

Beugen oder Nichtbeugen, das ist hier die Frage

Fléchir ou ne pas fléchir, telle est la question

CHRISTIAN BANGERTER, MICHAEL L. MEIER, STEFAN SCHMID

Immer wieder hört man die Empfehlung, den Rücken beim Heben «gerade» zu halten, um Verletzungen vorzubeugen. Doch ist dies aus biomechanischer Sicht eigentlich gerechtfertigt?

Um Rückenschmerzen vorzubeugen, wird von Gesundheitsfachleuten oft vermittelt, dass Lasten ausschliesslich mit geradem Rücken gehoben werden sollen. Die Definition «gerader Rücken» bezieht sich dabei i.d.R. auf die neutrale Position der Wirbelsäule im aufrechten Stand. Gemäss einer Umfrage in Grossbritannien ist die Mehrheit der Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten der Überzeugung, dass der Rücken eine verletzungsanfällige Struktur ist und dass das Heben mit geradem Rücken die Wirbelsäule schont bzw. sicherer ist als das Heben mit rundem Rücken [1]. Eine kürzlich publizierte Studie aus der Schweiz hat zudem gezeigt, dass solche Überzeugungen auch unter den hiesigen Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten verbreitet sind und darüber hinaus klinische Entscheidungen beeinflussen können [2]. Aus klinischer Sicht sind solche Erkenntnisse äusserst relevant, da Überzeugungen bezüglich der Verletzlichkeit des Rückens mit Empfehlungen, den Rücken zu schonen und Bewegung zu vermeiden, in engem Zusammenhang zu stehen scheinen [2].

Worauf basieren diese Empfehlungen eigentlich?

Weitverbreitete Richtlinien postulieren, dass das Heben einer Last mit gebeugtem Rücken schädlich sei und dass Verletzungen/Schmerzen durch das Heben mit geradem Rücken verhindert werden können. Begründet werden diese Empfehlungen meistens so, dass die Bandscheiben bei einer gebeugten Wirbelsäule stärker und ungleichmässig belastet und dadurch geschädigt würden. Dazu kommt, dass die vielfach als schwach bezeichnete Rückenmuskulatur in einer gebeugten Haltung zu viel arbeiten müsse und dadurch überlastet werde. Obwohl in diesen Richtlinien selten bis nie wissenschaftliche Studien zitiert werden, wird dabei vielfach mit den Erkenntnissen einer schwedischen Forschergruppe argumentiert, die in den 1960er-Jahren In-vivo-Messungen des intradiskalen Druckes in verschiedenen Körperpositionen durchführte [3]. Die Ergebnisse zeigten, dass das Vorbeugen

On entend souvent la recommandation de garder le dos «droit» en soulevant des charges afin de prévenir les blessures. Mais est-ce justifié d'un point de vue biomécanique?

Pour prévenir le mal de dos, les professionnels de la santé enseignent souvent que les charges doivent être soulevées uniquement avec le dos droit. La définition de «dos droit» renvoie généralement à la position neutre de la colonne vertébrale en position debout. Selon un sondage réalisé en Grande-Bretagne, la plupart des physiothérapeutes sont convaincu-e-s que le dos est une structure sujette aux blessures et que soulever des charges en gardant le dos droit ménage la colonne vertébrale ou est plus sûr que soulever ces charges avec le dos courbé [1]. En outre, une étude récemment publiée en Suisse a montré que de telles convictions sont également répandues parmi les physiothérapeutes de notre pays et qu'elles peuvent influencer les décisions cliniques [2]. D'un point de vue clinique, de telles conclusions sont extrêmement pertinentes, car les convictions relatives à la vulnérabilité du dos semblent être étroitement liées aux recommandations de ménager le dos et d'éviter l'exercice [2].

Sur quoi s'appuient ces recommandations au fond?

Selon les directives les plus répandues, soulever une charge avec le dos fléchi est nuisible et les blessures/douleurs peuvent être évitées si l'on soulève la charge en gardant le dos droit. La plupart du temps, ces recommandations s'appuient sur le fait que les disques intervertébraux sont soumis à une charge inégale et plus importante lorsque la colonne vertébrale est fléchie, ce qui les endommage. De plus, la musculature du dos, souvent qualifiée de faible, doit trop travailler dans une position fléchie, ce qui la surcharge. Même si ces directives ne citent que rarement, voire jamais, d'études scientifiques, elles s'appuient souvent sur les conclusions d'un groupe de chercheurs suédois qui, dans les années 1960, a effectué des mesures in vivo de la pression intradiskale dans différentes positions corporelles [3]. Les résultats ont montré que le fait de pencher le tronc en avant entraînait une nette augmentation de la pression et, par conséquent, une surcharge de l'*annulus fibrosus* (anneau de cartilage fibreux

des Rumpfes eine deutliche Druckzunahme und eine daraus resultierende Mehrbelastung des Annulus fibrosus (Ring aus Faserknorpel, der den gallertartigen Kern der Bandscheibe, den Nucleus pulposus, umgibt) zur Folge hatte, was sich beim Halten von zusätzlichen Gewichten entsprechend verstärkte. Obwohl diese Resultate auf den ersten Blick nachvollziehbar erscheinen, ist die Aussagekraft in Bezug auf die Hebetechnik jedoch stark limitiert. Zum einen heisst eine Zunahme des intradiskalen Drucks noch lange nicht, dass die Bandscheiben dadurch geschädigt werden. Zum anderen ist der Druck lediglich eine Expression der Gesamtbelastung auf die Bandscheibe und sagt nichts über die unterschiedlich wirkenden Kräfte (z.B. Kompressions- und Scherkräfte) aus. Und letztlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass das invasive Messverfahren (Einführen einer instrumentierten Nadel in den Nucleus pulposus unter Lokalanästhesie) einen negativen Einfluss auf das Bewegungsverhalten und somit auf die Belastungssituation hatte.

Nebst den intradiskalen Druckmessungen wird auch vielfach mit Erkenntnissen aus Tierkadaverstudien argumentiert. So hat z.B. eine kanadische Forschergruppe um die Jahrtausendwende eine Studie durchgeführt, in der einzelne frei präparierte Halswirbelsäulen-Segmente von Schweinekadavern mehrere Tausend Mal maschinell flektiert und extendiert und die Bandscheiben danach mittels Röntgenbilddarstellung auf Schädigungen untersucht wurden [4]. Gemäss den Autoren schienen die Ergebnisse darauf hinzuweisen, dass die wiederholten Flexionsbewegungen einen grösseren Einfluss auf Bandscheibenschädigungen hatten als reine Kompressionsbelastungen. Solche Tierkadaverstudien sind jedoch mit zahlreichen Limitationen verbunden, sodass die Resultate nicht ohne weitere Untersuchungen direkt auf den Menschen übertragen werden sollten.

Als weitere Argumentationsbasis für die oben genannten Heberichtlinien dienen vielfach auch Kohortenstudien im Arbeitsumfeld, z.B. die Studie von Hoogendoorn et al. [5]. Dabei wurde anhand von Videoaufnahmen festgestellt, dass das Ausmass der Rumpfvorneigung während der Arbeit mit einem vermehrten Auftreten von Rückenschmerzen im Zusammenhang zu stehen schien. Wichtig ist aber, zu beachten, dass in dieser Studie nicht die Wirbelsäulenflexion, sondern lediglich die Oberkörpervorneigung analysiert wurde, die beispielsweise auch durch eine Hüftflexion zustande kommen kann. Da die Autoren diese Oberkörpervorneigung im Artikel jedoch als «Rumpf-Flexion» bezeichneten, wurde dies offensichtlich vielfach einer Wirbelsäulenflexion gleichgestellt und im Kontext der Heberichtlinien dementsprechend inadäquat interpretiert.

Was sagt die aktuelle biomechanische Evidenz dazu?

Nebst den Limitationen der oben genannten Studien unterstützen aktuelle Erkenntnisse aus der biomechanischen Forschung diese klare Unterscheidung zwischen richtiger und falscher Hebetechnik nicht. Eine kürzlich publizierte Übersichtsarbeit mit Metaanalyse hat beispielsweise gezeigt,

entourant le *nucleus pulposus*, le noyau gélatineux du disque intervertébral). Ce phénomène étant accentué lorsque des charges étaient soulevées. Bien que ces résultats semblent à première vue compréhensibles, leur pertinence est toutefois fortement limitée en ce qui concerne la technique de levage. D'une part, une augmentation de la pression intradiscale est loin de signifier que les disques intervertébraux sont endommagés. D'autre part, la pression n'est qu'une expression de la charge totale exercée sur le disque intervertébral et ne dit rien sur les différentes forces en présence (p. ex. les forces de compression et de cisaillement). Enfin, on ne peut pas exclure que la mesure invasive (introduction d'une aiguille instrumentée dans le *nucleus pulposus* sous anesthésie locale) ait eu une influence négative sur la manière de faire le mouvement et donc sur la mise en charge.

Outre les mesures de pression intradiscale, l'argumentation s'appuie souvent sur les connaissances tirées d'études de cadavres d'animaux. Ainsi, au tournant du millénaire, un groupe de chercheurs canadiens a mené une étude dans le cadre de laquelle des segments de vertèbres cervicales de cadavres de porcs préparés ont été fléchis et étendus plusieurs milliers de fois à l'aide d'une machine; les disques intervertébraux ont ensuite été examinés par radiographie pour détecter des lésions [4]. Selon les auteurs, les résultats semblaient indiquer que les mouvements de flexion répétés entraînaient davantage de lésions des disques intervertébraux que les simples charges de compression. Toutefois, de telles études sur des cadavres d'animaux se heurtent à de nombreuses limites, de sorte que les résultats ne devraient pas être directement transposés à l'homme sans études supplémentaires.

Souvent, des études de cohorte menées dans l'environnement de travail, comme celle de Hoogendoorn et al. [5], servent également de base argumentaire allant dans le sens des directives susmentionnées relatives au levage d'une charge. Des enregistrements vidéo semblaient montrer un lien entre le degré d'inclinaison du tronc au travail et l'apparition de douleurs dorsales accrues. Il est toutefois important de signaler que cette étude n'a pas analysé la flexion de la colonne vertébrale, mais uniquement l'inclinaison du haut du corps vers l'avant, qui peut aussi être due, par exemple, à une flexion de hanches. Or puisque dans l'article les auteurs ont désigné cette inclinaison du haut du corps comme une «flexion du tronc», celle-ci a régulièrement été assimilée à une flexion de la colonne vertébrale et interprétée de manière inadéquate dans les directives relatives du levage d'une charge.

Que disent les données probantes biomécaniques actuelles à ce sujet?

Outre les limites des études susmentionnées, les connaissances actuelles issues de la recherche en biomécanique ne soutiennent pas cette distinction nette entre techniques de levage correcte et incorrecte. Par exemple, un travail de synthèse comprenant une méta-analyse, récemment publié, a

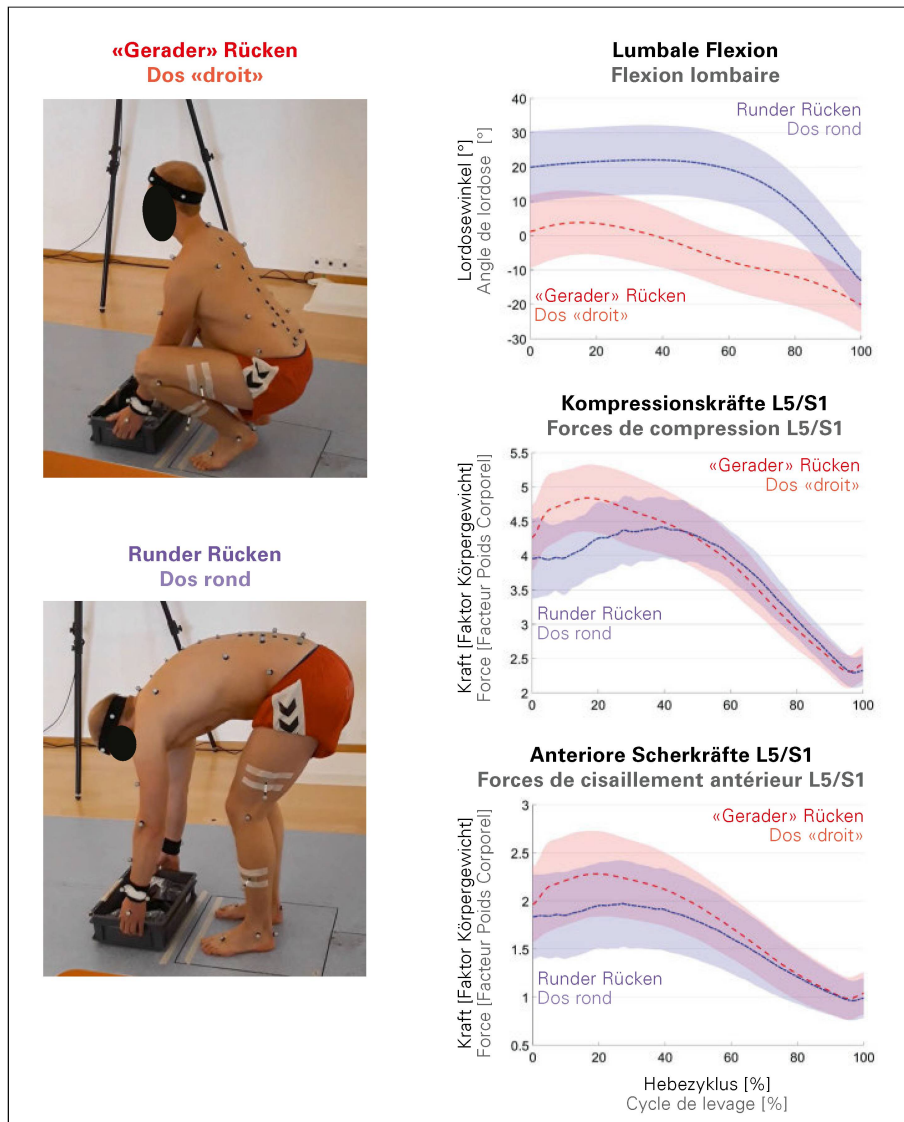


Abbildung 1: Links: Illustration der Hebetechniken «gerader» Rücken mit gebeugten Knien (oben) und runder Rücken mit gestreckten Knien (unten). Rechts: Lordosewinkel (oben) sowie Kompressions- und anteriore Scherkräfte im L5/S1-Segment (Mitte und unten) während des Hebens einer Last vom Boden mit «geradem» (rot) und rundem (blau) Rücken (modifiziert nach von Arx et al. [7]). I Illustration 1: à gauche: illustration des techniques de levage avec dos «droit» et genoux fléchis (en haut) et avec dos rond fléchi et genoux tendus (en bas). À droite: angle de lordose (en haut) et forces de compression et de cisaillement antérieures au niveau du segment L5/S1 (au milieu et en bas) lors du levage d'une charge depuis le sol avec un dos «droit» (rouge) et un dos rond fléchi (bleu) (modifié d'après von Arx et al. [7]).

dass eine flektierte Lendenwirbelsäule während des Lastenhebens keinen Risikofaktor für die Entstehung oder das Fortbestehen von Rückenschmerzen darzustellen scheint [6]. Untersuchungen aus unserer eigenen Forschungsgruppe zeigen weiter auf, dass das Aufheben einer Last vom Boden stets mit einer Flexion der Wirbelsäule verbunden ist [7], d.h., ein wirklich gerader Rücken (neutrale Position) kann gar nicht aufrechterhalten werden, selbst wenn man explizit dazu aufgefordert wird. Dazu wurden in einer Gruppe von 30 gesunden Erwachsenen Flexionen der lumbalen Wirbelsäule gemessen (Abbildung 1). Bei der Aufforderung, den Rücken so weit wie möglich nach vorne zu beugen und die Knie gerade zu halten, betrug die Flexion ca. 35°. Bei der Aufforderung, den Rücken gerade zu halten und in die Knie zu gehen, wurden Werte von 25° gemessen. Mittels komplexer Computermodelle, die detaillierte Simulationen der intersegmentalen Kräfte während des Lastenhebens ermöglichen, konnten wir weiter feststellen, dass die axial wirkenden Kompressionskräfte in der gesamten Lendenwirbelsäule beim Heben mit

montré qu'une colonne lombaire fléchiée lors du port levage de charges ne semble pas constituer un facteur de risque pour l'apparition ou la persistance de douleurs dorsales [6]. Des études menées par notre propre groupe de recherche montrent en outre que le fait de soulever une charge depuis le sol est toujours associé à une flexion de la colonne vertébrale [7], ce qui signifie qu'il est impossible de maintenir un dos vraiment droit (position neutre), même si l'on est explicitement invité à le faire. À cet effet, on a mesuré les flexions de la colonne vertébrale lombaire chez 30 personnes adultes en bonne santé (illustration 1). Lorsqu'on leur a demandé de fléchir le dos le plus possible vers l'avant et de garder les genoux droits, la flexion était d'environ 35°. Lorsqu'on leur a demandé de garder le dos droit et de plier les genoux, les valeurs mesurées étaient de 25°. Au moyen de modèles informatiques complexes, qui permettent des simulations détaillées des forces intersegmentaires durant le levage de charges, nous avons également constaté que les forces de compression agissant axialement dans l'ensemble de la

rundem Rücken deutlich kleiner waren als beim Heben mit «geradem» Rücken (*Abbildung 1*) [7]. Hinzu kam, dass die anterioren Scherkräfte beim Heben mit rundem Rücken in den oberen Segmenten der Lendenwirbelsäule zwar etwas höher, aber im Segment L5/S1 deutlich tiefer waren als beim Heben mit «geradem» Rücken. Diese Erkenntnis ist von besonderer Bedeutung, da es sich hierbei um den Bereich handelt, der am meisten von Pathologien, wie Bandscheibenvorfällen oder Wirbelgleiten, betroffen ist [7].

«Angstmacherei» mit möglichen negativen Konsequenzen?

Viele der oben genannten Heberichtlinien enthalten warnende, ja schon fast angsteinflößende Illustrationen über die gesundheitsschädigenden Konsequenzen des «falschen» Lastenhebens. Werden diese Warnungen zusätzlich noch durch Gesundheitsfachpersonen unterstützt, kann dies bei den betroffenen Personen zunehmend Ängste und negative Überzeugungen auslösen, die schliesslich einen Einfluss auf das Bewegungsverhalten haben. Matheve et al. [8] haben beispielsweise gezeigt, dass Rückenschmerzpatient:innen mit einer erhöhten «Angst vor dem Heben mit rundem Rücken» ein vermindertes lumbales Bewegungsausmass aufwiesen, das als protektives Bewegungsverhalten interpretiert wurde. Unsere Forschungsgruppe hat zudem kürzlich gezeigt, dass solche Mechanismen offensichtlich nicht nur bei Rückenschmerzpatienten, sondern auch bei gesunden schmerzfreien Erwachsenen beobachtet werden können [9, 10]. Es wird dabei angenommen, dass das verminderte Bewegungsausmass durch ein aktives Versteifen der lumbalen Wirbelsäulensegmente mittels antagonistischer Muskelaktivität (Ko-Kontraktion) zustande kommt, was wiederum mit einem eingeschränkten und starren Bewegungsverhalten, einer verminderten Bewegungsvariabilität und einer Mehrbelastung (Kompression) der Wirbelsäule in Verbindung gebracht wird [11,12]. Obwohl solch protektive Bewegungsstrategien bei akuten Rückenschmerzen kurzfristig durchaus sinnvoll sein können, geht man davon aus, dass sie über längere Zeit zu muskulärer Ermüdung führen sowie die Degeneration des Wirbelsäulengewebes beschleunigen und pro-nozizeptive Mechanismen bzw. das Persistieren von Rückenschmerzen begünstigen können [12]. Die Tatsache, dass bereits gesunde schmerzfreie Personen mit einer erhöhten «Angst vor dem Heben mit rundem Rücken» ein sogenanntes protektives Bewegungsmuster zeigen, wirft zudem die Frage auf, ob solche Adaptationen gar prädisponierend für Rückenschmerzen sein könnten [12].

Und was heisst das jetzt konkret?

Aktuelle Erkenntnisse aus der biomechanischen Forschung unterstützen die weitverbreitete und generell akzeptierte Empfehlung, mit «geradem» Rücken zu heben, um Verletzungen/Schmerzen zu vermeiden, nicht. Im Gegenteil – aufgrund einer beobachteten Belastungsreduktion im L5/S1-Segment

colonne lombaire étaient nettement plus faibles lors du levage de la charge avec le dos rond que lors du levage avec le dos «droit» (*illustration 1*) [7]. De plus, les forces de cisaillement antérieures étaient légèrement plus élevées dans les segments supérieurs de la colonne vertébrale lombaire lors du levage avec le dos fléchi, mais nettement plus faibles dans le segment L5/S1, en comparaison avec le mouvement réalisé en gardant le dos droit. Cette constatation est particulièrement importante, car il s'agit de la zone la plus touchée par des pathologies telles que les hernies discales ou les glissements de vertèbres [7].

«Faire peur» avec d'éventuelles conséquences négatives?

Bon nombre des directives susmentionnées contiennent des illustrations de mise en garde, potentiellement anxiogènes, sur les conséquences néfastes pour la santé d'un «mauvais» levage de charges. Si ces mises en garde sont appuyées par des professionnels de la santé, elles peuvent déclencher, chez les personnes concernées, des peurs et des convictions négatives croissantes, qui finissent par se répercuter sur la manière de bouger. Matheve et al. [8] ont ainsi montré que les patient·e·s souffrant de maux de dos et ressentant une «crainte de soulever des charges avec le dos rond fléchi» réalisaient des mouvements lombaires d'amplitude réduite. Ceci a été interprété comme un comportement physique protecteur. En outre, notre groupe de recherche a récemment montré que de tels mécanismes pouvaient être observés non seulement chez les patients souffrant de douleurs dorsales, mais aussi chez des adultes sains et sans douleurs [9, 10]. On suppose que la réduction de l'amplitude des mouvements est due à un raidissement actif des segments lombaires de la colonne vertébrale par le biais d'une activité musculaire antagoniste (cocontraction). Cette attitude est associée à des mouvements limités et rigides, à une variabilité réduite des mouvements et à une charge supplémentaire (compression) sur la colonne vertébrale [11, 12]. Même si ces stratégies protectrices en matière de mouvement peuvent être tout à fait judicieuses à court terme en cas de douleurs dorsales aiguës, on suppose qu'à plus long terme, elles peuvent entraîner une fatigue musculaire, accélérer la dégénérescence des tissus de la colonne vertébrale et favoriser les mécanismes pronociceptifs ou la persistance des douleurs dorsales [12]. Le fait que des personnes en bonne santé et ne souffrant pas de douleurs présentent déjà un schéma de mouvement dit «protecteur», avec une «crainte accrue de soulever des charges avec le dos fléchi», soulève une autre question: de telles adaptations pourraient-elles prédisposer aux douleurs du rachis [9]?

Qu'est-ce que cela signifie concrètement?

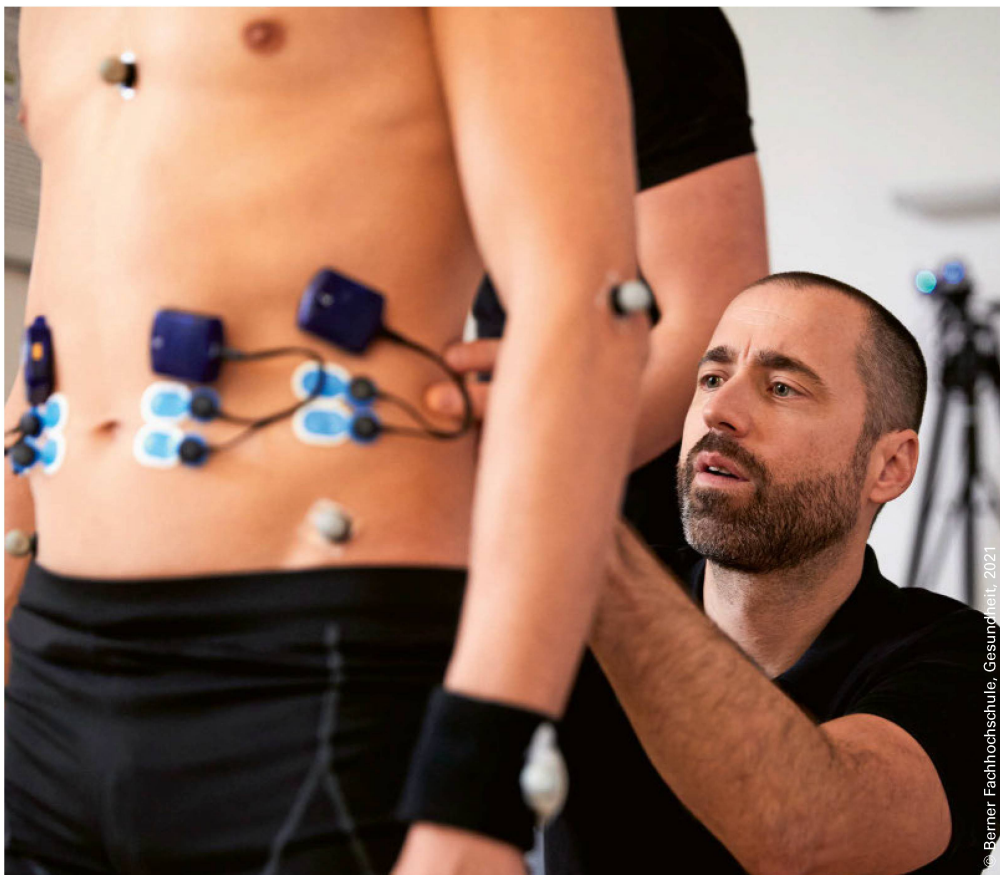
Les connaissances actuelles issues de la recherche en biomécanique ne soutiennent pas la recommandation largement répandue et généralement acceptée de soulever des charges

(reduzierte Kompressions- und Scherkräfte) könnte das Heben mit rundem Rücken in bestimmten Fällen sogar angebracht sein. Dazu kommt, dass man den Rücken während des tiefen Lastenhebens nicht ganz gerade halten kann, auch wenn man es explizit versucht. Dies soll jetzt aber nicht heissen, dass das «Beugen» ab sofort das neue «Nichtbeugen» ist, sondern vielmehr, dass es aus biomechanischer Sicht keine Rolle zu spielen scheint, ob man eine Last mit einem runden oder einem «geraden» Rücken hochhebt. Und dies scheint nicht nur für gesunde schmerzfreie Personen, sondern auch für Rückenschmerzpatienten zuzutreffen (solange keine klar begründete Kontraindikation vorliegt).

Was hingegen deutlich mehr gewichtet werden sollte, ist das veränderte Bewegungsverhalten bei erhöhter «Angst vor dem Heben mit rundem Rücken». Aus klinischer Sicht sollte hier stark darauf geachtet werden, dass schmerzbezogene Ängste abgebaut (oder im Sinne der Primärprävention gar nicht entstehen können) und das Vertrauen in das Heben einer Last mit gebeugtem Rücken aufgebaut werden sollte. Da zwischen dem oben genannten protektiven Bewegungsverhalten und der Entstehung sowie dem Fortbestehen von Rückenschmerzen jedoch noch kein kausaler Zusammenhang nachgewiesen wurde, planen wir in unserer Forschungsgruppe aktuell eine grössere prospektive Kohortenstudie, wobei wir einer möglichen Kausalität mithilfe von neuartigen Methoden (z.B. Algorithmen der künstlichen Intelligenz) auf den Grund gehen wollen. |

avec le dos droit afin d'éviter les blessures/douleurs. Au contraire, en raison d'une réduction de la charge observée sur le segment L5/S1 (réduction des forces de compression et de cisaillement), soulever une charge avec le dos rond fléchi pourrait même, dans certains cas, être plus approprié. De plus, il n'est pas possible de garder le dos parfaitement droit pendant le levage de charges depuis le sol, même si l'on s'efforce explicitement de le faire. Cela ne veut pas dire que «fléchir» le dos est désormais la nouvelle directive venant remplacer le «pas fléchir», mais plutôt que, d'un point de vue biomécanique, le fait de soulever une charge avec un dos fléchi ou un dos droit ne semble pas jouer de rôle dans la survenue de douleurs. Et cela semble être vrai non seulement pour les personnes en bonne santé et exemptes de douleurs, mais aussi pour les patient·e·s souffrant de maux de dos (tant qu'il n'y a pas de contre-indication clairement justifiée).

En revanche, il faudrait accorder beaucoup plus d'importance à la modification du comportement en matière de mouvements en cas de «crainte de soulever avec le dos rond». D'un point de vue clinique, il convient de veiller à ce que les craintes liées à la douleur soient réduites (ou, dans le cadre de la prévention primaire, qu'elles ne puissent même pas survenir) et de développer la confiance dans le levage de charge avec le dos fléchi. Étant donné qu'aucun lien de cause à effet n'a encore été établi entre le comportement protecteur susmentionné et l'apparition ou la persistance de douleurs



Mit weiteren Studien wollen die Forscher:innen einer möglichen Kausalität zwischen einem protektivem Bewegungsverhalten und der Entstehung oder dem Fortbestehen von Rückenschmerzen auf den Grund gehen. | Les chercheurs et chercheuses souhaitent mener d'autres études afin de déterminer un éventuel lien de causalité entre un comportement protecteur en matière de mouvement et l'apparition ou la persistance de douleurs dorsales.



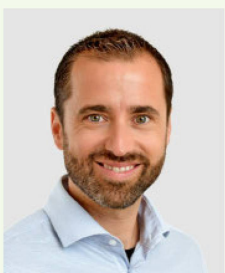
Christian Bangerter, MSc, Physio- und Manualtherapeut, arbeitet in der Abteilung Physiotherapie am Departement Gesundheit der Berner Fachhochschule und ist Doktorand an der Medizinischen Fakultät der Universität Basel.

Christian Bangerter, MSc, physiothérapeute et thérapeute manuel, travaille dans le service de physiothérapie du département Santé de la Haute école spécialisée bernoise et est doctorant à la faculté de médecine de l'université de Bâle.



PD Dr. Michael L. Meier, Schmerzforscher und Neurowissenschaftler, arbeitet in der Integrative Spinal Research Group an der Universitätsklinik Balgrist und ist Privatdozent an der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich.

PD Dr. Michael L. Meier, chercheur sur la douleur et neuroscientifique, travaille au sein de l'Integrative Spinal Research Group à l'Hôpital universitaire de Balgrist et est privat-docent à la faculté de médecine de l'Université de Zurich.



PD Dr. Stefan Schmid, Biomechaniker und Physiotherapeut, arbeitet als stellvertretender Forschungsleiter der Abteilung Physiotherapie und Leiter der Spinal Movement Biomechanics Group am Departement Gesundheit der Berner Fachhochschule und ist Privatdozent an der Medizinischen Fakultät der Universität Basel.

PD Dr. Stefan Schmid, biomécanicien et physiothérapeute, travaille comme directeur de recherche adjoint du département de physiothérapie et comme directeur du Spinal Movement Biomechanics Group au département Santé de la Haute école spécialisée bernoise et est privat-docent à la faculté de médecine de l'Université de Bâle.

dorsales, nous prévoyons actuellement, au sein de notre groupe de recherche, de réaliser une étude de cohorte prospective de plus grande envergure, dans le cadre de laquelle nous souhaitons étudier en profondeur une éventuelle causalité à l'aide de méthodes inédites (p. ex. algorithmes d'intelligence artificielle). ■

Literatur I Bibliographie

1. Nolan D, O'Sullivan K, Stephenson J, O'Sullivan P, Luccock M. What do physiotherapists and manual handling advisors consider the safest lifting posture, and do back beliefs influence their choice? *Musculoskeletal Sci Pract.* 2018;33:35-40.
2. Christe G, Nzamba J, Desarzens L, Leuba A, Darlow B, Pichonnaz C. Physiotherapists' attitudes and beliefs about low back pain influence their clinical decisions and advice. *Musculoskeletal Sci Pract.* 2021;53:102382.
3. Nachemson A. The load on lumbar disks in different positions of the body. *Clin Orthop Relat Res.* 1966;45:107-122.
4. Callaghan JP, McGill SM. Intervertebral disc herniation: studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive force. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2001;16(1):28-37.
5. Hoogendoorn WE, Bongers PM, de Vet HC, et al. Flexion and rotation of the trunk and lifting at work are risk factors for low back pain: results of a prospective cohort study. *Spine.* 2000;25(23):3087-3092.
6. Saraceni N, Kent P, Ng L, Campbell A, Straker L, O'Sullivan P. To Flex or Not to Flex? Is There a Relationship Between Lumbar Spine Flexion During Lifting and Low Back Pain? A Systematic Review With Meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2020;50(3):121-130.
7. Von Arx M, Liechti M, Connolly L, Bangerter C, Meier ML, Schmid S. From Stoop to Squat: A Comprehensive Analysis of Lumbar Loading Among Different Lifting Styles. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology.* 2021;9.
8. Matheve T, De Baets L, Bogaerts K, Timmermans A. Lumbar range of motion in chronic low back pain is predicted by task-specific, but not by general measures of pain-related fear. *Eur J Pain.* 2019;23(6):1171-1184.
9. Knechtle D, Schmid S, Suter M, et al. Fear-avoidance beliefs are associated with reduced lumbar spine flexion during object lifting in pain-free adults. *Pain.* 2021;162(6):1621-1631.
10. Liechti M, von Arx M, Eichelberger P, Bangerter C, Meier ML, Schmid S. Spatial distribution of erector spinae activity is related to task-specific pain-related fear during a repetitive object lifting task. *medRxiv.* <https://doi.org/10.1101/2021100121264413>. 2021.
11. Van Dieen JH, Flor H, Hodges PW. Low-Back Pain Patients Learn to Adapt Motor Behavior With Adverse Secondary Consequences. *Exerc Sport Sci Rev.* 2017;45(4):223-229.
12. Van Dieen JH, Reeves NP, Kawchuk G, van Dillen LR, Hodges PW. Motor Control Changes in Low Back Pain: Divergence in Presentations and Mechanisms. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2019;49(6):370-379.