

# **Biomechanische Belastung der Bandscheiben beim Sitzen : ein Mini-Review = Sollicitation biomécanique des disques intervertébraux en position assise : un mini-bilan**

Autor(en): **Göpfert, Beat**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Physioactive**

Band (Jahr): **48 (2012)**

Heft 4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-928646>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Biomechanische Belastung der Bandscheiben beim Sitzen – ein Mini-Review

### Sollicitation biomécanique des disques intervertébraux en position assise – un mini-bilan

BEAT GÖPFERT

Eine Rückenlehne und auch ein Keilkissen entlasten die Bandscheibe beim Sitzen, aktives aufrechtes Sitzen oder ein Sitzball erhöhen die Belastung durch die Muskelaktivität. Der nachfolgende Artikel zeigt nicht nur die neuesten Resultate von In-vivo-Messungen, sondern auch, wie diese zustande kommen.

In der heutigen Gesellschaft verbringen viele Personen die meiste Zeit in einer sitzenden Körperposition. Laut Daten der deutschen Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin sitzen Büroangestellte in ihrem Berufsleben zirka 80 000 Stunden, nicht dazu gezählt sind die vielen Stunden in

Un dossier de chaise ou un siège avec coussin triangulaire permettent de reposer les disques intervertébraux en position assise, tandis qu'une position assise droite et active ou un siège ballon les sollicitent davantage en renforçant l'activité musculaire. Cet article présente les derniers résultats des mesures in vivo et comment ces mesures sont effectuées.

Dans notre société, nombreux sont ceux qui passent la majeure partie du temps en position assise. Selon les chiffres de l'Office fédéral allemand pour la sécurité et la santé au travail, les employés de bureau passent environ 80 000 heures assis au cours de leur vie professionnelle, sans compter les nombreuses heures en dehors du travail [1]. On atteint vite les 10 à 14 heures par jour [1]. Dans le même temps, les personnes contraintes à ce rythme par leur activité professionnelle se plaignent souvent de mal de dos, ce qui n'est guère surprenant. Il n'est donc pas étonnant non plus qu'on ait étudié comment obtenir la position assise la plus adaptée dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle [3].



#### Techniques de mesure in vivo

Si l'on souhaite connaître les sollicitations mécaniques réellement liées à la position assise, il est nécessaire d'effectuer des mesures in vivo au niveau de la colonne vertébrale. Les

**Die Belastungsgrösse in der Bandscheibe scheint nicht die Hauptursache für Rückenschmerzen beim Sitzen zu sein. | L'effort exercé au niveau des disques ne semble pas être le facteur principal des maux de dos survenant en position assise. Foto/photo: © animogoberlin – Fotolia.com**

der Freizeit [1]. Daher können es schnell auch 10 bis 14 Stunden pro Tag werden [1]. Gleichzeitig klagen viele Personen mit sitzender Tätigkeit oft über Rückenschmerzen, was in Anbetracht dieser Stundenzahl nicht überrascht. Deswegen erstaunt es auch nicht, dass schon Ende des 19. Jahrhunderts und zu Beginn des 20. Jahrhunderts die ersten Konzepte zur optimalen Sitzposition vorgestellt wurden [3].

### In-vivo-Messtechniken

Um aber die wirklichen mechanischen Belastungen zu kennen, sind In-vivo-Belastungsmessungen an der Wirbelsäule notwendig. Als Meilenstein dürfen sicher die In-vivo-Druckmessungen in der Bandscheibe von Nachemson und Elfström [4] angesehen werden. In der Zwischenzeit machte die Entwicklung der Messtechnik weitere Fortschritte und es wurden neue Messungen durchgeführt. So brauchten zum Beispiel Sato et al. [5], Wilke et al. [6], Polga et al. [7] und Takahashi et al. [8] ebenfalls Druckmess-Sensoren in der Bandscheibe, während Rohlmann et al. 1999 einen Fixateur interne [9] und 2007 eine Wirbelkörper-Totalprothese [10], jeweils mit dreidimensionalen Kraft- und Drehmomentmessungen, vorstellte. Die verschiedenen Messtechniken haben ihre systemtypischen Eigenschaften und werden, wie auch die Messresultate, nachfolgend erläutert.

### Die Messung mit dem Drucksensor

Die häufiger angewandte Messtechnik arbeitet mit einem kleinen Druckmess-Sensor, welcher mit Hilfe einer Kanüle in der Mitte der Bandscheibe, dem Nucleus pulposus, platziert wird und dort die Änderung des Flüssigkeitsdrucks misst, während sich der Proband bewegt. Die Kontrolle der Drucksensor-Positionierung erfolgt in der Regel mittels einem bildgebenden Verfahren, mit dem auch der Zustand und Querschnitt der Bandscheibe erfasst werden kann. Die Messmethode lässt aber keine Aussagen über die Wirkrichtung der Kraft oder die Kraftverteilung in der Bandscheibe zu. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass die in den meisten Studien verwendeten Drucksensoren jeweils über einen dünnen Schlauch oder ein Kabel mit der Mess- und Datenspeichereinheit ausserhalb des Körpers verbunden sind. Dadurch können sie nur über einen begrenzten Zeitraum benutzt werden respektive könnten sie den Probanden bei den Bewegungen stören. Nichtsdestotrotz ist diese Messtechnik zuverlässig und relativ einfach einzusetzen.

### Die Messung mit permanenten Implantaten

Die beiden von Rohlmann et al. vorgestellten Systeme, dem Fixateur interne [9] und der Wirbelkörper-Totalprothese [10], sind technisch sehr anspruchsvoll und werden als



Die neueren In-vivo-Messungen zeigen kleinere Belastungen in der Bandscheibe beim Sitzen als beim Stehen. | Les mesures in vivo plus récentes indiquent que la position assise sollicite moins les disques intervertébraux que la position debout. Foto/photo: © earthlinge – photocase.com

mesures de pression in vivo de Nachemson et Elfström [4], réalisées au niveau des disques intervertébraux, font figure de référence à cet égard. Des progrès ont été réalisés depuis grâce à l'évolution technique et de nouvelles mesures ont été effectuées. Sato et al. [5], Wilke et al. [6], Polga et al. [7] ainsi que Takahashi et al. [8] ont également utilisé des capteurs pour mesurer la pression au niveau des disques intervertébraux, tandis que Rohlmann et al. ont présenté en 1999 un fixateur interne [9] et en 2007 une prothèse totale de corps vertébral [10], avec mesure tridimensionnelle de la force et du couple. Les différentes techniques, qui ont leurs propres caractéristiques, seront détaillées dans la suite du texte, tout comme les résultats.

### Mesure réalisée avec le capteur de pression

La technique la plus utilisée est basée sur un petit capteur destiné à mesurer la pression, placé à l'aide d'une canule au milieu du disque intervertébral (le nucleus pulposus), et qui mesure la modification de la pression du fluide quand le sujet effectue un mouvement. On contrôle généralement la position du capteur grâce à un dispositif d'imagerie qui permet aussi de voir l'état et la coupe du disque intervertébral. Cette méthode ne donne cependant pas d'indication concernant la direction de la force ou sa répartition dans le disque. Il faut aussi tenir compte du fait que dans la plupart des études, les capteurs utilisés sont reliés par un mince tube ou un câble à l'unité de mesure et d'enregistrement des données à l'extérieur du corps. La durée d'utilisation des capteurs est par



permanente Implantate verwendet. Das heisst, sie bleiben über die ganze Lebensdauer des Implantats im Körper des Patienten und erlauben so Messungen auch nach längerer Zeit. Die Erfassung der Messwerte erfolgt über ein ausgeklügeltes System. Dabei wird die elektrische Energie für die Messeinheit mittels einer elektrischen Spule induktiv zum Implantat übertragen. Dort versorgt diese die hermetisch abgeschlossene Messelektronik mit den Dehnmessstreifen (DMS) im Implantat und sendet synchron das Messsignal via Funkübertragung vom Implantat zum Datenspeicher ausserhalb des Körpers. Die Berechnung der am Implantat wirkenden dreidimensionalen Kräfte und Drehmomente erfolgt über die im Innern des Implantats angebrachten DMS. Diese messen während den Bewegungen des Probanden die minimalen Deformationen im Implantat. Da im Messbereich der DMS die Deformation sich linear zur wirkenden Kraft verhält, können durch einen geeigneten Aufbau des Implantats und die richtige Anbringung der DMS die wirkenden dreidimensionalen Kräfte und Momente berechnet werden. Der Vorteil dieser Methode ist, dass keine Hautdurchführung notwendig und so das Infektionsrisiko minimal ist.

Unabhängig vom Messsystem messen diese nur die direkt am Messobjekt wirkenden Drucke respektive Kräfte. Gerade bei der Wirbelsäule können auch andere Strukturen wie Weichteile oder Muskeln Kräfte übertragen respektive erzeugen. Deswegen muss berücksichtigt werden, dass die Messresultate der oben vorgestellten Messtechniken nur für die am jeweiligen Messort wirkenden Belastungen gelten, sie können nicht auf die Bandscheiben der ganzen Wirbelsäule verallgemeinert werden.

### Eine Rückenlehne reduziert die Belastung

Der Umfang der publizierten Resultate aus den verschiedenen Studien ist inzwischen sehr gross, deswegen wurden einige relevante Belastungen rund ums Sitzen ausgewählt. Dabei wird das «Relaxed Sitzen» als normierter Referenzwert (100%) genommen, wie es Rohlmann [2, 10, 11] gemacht hat (siehe Abbildungen 1–3).

Die Unterschiede zwischen den Resultaten bei gleicher Körperposition kommen wegen der unterschiedlichen Messtechnik und der Variabilität der Probanden zustande. Dies kommt besonders gut zum Ausdruck bei den Messungen von Rohlmann et al. [2, 10], wo Patienten mit unterschiedlicher Anamnese in den Studien untersucht wurden. Dabei variierten die effektiv gemessenen Kräfte bei der Wirbelkörper-Totalprothese zwischen den einzelnen Patienten und Versuchen beim Sitzen zwischen 195 N<sup>1</sup> und 437 N [10].

<sup>1</sup> N: Newton. Masseinheit für Kraft.

conséquent limitée, ces derniers pouvant entraver les mouvements du sujet. Néanmoins, cette technique est fiable et d'un emploi relativement facile.

### Mesure avec implants permanents

Les deux systèmes présentés par Rohlmann et al., le fixateur interne [9] et la prothèse totale de corps vertébral [10], sont très élaborés du point de vue technique et sont utilisés en tant qu'implants permanents. Cela signifie qu'ils restent dans le corps du patient tant que dure l'implant et permettent ainsi de réaliser des mesures sur le long terme. Un système ingénieux permet la saisie des mesures. L'énergie électrique nécessaire à l'unité de mesure est transmise par induction à l'implant via une bobine électrique. Celle-ci dote le dispositif de mesure électronique, fermé hermétiquement, de jauges extensométriques et envoie le signal de mesure de manière synchronisée via radio-transmission de l'implant vers l'enregistreur de données situé à l'extérieur du corps. Le calcul des forces tridimensionnelles et des couples exercés sur l'implant se fait via les jauges extensométriques placées à l'intérieur de l'implant. Lors des mouvements effectués par le sujet, celles-ci mesurent les déformations minimales au niveau de l'implant. Dans l'intervalle de mesure des jauges, la déformation présente un caractère linéaire par rapport à la force exercée. Il est donc possible, si l'implant est adapté et que les jauges sont correctement placées, de calculer les forces tridimensionnelles et les couples qui s'exercent. L'avantage de cette méthode est qu'elle ne nécessite pas d'application cutanée et limite donc au maximum le risque d'infection.

Quel que soit le système, on ne mesure que les pressions ou les forces qui s'exercent directement sur l'objet mesuré. Or, dans le cas de la colonne vertébrale, d'autres structures comme les tissus mous ou les muscles peuvent transmettre ou produire des forces. Il faut donc tenir compte du fait que les résultats des mesures obtenus grâce aux techniques présentées ci-dessus ne sont valables que pour les contraintes s'exerçant sur l'endroit mesuré, et ne sauraient être généralisés aux disques intervertébraux de la colonne vertébrale entière.

### Un dossier permet de réduire l'effort

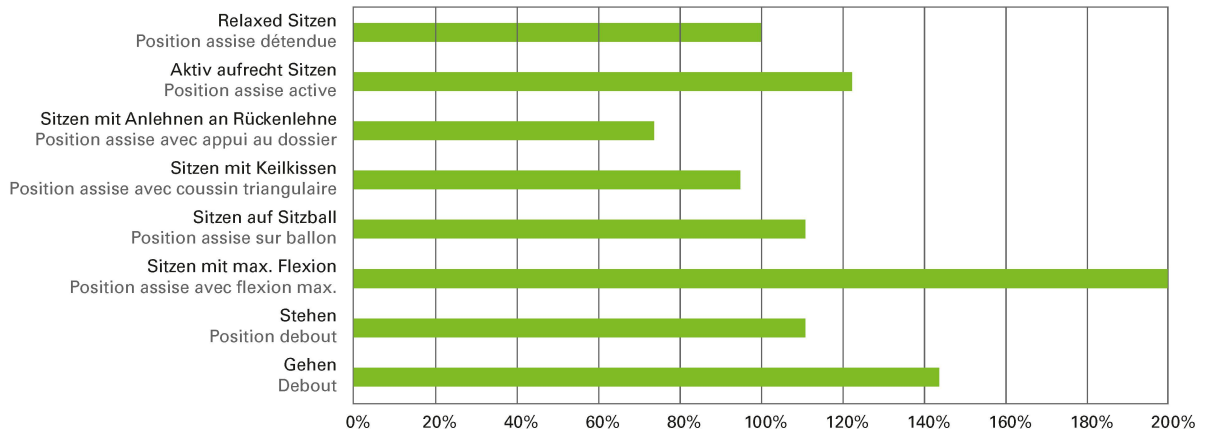
On dispose aujourd'hui d'un très grand nombre de résultats d'études. Nous avons donc sélectionné un échantillon révélateur des différents niveaux de sollicitation des disques intervertébraux en position assise. Prenons la «position assise détendue» comme valeur de référence (100%); c'est ce qu'a fait Rohlmann [2, 10, 11] (voir illustrations 1–3).

Les divergences entre les résultats pour une position assise identique sont dues aux différentes techniques de me-



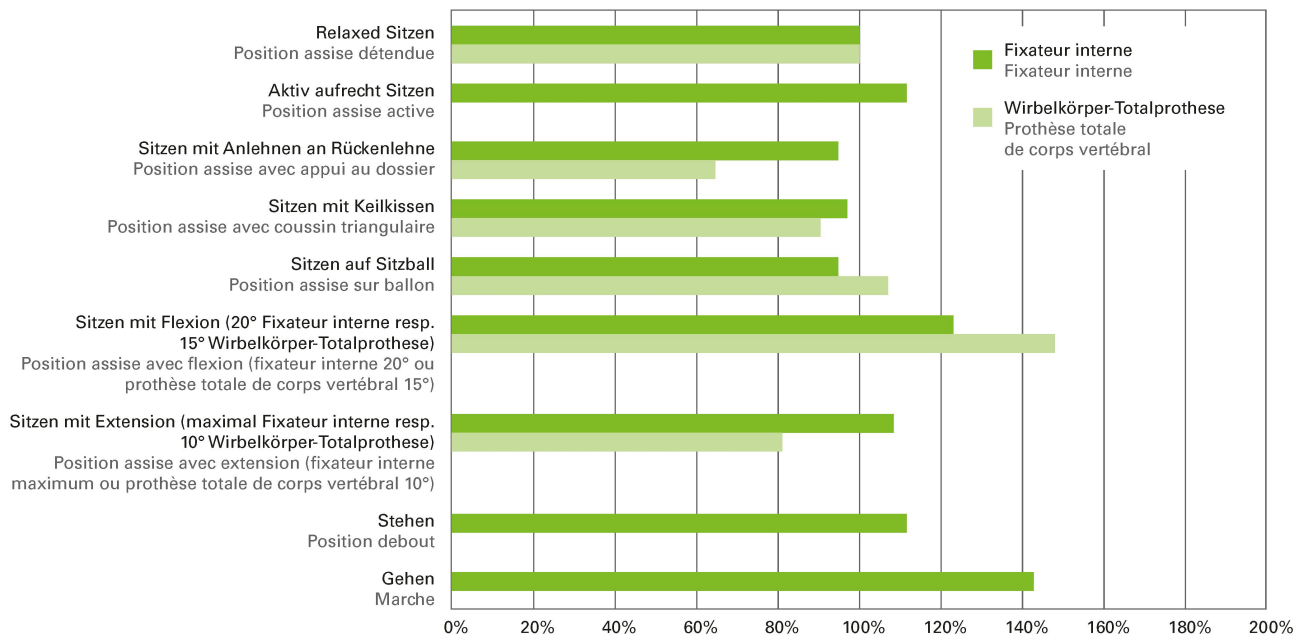
**Druckmessung an der Lendenwirbelsäule in L4-L5, Wilke et al. [6]**

Mesure de la pression effectuée au niveau de la colonne vertébrale lombaire (L4-L5), Wilke et al. [6]



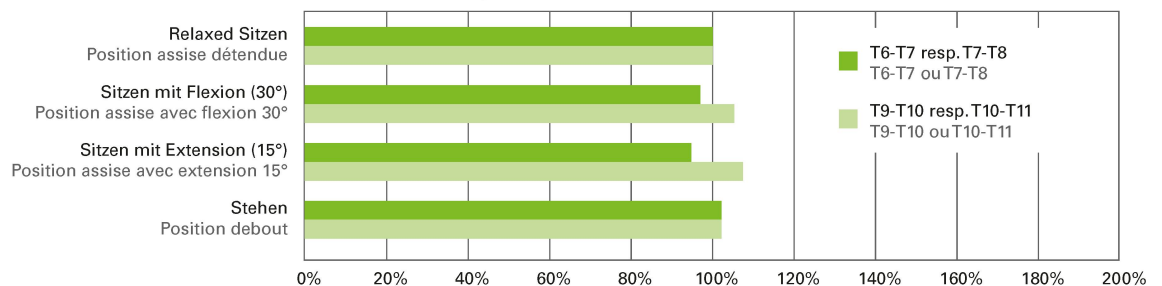
**Messungen mit Implantat an der Lendenwirbelsäule, Rohlmann et al. [2,10,11]**

Mesures avec implant effectuées au niveau de la portion abdominale de la colonne vertébrale, Rohlmann et al. [2, 10, 11]



**Druckmessungen in der Brustwirbelsäule, Polga et al. [7]**

Mesures de la pression au niveau de la colonne thoracique, Polga et al. [7]



Abbildungen 1–3: Vergleich der normierten Messresultate von verschiedenen Messungen bei diversen Körperpositionen. Referenzwert (100%): Relaxed Sitzen auf einem Hocker. | Illustrations 1–3: Comparaison des résultats normés de différentes mesures dans diverses positions corporelles. Valeur de référence (100%): position assise détendue sur un tabouret.

Nichtsdestotrotz zeigen die Resultate der Studien klare Tendenzen, bei Wilke [6] und Rohlmann [2,9] können folgende Effekte herausgelesen werden:

- Eine Verschiebung des Schwerpunktes des Oberkörpers, besonders in anteriorer Richtung, führt zu einer grösseren Belastung.
- Die Unterstützung des Oberkörpers mit einer Rückenlehne reduziert die Belastung deutlich. Eine zusätzliche Reduktion erzeugt das Aufstützen der Arme auf dem Tisch, auf der Armlehne oder auf den Beinen.
- Die Sitzgelegenheit hat einen Effekt auf die Belastung, sofern die Haltung des Oberkörpers beeinflusst wird.

Der Einfluss der Sitzgelegenheit ist klar ersichtlich: Die Belastung beim Sitzen auf einem Hocker (Referenzwert) ist deutlich grösser als beim Sitzen mit einem Keilkissen oder gar beim Anlehnen an der Rückenlehne. Aus den Daten von Rohlmann [2] ist unter anderem erkennbar, dass eine flachere Rückenlehne die Last zusätzlich reduziert. Der Grund ist, dass die Rückenlehne einen Teil des Gewichts des Oberkörpers übernimmt und dies die Lendenwirbelsäule im gemessenen Bereich entlastet.

Weiter zeigen die Messungen von Wilke [6] und Rohlmann [2,10], dass das Sitzen auf einem Sitzball oder das aktive aufrechte Sitzen die Belastung in der Lendenwirbelsäule erhöht. Dies ist auf die Aktivierung der Rückenmuskulatur zurückzuführen (8), da wie beim Sitzball die Sitzfläche instabil ist und die Sitzposition aktiv kontrolliert werden muss.

### Kleinere Belastung beim Sitzen als beim Stehen

Die neueren In-vivo-Messungen zeigen kleinere Belastungen in der Bandscheibe beim Sitzen als beim Stehen. Ein Grund für diese Resultate bei den Messungen mit einem Drucksensor im Nucleus pulposus dürfte die Bauweise der Sensoren sein. Nachemson und Elfström [4] verwendeten ein System mit einer starren Kanüle, welche durch die Haut bis zum Messort führte. Der Sensor von Wilke [6] hatte nur eine 7 mm lange starre Prüfspitze, welche vollständig im Nucleus pulposus lag und eine flexible Verbindung zur Kontrolleinheit ausserhalb des Körpers hatte. Der heutige Aufbau der Drucksensoren mit einer flexiblen Anbindung zur Kontrolleinheit führt dazu, dass Umgebungsartefakte einen kleineren Einfluss auf die Messwerte haben als früher. Zudem zeigen die Messresultate von Rohlmann et al. [2,10], welche mit einer ganz anderen Messtechnik erfasst wurden, die gleiche Tendenz. Es darf somit angenommen werden, dass die mechanischen Belastungen der Bandscheiben im Sitzen tatsächlich etwas kleiner sind als beim Stehen.

Somit darf auch vermutet werden, dass der Hauptfaktor für mögliche Rückenschmerzen beim Sitzen nicht die Belas-

sure utilisées et à la diversité des sujets. Les mesures de Rohlmann et al. [2,10], effectuées sur des patients ayant différentes anamnèses, l'illustrent. Les forces effectivement mesurées au niveau de la prothèse totale du corps vertébral varient entre les patients et expériences en position assise entre 195 N<sup>1</sup> et 437 N [10].

Les résultats des études permettent toutefois de dégager des tendances claires. Ainsi les procédés de Wilke [6] et Rohlmann [2,9] indiquent-ils les effets suivants:

- Un déplacement du centre de gravité de la partie supérieure du corps vers l'avant entraîne une sollicitation plus importante.
- Soutenir le haut du corps grâce à un dossier permet de réduire considérablement la sollicitation. Celle-ci est encore réduite si les bras s'appuient sur la table, sur les accoudoirs ou sur les jambes.
- Le siège a un effet sur la sollicitation, dans la mesure où il influe sur la position de la partie supérieure du corps.

L'importance du siège est clairement visible: l'effort fourni par une personne assise sur un tabouret (valeur de référence) est nettement plus important que sur un siège rembourré ou doté d'un dossier. Selon les données de Rohlmann [2], on observe qu'un dossier plat réduit davantage l'effort car le dossier supporte partiellement le poids de la partie supérieure du corps et cela soulage la portion lombaire de la colonne vertébrale dans la zone mesurée.

Les mesures de Wilke [6] et Rohlmann [2,10] indiquent en outre que la position sur un ballon ou une position assise droite et active sollicitent davantage la portion lombaire de la colonne vertébrale. Cela est dû à l'activation de la musculature paravertébrale (8) car, sur le ballon, l'assise n'est pas stable et la position requiert un contrôle actif.

### Moindre effort en position assise que debout

Les mesures in vivo plus récentes indiquent que la position assise sollicite moins les disques intervertébraux que la position debout. Dans le cas des mesures réalisées dans le nucleus pulposus avec un capteur de pression, ces résultats peuvent s'expliquer en partie par la structure des senseurs. Nachemson et Elfström [4] ont utilisé un système équipé d'une canule rigide qui atteint l'endroit mesuré par voie cutanée. Le capteur de Wilke [6] avait une pointe rigide longue de 7 mm seulement, entièrement située dans le nucleus pulposus, et une attache flexible reliée à l'unité de contrôle située à l'extérieur du corps. Grâce à la structure actuelle des capteurs, incluant une attache flexible à l'unité de contrôle, les artefacts environnementaux influent moins sur les valeurs

<sup>1</sup> N: newton. Unité de force.

tungsgrösse in der Bandscheibe ist, sondern dass sie eine andere Ursache haben [2, 11]. Rohlmann et al. [11] erwähnen, dass sehr wenig über die Belastungen in den Facettengelenken und dem Bandapparat beim Sitzen bekannt ist. Nicht zu vernachlässigen ist die Nährstoffversorgung der Bandscheiben, welche unter anderem durch kleine Bewegungen zwischen den einzelnen Wirbelkörpern unterstützt wird. Es darf angenommen werden, dass die Positionsänderungen beim Sitzen zwar nur einen minimalen Effekt auf die Belastung haben, sich jedoch vorteilhaft auf die Nährstoffversorgung der Bandscheibe auswirken [11].

Aus den Resultaten der zitierten Studien kann geschlossen werden, dass die mechanische Belastung der Wirbelsäule beim «Relaxed Sitzen» nicht grösser ist als beim Stehen, eine Rückenlehne die Belastung reduziert, während muskuläre Aktivität der Rückenmuskulatur diese erhöht, und dass eine Variation der Sitz- und Arbeitsposition sich positiv auf die Nährstoffversorgung der Bandscheibe auswirken kann. |

### Literatur I Bibliographie

1. Sitzlust statt Sitzfrust – Sitzen bei der Arbeit und anderswo. Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund-Dorstfeld, 2011. ISBN 3-88 261-476-5.
2. Rohlmann A, Zander T, Graichen F, Dreischarf M, Bergmann G. Measured loads on a vertebral body replacement during sitting. *Spine J.* 2011 Sep; 11(9): 870–5.
3. Harrison DD, Harrison SO, Croft AC, Harrison DE, Troyanovich SJ. Sitting biomechanics part I: review of the literature. *J Manipulative Physiol Ther.* 1999 Nov–Dec; 22(9): 594–609.
4. Nachemson A, Elfström G. Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs. A study of common movements, maneuvers and exercises. *Scand J Rehabil Med Suppl.* 1970; 1: 1–40.
5. Sato K, Kikuchi S, Yonezawa T. In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine* 1999; 24: 2468–74.
6. Wilke H, Neef P, Hinz B, Seidel H, Claes L. Intradiscal pressure together with anthropometric data – A data set for the validation of models. *Clin Biomech* 2001; 16(suppl): 111–26.
7. Polga DJ, Beaubien BP, Kallemeier PM, Schellhas KP, Lew W, Buttermann GR, Wood KB. Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine.* 2004 Jun 15; 29(12): 1320–4.
8. Takahashi I, Kikuchi S, Sato K, Sato N. Mechanical load of the lumbar spine during forward bending motion of the trunk—a biomechanical study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006 Jan 1; 31(1): 18–23.
9. Rohlmann A, Bergmann G, Graichen F. Loads on internal spinal fixators measured in different body positions. *Eur Spine J.* 1999; 8(5): 354–9.
10. Rohlmann A, Graichen F, Bender A, Kayser R, Bergmann G. Loads on a telemeterized vertebral body replacement measured in three patients within the first postoperative month. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2008 Feb; 23(2): 147–58.
11. Rohlmann A, Claes LE, Bergmann G, Graichen F, Neef P, Wilke HJ. Comparison of intradiscal pressures and spinal fixator loads for different body positions and exercises, *Ergonomics.* 2001 Jun 20; 44(8): 781–94.

mesurées qu’auparavant. On observe une évolution semblable pour les résultats des mesures de Rohlmann et al. [2, 10], réalisées via un système entièrement différent. On peut en conclure que la sollicitation mécanique des disques intervertébraux est effectivement un peu moins importante en position assise que debout.

On peut aussi en déduire que le principal facteur des maux de dos survenant en position assise n’est pas l’intensité de l’effort exercé au niveau des disques [2, 11], mais que ces douleurs ont une autre cause. Rohlmann et al. [11] précisent que l’on sait très peu de choses sur la sollicitation des facettes intervertébrales et de l’appareil ligamenteux en position assise. Il ne faut pas négliger non plus l’approvisionnement en éléments nutritifs des disques intervertébraux, favorisé par de petits mouvements entre les différents corps vertébraux. On peut supposer que les changements de position d’une personne assise ont un effet minime sur l’effort fourni, mais qu’ils ont une influence bénéfique sur cet approvisionnement [11].

Les résultats des études citées aboutissent aux conclusions suivantes: la sollicitation mécanique de la colonne vertébrale en «position assise détendue» n’est pas plus importante qu’en position debout, un dossier diminue l’effort, tandis qu’une activité de la musculature vertébrale l’augmente. De plus, modifier sa posture en position assise et de travail peut avoir un effet positif sur l’approvisionnement en éléments nutritifs des disques intervertébraux. |



Beat Göpfert

**Beat Göpfert** verfügt über einen Master of Engineering (M. Eng.) in Medical Engineering und einen EMBA in Innovationsmanagement. Er ist technischer Leiter am Labor für Biomechanik und Biokolorimetrie im Forschungsschwerpunkt CMBE (Clinical Morphology and Biomedical Engineering) der Universität Basel. Seine Schwerpunkte sind unter anderem die 3D-Bewegungsanalyse und EMG-Analyse im Alltag und Sport.

**Beat Göpfert** est titulaire d’un Master of Engineering (M. Eng.) en Medical Engineering et d’un EMBA en gestion de l’innovation. Il est directeur technique du laboratoire de biomécanique et de biocalorimétrie, axé sur la recherche en CMBE (Clinical Morphology and Biomedical Engineering) de l’Université de Bâle. Il est spécialisé dans l’analyse 3D du mouvement ainsi qu’à l’analyse EMG appliquée à la vie quotidienne et au sport.