

Prof. Dr. Eckhard Schönau

Klinik und Poliklinik für allgemeine Kinderheilkunde, Universität Köln

Körperliche Aktivität und Knochengesundheit

Wir beschäftigen uns in Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für Kinderernährung mit dem Einfluss der Ernährung, aber auch der körperlichen Aktivität auf die Entwicklung des Muskels und des Skelettsystems. Die Knochenmasse entwickelt sich im Kindes- und Jugendalter und erreicht ihren Höhepunkt zwischen dem 20sten und 30sten Lebensjahr, dann geht es wieder bergab. Die Frage ist: Können wir etwas unternehmen, um die Knochenmasse so anzuheben, damit man nie oder erst sehr spät in den Frakturbereich kommt? Wahrscheinlich müssen wir uns aber künftig zunächst mit einem anderen Problem auseinandersetzen: Unsere Kinder werden zunehmend inaktiv.

Ein stimmiger Vergleich: Hausbau und Knochenentstehung

Wenn man etwas beeinflussen will, muss man sich mit der Regulation des Systems beschäftigen. Ist man zu Hause zum Beispiel mit der Raumtemperatur nicht einverstanden, kann man den Thermostat verstellen, die Heizung an- oder ausstellen, ein Fenster auf- oder zumachen.

Die Entstehung eines Hauses und die Entstehung eines Knochens sind miteinander vergleichbar. Für ein Haus braucht man Steine, Maurer und schließlich entsteht ein Haus mit einer bestimmten Größe, Struktur und Festigkeit. Für den Knochen braucht man neben vielen anderen Dingen Calcium, das sind die Steine, Osteoklasten und Osteoblasten, das sind Maurer und Arbeiter, und dann entsteht ein Knochen. Doch welchen Gesetzmäßigkeiten folgt die Knochenentstehung?

Unsere Vorstellung ist, dass Calcium den Knochen stark macht. Das steht zum Beispiel auf vielen Produkten. Doch motiviert die Calciumzufuhr die Osteoklasten und Osteoblasten tatsächlich, einen Knochen mit einer Struktur entstehen zu lassen? Wenn man dies auf das System Haus überträgt,

würde das heißen: Man hat Maurer, denen man jeden Tag mehr Steine gibt und erwartet nun, dass das Haus größer und fester wird oder mehr Zimmer bekommt. Und dass diese Maurer auf einmal anfangen, fleißig zu arbeiten. Genau das werden sie aber nicht tun. Sie werden mehr Geld für mehr Leistung fordern. Das heißt, sie müssen motiviert werden, und sie müssen wissen, wie das Haus werden soll. Ein Hochhaus, ein Zweifamilienhaus? Das entscheidet der Bauherr, der Wünsche hat, ein Architekt, der Entwürfe macht und ein Statiker, der Berechnungen anstellt. Diese Personen geben entsprechende Informationen an die Maurer, das zu bauen und kaufen entsprechend Material ein.

Vergleichbares gibt es beim Skelettsystem: Für den Knochen ist es wichtig, immer so fest zu sein wie es im Alltag nötig ist. Das heißt, der Knochen muss so fest sein wie die äußeren Einflüsse, die auf ihn einwirken. Sonst gibt es einen Crash, will heißen, eine Fraktur. Der Regler gibt Informationen an die Zellen, den Knochen so zu bauen, dass er den Wünschen folgt. Zudem wird der Darm darüber informiert, so viel Calcium aufzunehmen wie man gerade braucht. Die Calciumaufnahme wird also im Darm geregelt. Zusätzliche Gaben haben nur einen geringen Einfluss auf die Calciumaufnahme.

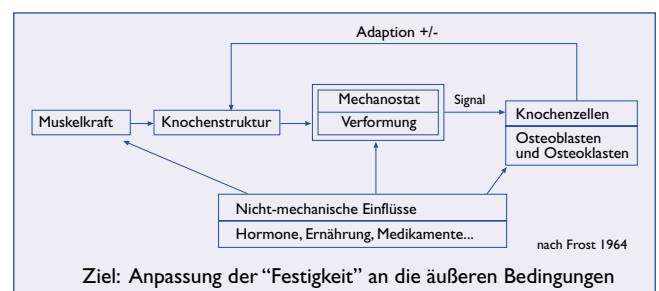


Abbildung 1: Regulation des Skelettsystems

Muskelkontraktionen haben den größten Einfluss auf den Knochen

Die Festigkeit des Knochens wird jeden Tag getestet, und zwar durch eine Kraft, die auf ihn einwirkt.

Die maximalen Kräfte, die auf den Knochen einwirken, entstehen durch Bewegung, durch Muskelkontraktionen. Dadurch entsteht das Mehrfache an Kraft auf den entsprechenden Knochen als durch bloßes Stehen und das Gewicht. Aktive Muskelkontraktionen haben den größten Einfluss auf den Knochen.

Was ist Kraft? Eine Kraft ist etwas, das dafür verantwortlich ist, dass sich etwas anderes bewegt oder verformt. Wenn man sich bewegt, verformt sich der Knochen. Das wird von einem Mechanostaten gemessen, der so wie ein Raumthermostat ständig überprüft, ob die Raumtemperatur den Vorgaben entspricht oder ob nachgeregelt werden muss. In der Knochenbiologie entspricht der Mechanostat wahrscheinlich dem Netzwerksystem der Osteozyten. Der Mechanostat informiert die Knochenzellen, die Knochenstruktur, Knochengeometrie und Festigkeit so anzupassen, dass die Verformung immer in einem gleichen Maß bleibt. Nimmt sie zu sehr zu, kann es zu einer Fraktur kommen, bei zu wenig Verformung wird der Knochen möglicherweise nicht mehr ernährt. Im Kindes- und Jugendalter ändern sich die Muskeln aufgrund der Längenentwicklung und des Gewichtes ständig, die Muskulatur nimmt zu.

Die Knochenwandung ist folgendermaßen aufgebaut: Außen ist das Periost, innen liegen Osteoklasten und Osteoblasten, außen sind aufbauende Zellen, die Osteoblasten. Dazwischen liegen Zellen, die miteinander vernetzt sind, die Osteozyten. Es gibt zunehmend Hinweise dafür, dass diese Osteozyten Messungen vornehmen, wie sich der Knochen verformt, wenn eine Kraft einfließt. Es kommt zu Flüssigkeitsbewegungen, Signale entstehen, die den Zellen innen und außen mitteilen, was sie zu tun haben. Steigert man die Kraft, werden die Osteoblasten angeregt und bilden neuen Knochen. Senkt man die Kraft, sprich die Muskelaktivität, werden Osteoklasten sofort den Knochen abzubauen, der nicht mehr benötigt wird.

Auf der anderen Seite gibt es die nicht mechanischen Einflüsse: Hormone, Ernährung und Verhalten. Diese Faktoren wirken modifizierend auf die Muskeln: Testosteron bläst die Muskeln auf, Östrogene haben Einfluss auf das System des Mecha-

nostaten und verschiedene Hormone wirken direkt auf die Knochenzellen.

Die Frage ist aber: Macht es Sinn, einem immobilisierten Patienten, der vier Wochen im Bett liegt, Calcium und Vitamin D zu geben? Das macht keinen Sinn, denn der Motor „Muskelkraft“ ist ausgestellt. Wer morgens mit dem Auto losfahren will und nur Gas gibt, den Motor aber nicht gestartet hat, kann soviel Gas geben wie er will: Es passiert gar nichts.

Die Knochendichte ist eine Naturkonstante, die nicht durch Muskelkraft beeinflusst wird

Es gibt zunehmend Hinweise, dass diese Modelle zutreffen. Wenn sie tatsächlich stimmen, muss es einen engen Zusammenhang zwischen Muskeln und Skelettentwicklung geben. Das Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund unter der Leitung von Prof. Manz betreut eine Longitudinalstudie, in der jedes Jahr 50 Säuglinge neu aufgenommen werden, die Jahr für Jahr untersucht werden.

Wir haben mit dem Forschungsinstitut für Kinderernährung untersucht, wie sich Muskeln und Knochen bei Kindern entwickeln. Die Untersuchung erfolgte am Unterarm mittels Computertomografie. Wir haben gemessen, wie viel Knochen in Menge vorhanden ist und wie dicht der Knochen ist. Zusätzlich haben wir berechnet, wie fest der Knochen ist – so wie ein Statiker die Festigkeit von einem Rohr berechnet. Die Ergebnisse: Wir konnten keinen Einfluss der Muskulatur auf die Dichte des Knochens, auf die Spongiosa, feststellen. Ob bei den Kindern, Jugendlichen, Vätern oder Müttern: Egal, wie viel Kraft man hat, die Dichte wird nicht beeinflusst. Das macht auch Sinn, denn die Knochendichte ist mehr oder weniger eine Naturkonstante. Genau wie Wasser oder Aluminium eine Dichte hat, hat auch das „Material“ Knochen eine Dichte.

Dies lässt sich vergleichen mit dem Kölner Dom und einer kleinen Kirche daneben: Die Maurer haben für beide Kirchen die gleichen Steine mit der gleichen Dichte genommen. Das machen die Knochenzellen auch. Der Unterschied aber zwischen dem Kölner Dom und der kleinen Kirche nebenan

ist: Die Säulen des Kölner Doms sind dicker, die Wände sind stärker. Das heißt, wenn man die Stabilität des Knochens erhöhen will, muss man außen Knochen auflegen. Je größer der Durchmesser, desto stabiler ist er und desto schwerer kann man ihn brechen.

Genau das haben wir bei den Kindern nachgewiesen: Den Einfluss der Muskelfläche auf die Kortikalisfläche, also die Knochenwandung. Wir fanden eine sehr hohe Korrelation auch bei den Vätern und Müttern. Es gibt also eine ganz enge Beziehung zwischen der Muskelfläche und der Kortikalisfläche.

Fazit ist: Der Knochen und seine Struktur bzw. Geometrie ist eine Funktion der Muskulatur.

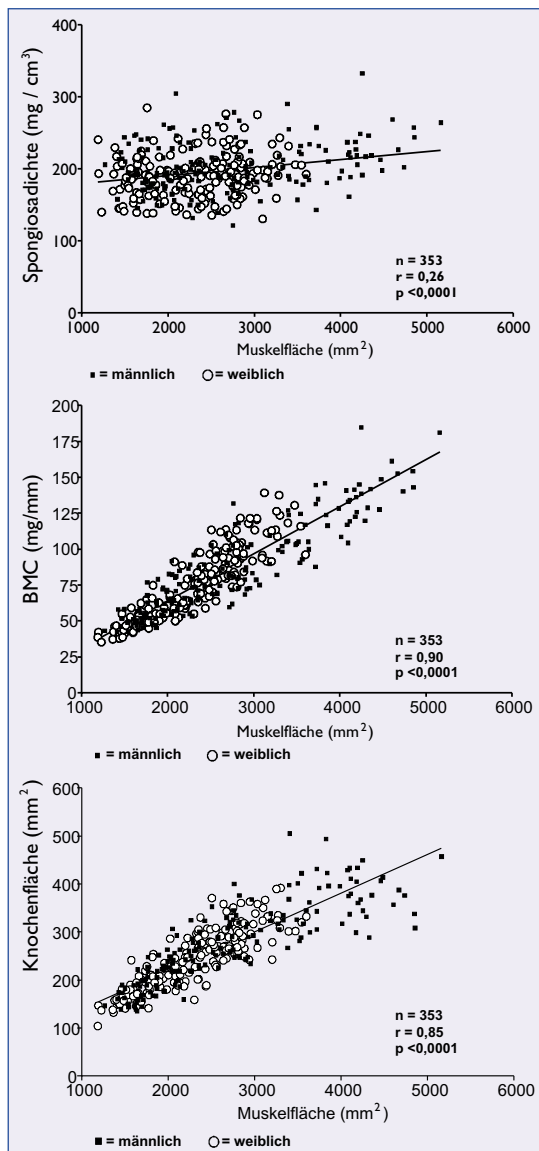


Abbildung 2: Einfluss der Muskulatur auf die Entwicklung der Knochen-dichte, -masse, und -geometrie

Passt die Knochenmenge zur Muskelmenge?

Aufgrund der engen Beziehung zwischen der Menge an Muskeln und der Menge an Knochen bzw. der Knochenfestigkeit wurde ein neues diagnostisches Vorgehen vorgeschlagen. Im Falle von Knochenerkrankungen sollte zuerst überprüft werden, ob die Schuld bei dem Fahrer (Muskulatur) liegt. Liegt ein Muskelmangel vor und eine angepasst niedrige Knochenfestigkeit, dann ist die Schuld nicht bei dem Skelettsystem bzw. bei einer Knochenerkrankung zu suchen. In dem Fall muss abgeklärt werden, welche Ursache der Muskelmangel hat. Dieser sollte dann auch entsprechend behandelt werden, etwa durch Krankengymnastik oder ganz allgemein vermehrte körperliche Aktivität.

Liegt dagegen eine normale Muskelmenge vor, jedoch eine deutlich verminderte Knochenfestigkeit, ist die Ursache im Skelettsystem zu suchen. Entsprechend sind dann auch therapeutische Konzepte zum Aufbau bzw. zur Blockierung des Abbaus des Knochens einzusetzen. Hierfür stehen verschiedene Medikamente zur Verfügung. Dies konnte insbesondere bei Kindern und Jugendlichen mit häufigen Frakturen im Rahmen der so genannten Glasknochenkrankheit nachgewiesen werden. Hierbei zeigt sich eine deutlich verminderte Skelettentwicklung bei mehr oder weniger regelrechter Muskelentwicklung.

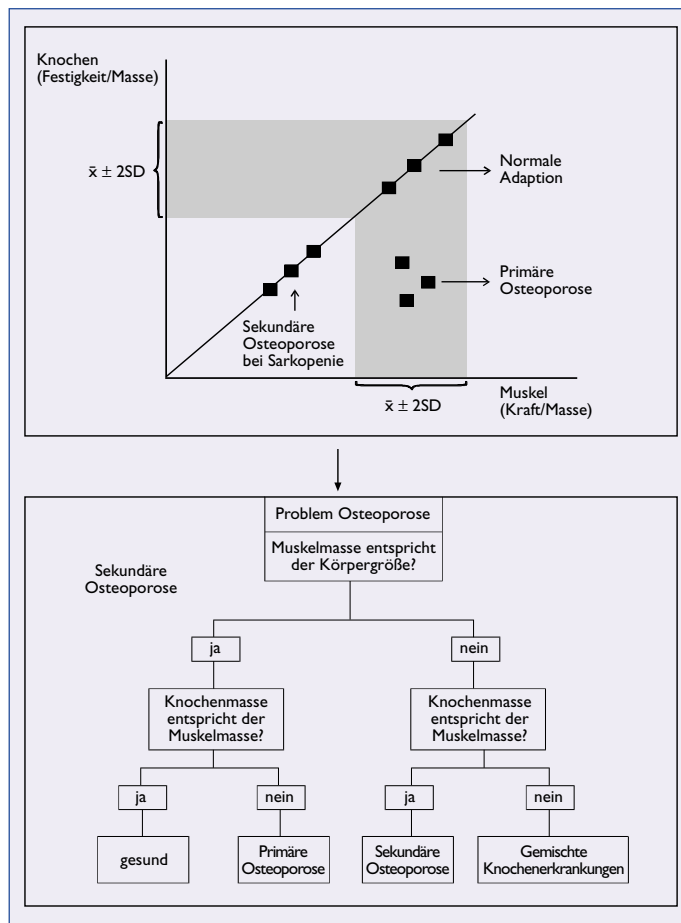


Abbildung 3: Vorschlag für ein neues diagnostisches Stufenprogramm und Klassifikation von Osteoporoseerkrankungen?

Starke Knochen brauchen Calcium

In einer ersten vorläufigen Auswertung haben wir untersucht, welchen Einfluss Calcium auf das Zusammenspiel von Muskel und Knochen hat. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die Calciumaufnahme das Verhältnis von Muskel und Knochen nicht beeinflusst. Dazu werden zur Zeit umfangreichere detailliertere Auswertungen vorgenommen. Es ist jedoch aufgrund der vorliegenden Ergebnisse davon auszugehen, dass das Muskelsystem und die körperliche Aktivität einen weitaus größeren Einfluss auf die Entwicklung des Skelettsystems hat als die Höhe der Calciumaufnahme. Grundsätzlich muss natürlich ein Mindestmaß an Calcium aufgenommen werden, damit kein klinisch bedeutsamer Calciummangel vorliegt, der zu dem Krankheitsbild einer Rachitis im Kindes- und Jugendalter führt. Die Bedeutung der Muskulatur wird zukünftig eine größere Rolle spielen. Erste Untersuchungsergebnisse bei Kindern

konnten zeigen, dass der Einfluss der Lebensweise (Lifestyle) einen Einfluss auf die muskuläre Entwicklung hat. So ergaben Untersuchungen, dass regelmäßiges Fernsehen oder „Bildschirmarbeiten“ von mehr als zwei Stunden pro Tag einen Einfluss auf Muskelfunktionen wie zum Beispiel die Sprungkraft haben. In diesem Zusammenhang ist natürlich auch die Problematik des zunehmenden Übergewichtes bei unzureichender körperlicher Aktivität zu sehen.

Fazit unserer Erkenntnisse ist: Die Muskulatur und die körperliche Aktivität haben den ausschlaggebenden Einfluss auf die Knochenentwicklung und somit Knochengesundheit. Dies muss natürlich im Zusammenhang mit den anderen Faktoren wie Ernährung und Hormonen (Pubertätsentwicklung) gesehen werden. Aus unserer Sicht ist die weitläufige Aussage „Calcium macht den Knochen stark,“ aufgrund dieser Zusammenhänge nicht

korrekt. Dies induziert, dass man durch die Einnahme von Calcium einen direkten Einfluss auf die Skelettentwicklung hat. Aus unserer Sicht sollte diese Aussage umgeändert dahingehend werden in „Starke Knochen benötigen Calcium“. Genau wie ein Flugzeug oder ein Auto Benzin benötigen – wohin es aber geht und wie viel man benötigt, entscheidet der Fahrer oder Pilot.

Literaturhinweise

- H. Frost; E. Schönau: The „Muscle-Bone-Unit“ in Children and Adolescents: A 2000 Overview. *J Pediatric Endocrinol & Metabolism* 13 (2000) 571-590
- F. Rauch; E. Schönau: The Developing Bone: Slave or Master of its Cells and Molecules? *Pediatric Research* 3 (2001) 309-314
- E. Schönau: Osteoporoseprävention: Eine neue Aufgabe des Kindes- und Jugendarztes? *Der Kinderarzt* 3800 (1997) 1-5
- E. Schönau; C. M. Neu; F. Rauch; F. Manz: The development of bone strength at the proximal radius during childhood and adolescence. *J Clin Endocrinol Metab* 86 (2001) 613-618
- E. Schönau; C. M. Neu; E. Mokov; G. Wassmer; F. Manz: Influence of Puberty on Muscle Area and Cortical Bone Area of the Forearm in Boys and Girls. *J Clin Endocrinol Metab* 85(3) (2000) 1095-1098