Gymnastik, Radfahren oder Krafttraining: In Studien schneiden diese gängigen Methoden ähnlich gut ab. Langfristig empfiehlt es sich, die gesamte Rumpf- und Bauchmuskulatur mit einfachen Übungen regelmäßig zu stärken.

• **Stressreduktion.** Psychischer Druck verstärkt die Schmerzwahrnehmung und schwächt das menschliche Muskel-Skelett-System. Daher gilt es, belastende Alltagssituationen möglichst zu vermeiden. Entspannungsübungen können helfen, verspannte Muskeln zu entkrampfen.

Allerdings sollten Betroffene unbedingt Experten zurate ziehen, wenn ihre Beschwerden länger als sechs Wochen anhalten, sie die Dosis von Schmerzmitteln stetig erhöhen müssen, sich zunehmend arbeitsunfähig fühlen, ihre Sozialkontakte vernachlässigen oder gar depressiv werden. Andernfalls besteht die Gefahr, dass der Schmerz zur dauerhaften Qual wird.

Ob dieses Risiko tatsächlich besteht, können geschulte Schmerztherapeuten mithilfe einfacher Checklisten vergleichsweise rasch aufklären – und dabei prüfen, welche Behandlungsmöglichkeiten im Einzelfall infrage kommen. Angesichts der Komplexität chronischer Rückenschmerzen ist diese Abwägung einem niedergelassenen Arzt allerdings oft nur schwer möglich.

Daher entstehen zunehmend spezielle Rückenzentren, in denen sich gleich mehrere Fachleute unterschiedlicher Disziplinen um einen Patienten kümmern. Der Vorteil liegt auf der Hand: Nicht ein einzelner Spezialist wählt die Therapie aus, sondern ein ganzes Team erfahrener Orthopäden, Psychologen und Schmerzmediziner.

Solchen Teams ist bewusst, dass chronischer Rückenschmerz in der Regel nicht eine, sondern mehrere Ursachen hat und daher ganzheitlich behandelt werden muss. Und zwar mittels individuell zusammengestellter Therapien, zu denen gezielte Kraftübungen ebenso gehören können wie Techniken zur Stressbewältigung.

Im besten Fall gelingt es den Experten, neue Wege aus der Pein aufzuzeigen – und Langzeitgeplagte Schritt für Schritt von ihrem Martyrium zu befreien.

Die gute Nachricht: Meist kann ein **Rückenpatient** sein Leiden selbst kurieren

Memo: RÜCKENSCHMERZ

▶ **Kreuzschmerzen** sind in 85 bis 90 Prozent aller Fälle „unspezifisch" – es lässt sich keine eindeutige organische Ursache finden.

▶ **Verschleißspuren** an der Wirbelsäule sind alltäglich und müssen nicht zwangsläufig der Auslöser von Schmerzen sein. Die Aussagekraft bildgebender Diagnoseverfahren ist daher gering.

▶ **Akute Rückenschmerzen** nehmen generell einen guten Verlauf. Wer agil bleibt, verspürt häufig binnen Wochen Linderung.

▶ **Chronische Kreuzschmerzen** haben in der Regel mehrere Ursachen und sollten von einem interdisziplinär arbeitenden Expertenteam behandelt werden.

Epilog

Dass viele Menschen mehr denn je Probleme mit dem Rücken haben, obwohl die Medizin nie fortschrittlicher war als heute, mag widersinnig erscheinen. Doch einiges spricht dafür, dass gerade die Verheißungen der modernen Hightech-Verfahren zu ebendieser Situation beigetragen haben. Denn für Kreuzgeplagte erweisen sie sich als Segen und Fluch gleichermaßen.

Zwar lassen sich etwa mit Röntgengeräten und Magnetresonanz-Tomographen bedrohliche Krankheiten wie ein Tumor oder eine Gelenkentzündung aufdecken. Die bildgebenden Diagnose-Instrumente führen aber auch dazu, dass sich Ärzte häufig zu sehr auf mechanische Defekte der Wirbelsäule konzentrieren. Und den Rücken als eine Art Maschine betrachten, die man instand setzen kann, indem man bestimmte Bauteile erneuert oder austauscht.

Und die Patienten? Für sie ist die Versuchung, auf diese Ärzte und deren Geräte zu vertrauen, nur allzu verlockend. Schließlich gibt ihnen eine klare Diagnose und eine ebenso klar umschriebene Therapie – am besten eine Operation – die Zuversicht, das Leiden schnell und ein für alle Mal überwinden zu können.

Dass die immer präziseren bildgebenden Verfahren und die immer raffinierteren chirurgischen Methoden über die eigentlichen Ursachen der Rückenpein, beispielsweise seelischer Stress oder kraftlose Muskeln, hinwegtäuschen können, will vielen Medizinern und Betroffenen oftmals nicht in den Sinn kommen.

Viel eher bauen sie auf die vermeintliche Aussagekraft der Wirbelsäulen- und Kreuzbein-Aufnahmen – und letztlich darauf, dass ein hoher Aufwand auch einen hohen Nutzen erzielt.

Dabei zeigen immer mehr Studien: Die sanften Wege aus dem Schmerz sind in der Regel die effektiveren. Wer regelmäßig Kreuzbeschwerden hat, darf zwar nicht mit einer raschen, einfachen Heilung rechnen. Aber dafür ist er in der Lage, selber etwas für seine Genesung zu tun.

Er ist imstande (vermutlich so gut wie bei keinem anderen Leiden), die passive Rolle des Patienten zu verlassen. Ist fähig, sein Wohlergehen zu großen Stücken selbst in die Hand zu nehmen, seinen seelischen Zustand zu hinterfragen. Er mag mit dem Joggen beginnen, Yoga erlernen oder Kraftübungen absolvieren –Hauptsache, der Rücken kommt in Bewegung.

So ermutigend kann die Wahrheit sein.

Und so unbequem. □

Sebastian Witte, 29, ist Redakteur, **Tim Wehrmann**, 37, Illustrator im Team von GEOkompakt. **Karl Wesker**, Jahrgang 1953, arbeitet als Maler und Illustrator in Berlin.

Literaturempfehlung: Jan Hildebrandt und Michael Pfingsten (Hg.), „Rückenschmerz und Lendenwirbelsäule", Elsevier; interdisziplinäres Praxisbuch, das gemäß der „Nationalen VersorgungsLeitlinie Kreuzschmerz" Ursachen, Diagnose- und Therapiemöglichkeiten rückenbedingter Leiden aufzeigt.

BILDNACHWEIS/COPYRIGHT-VERMERKE

Anordnung im Layout: l. = links, r. = rechts, o. = oben, m. = Mitte, u. = unten

Titel: Adam Pretty/Getty Images

Editorial: Werner Bartsch f. GEOkompakt: 3 o., Benno Kraehahn f. GEOkompakt: 3 r., Christian Gogolin f. GEOkompakt: 3 l.

Inhalt: siehe entsprechende Seiten

Der bewegte Mensch: Adam Pretty/Getty Images: 6/7; Jamie Francis: 8/9; Ezra Shaw/Getty Images: 10/11; Adam Pretty/Getty Images: 12/13; Joachim Ladefoged/VII: 14/15; Claudia Ziegler/Anzenberger :16/17; Craig Golding/Getty Images: 18/19; Aron Sueveg/Anzenberger: 20/21

Der Lohn der Anstrengung: Sol Neelman: 23; Jonas Bendiksen/Magnum Photos/Agentur Focus: 27; Illustrationen: Tim Wehrmann f. GEOkompakt: 24/25

Der beste Läufer der Welt: Michel Temteme/fotogloria/LUZphoto: 28 o. l., Imagebroker/vario images: 28 o. m., Brendan Bannon/Polaris/laif: 28 o. r., Marcos Ferro/Aurora/laif: 28 m. o., Donald Miralle: 28 m. r., Jordan Siemens/Aurora/laif: 28 m. u., David Klammer/laif: 28 u.; Dustin Snipes: 29 o., Marcos Ferro/Aurora/laif: 29 m. l., Mauritius: 29 m. r., Corey Rich/Aurora/laif: 29 u.; Brendan Bannon/Polaris/laif: 30 o., Marcos Ferro/Aurora/laif: 30 m. l., Till Muellenmeister/laif: 30 m., Scott Markewitz/Gallery Stock: 30 m. r., Bob Wellinski/AP Photo/ddp images: 30 u.; Al Bello/Getty Images: 32; Sampers/Le Figaro Magazine/laif: 36; Illustrationen: Karl Wesker aus: Prometheus Lernatlas der Anatomie, 3. Auflage 2011, Thieme Verlag: 33, 35

Die Kraftpakete: Howard Schatz: 40-43, 46-49; Corbis: 50; Illustrationen: DK Images: 44; Karl Wesker aus: Prometheus Lernatlas der Anatomie, 3. Auflage 2011, Thieme Verlag: 45

Die Kunst der Balance: Adam Pretty/Getty Images: 52-55; Tom Merton/Plainpicture: 60; Illustrationen: Jochen Stuhrmann f. GEOkompakt 56/57, 59

Weshalb fällt es vielen so schwer, Sport zu treiben, Herr Prof. Kleinert?: Achim Multhaupt f. GEOkompakt 62-74

Das sensible Wunder: Illustrationen: Bryan Christie 77-81, 82 u., 83, 84/85; Karl Wesker aus: Prometheus Lernatlas der Anatomie, 3. Auflage 2011, Thieme Verlag: 82 o., 84 l., 86

Bei Nacht, unter Tage und auf dem Einrad: Benno Kraehahn f. GEOkompakt: 90-101

Was uns fit macht: Donald Miralle/Getty Images: 103; Masterfile: 105; Venture Media Group/Aurora/laif: 106/107, Plainpicture: 106 u. l., Claudia Ziegler/Anzenberger 106 u. r., Pierre-Luc Bernier/Getty Images: 107 u. l., Tracy Frankel/Getty Images: 107 u. r.; Hero/Corbis: 108/109, Erik Isakson/Getty Images: 108 u., Plainpicture: 109 u.; Adam Pretty/Getty Images: 110/111, Aflosport/Imago: 110 u., Maja Hitij/dapd/ddp images: 111 u. l., Pete Saloutos/Blend Images/Getty Images: 111 u. r.; Christian Arnal/Getty Images: 112/113, Plainpicture: 112 u., Imagebroker RM/Flonline: 113 u. l., David Ebener/picture-alliance: 113 u.r.; Jasper Juinen/Getty Images: 114/115, Chris McGrath/Getty Images: 114 u., Donald Miralle/Getty Images: 115 u. l., Jordan Mansfield/Getty Images: 115 u. r.; Aflo Sport/Masterfile: 116/117, Jacques Demarthon/AFP/Getty Images 116 u., Rex Features/action press: 117 u. l., Paul Cunningham/Corbis: 117 u. r.; Masterfile: 118/119, Robert Recker/Corbis: 118 u., Tristan Gregory/Camera Press/Picture Press: 119 u.; Plainpicture: 120/121, Keith Ladzinski/Aurora/laif: 120 u., Gregory Boissy/IP3/MAXPPP/picture-alliance: 121 u.; Andrew Shurtleff: 122/123, Martin Rose/Getty Images: 122 u., Michael Pimentel/Corbis: 123 u. l., Donald Miralle/Getty Images: 123 u. r.; Michael Dodge/Getty Images: 124/125, Claus Andersen/Getty Images: 124 u., Roth/Augenklick: 125 u. l., John Middlebrook/picture-alliance: 125 u. r.; Christian Gogolin f. GEOkompakt: 126; Illustrationen: Eric Tscherne f. GEOkompakt: 106, 108, 110; Mick Klaack f. GEOkompakt: 112–115, 118–121, 124, 125; Tim Wehrmann f. GEOkompakt: 116, 117, 122, 123

Dem Rücken auf die Sprünge helfen: Patrick Gries/MNHN/Éditions Xavier Barral: 138; Illustrationen: Tim Wehrmann f. GEOkompakt: 128/129, 132, 135, 136; Karl Wesker aus: Prometheus Lernatlas der Anatomie, 3. Auflage 2011, Thieme Verlag: 130, 131, 133, 134, 137

»Jedes Kind hat ein sportliches Talent«: Andreas Reeg: 142/143, 145–151; Peter Rigaud: 144

Vorschau: Plainpicture: 162/163

Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos übernehmen Verlag und Redaktion keine Haftung.

© GEO 2013, Verlag Gruner + Jahr, Hamburg, für sämtliche Beiträge.