

[Preuves ou mode?](#)

# Equilibre sagittal et instabilité posturale comme critères de la chirurgie du rachis

PD Dr méd. Christian T. Ulrich<sup>a</sup>, PD Dr méd. Ralph T. Schär<sup>b</sup>, Dr méd. Christopher Marvin Jesse<sup>b</sup>, Dr méd. Jens Fichtner<sup>b</sup>, Prof. Dr méd. Andreas Raabe<sup>b</sup>, Prof. Dr méd. Michael Payer<sup>c</sup>, Prof. Dr méd. Enrico Tessitore<sup>d,e</sup>, Prof. Dr méd. Oliver N. Hausmann<sup>d</sup>; au nom de la Société Suisse de Neurochirurgie (SSNC)

<sup>a</sup> Neurochirurgie, Lindenhofspital Bern; <sup>b</sup> Universitätsklinik für Neurochirurgie, Inselspital Bern; <sup>c</sup> Klinik Hirslanden, Wirbelsäulen chirurgie, Zürich; <sup>d</sup> Service de neurochirurgie, Hôpitaux Universitaire Genève (HUG), Genève; <sup>e</sup> Neuro- und Wirbelsäulenzentrum Zentralschweiz, St. Anna Klinik Luzern

Vous trouverez l'éditorial relatif à cet article à la page 533 de ce numéro.

Une perte de la forme physiologique en double S de la colonne vertébrale oblige cette dernière à dépenser plus d'énergie pour se maintenir en position verticale – il est alors question de déséquilibre sagittal. Quand et dans quelle mesure une correction chirurgicale est-elle nécessaire?

## Introduction

La marche debout a débuté il y a environ 3,2 millions d'années avec les hominidés *Australopithecus afarensis*. Cela est suggéré par des analyses du squelette fossile «Lucy», découvert en 1974 à Hadar (Ethiopie) [1]. Cette hypothèse est fondée sur le développement biomécanique continu de la colonne vertébrale avec sa forme caractéristique en double S dans le plan sagittal (fig. 1A). Le rachis se trouve ainsi en équilibre et nécessite peu d'énergie pour son propre maintien. Ce concept biomécanique a été décrit en tant que «conus of economy» par Dubousset en 1994 [2]. Du fait de processus d'usure, le centre de gravité du corps se déplace vers l'avant avec l'âge. Une instabilité posturale peut apparaître, nécessitant plus d'efforts et de compensation pour maintenir la position verticale en transférant le centre de gravité vers l'arrière. Il est alors question de déséquilibre sagittal (DS) (fig. 1B).

L'accent principal de la chirurgie des déformations rachidiennes portait traditionnellement sur les scoliozes, c'est-à-dire sur le plan frontal. Au vu d'une multitude de publications, le plan sagittal et ses modifications pathologiques sont progressivement entrés dans la ligne de mire de la chirurgie rachidienne moderne au début des années 1990 et suscitent aujourd'hui l'engouement. Dans le cadre du bouleversement démographique, le nombre de patients dans le domaine de la chirurgie des déformations rachidiennes a également

augmenté. Aussi la création d'une spécialisation interdisciplinaire en chirurgie du rachis (neurochirurgie, orthopédie, chirurgie traumatologique) est-elle pertinente. Le présent article sur l'équilibre sagittal et l'instabilité posturale pathologique a pour objectif d'aider à la prise de décision quotidienne relative au traitement: Quels sont les paramètres géométriques pertinents? Quel degré de correction est nécessaire et comment peut-il être atteint? Quel est le profil de complications? Existe-t-il des preuves convaincantes pour ce concept?

## Principaux paramètres d'équilibre du rachis et déséquilibre

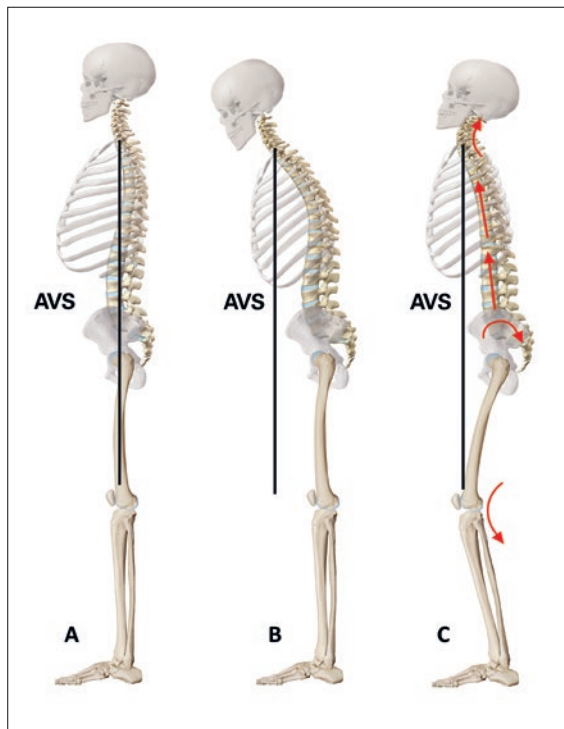
Le bassin forme le fondement de la colonne vertébrale. Celui-ci est déterminé par la version individuelle (congénitale) pelvienne qui définit finalement le profil sagittal physiologique correspondant (quatre types



Christian T. Ulrich

### Abréviations

AVS	Axe vertical sagittal
DS	Déséquilibre sagittal
IP	Incidence pelvienne
LL	Lordose lombaire
RC	Rachis cervical
RL	Rachis lombaire
RT	Rachis thoracique
VP	Version pelvienne



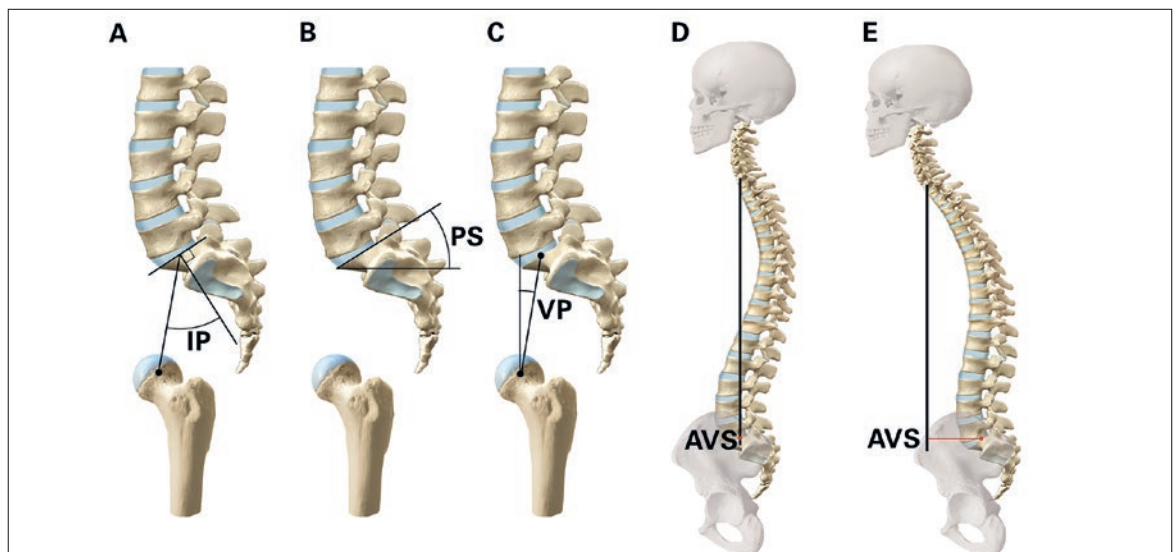
**Figure 1:** A) Profil sagittal physiologique avec forme en double S (RC: lordose, RT: cyphose, RL: lordose). B) Déséquilibre sagittal (DS) avec déplacement ventral du centre de gravité et instabilité posturale. C) Mécanisme de compensation pour retransférer le centre de gravité: flexion des genoux, rétroversion du bassin, aplatissement de la lordose lombaire et de la cyphose thoracique ainsi qu'hyperlordose du RC. AVS: axe vertical sagittal; RC: rachis cervical; RT: rachis thoracique; RL: rachis lombaire.

© Universitätsklinik für Neurochirurgie, Inselspital, Berne.

selon Roussouly) [3]. La radiographie latérale conventionnelle ou, mieux encore, l'imagerie EOS spécialisée, sans distorsion et avec réduction de la dose de radiations, de la totalité du rachis permettent de déterminer les principaux paramètres du bassin:

1. L'*incidence pelvienne* (IP) (fig. 2A) décrit l'inclinaison congénitale du bassin comme le fondement de la colonne vertébrale [4, 5]. Après achèvement de la croissance, elle constitue une valeur fixe individuelle au patient, qui fournit en quelque sorte la base pour l'alignement du profil rachidien. L'IP est en moyenne de  $50^\circ$  ( $33^\circ$  à  $82^\circ$ ) [6, 7].
2. La *pente sacrée* (PS) est l'angle d'inclinaison du plateau sacré par rapport à l'horizontale (fig. 2B).
3. La *version pelvienne* (VP) (fig. 2C) décrit la rotation du bassin. Une VP élevée (= rétroversion du bassin) dans le cadre d'un DS indique le transfert postérieur du centre de gravité. C'est pourquoi une VP  $>20^\circ$  est signe d'une mauvaise posture de compensation.
4. L'*axe vertical sagittal* (AVS) décrit l'alignement vertical global du rachis à partir du centre de la vertèbre cervicale C7 (fig. 2D). Du point de vue physiologique, cet axe rejoint le bord postérieur de la vertèbre sacrée S1. En présence d'une déviation ventrale  $>5$  cm de l'AVS, il est question d'un DS (fig. 2E).

La VP, la PS et l'IP se trouvent dans un rapport de dépendance ( $IP = PS + VP$ ). Ainsi par exemple, une rétroversion pelvienne compensatoire s'accompagne d'une VP accrue et d'une PS plus faible et donc d'un aplatissement de la *lordose lombaire* (LL). Un DS peut

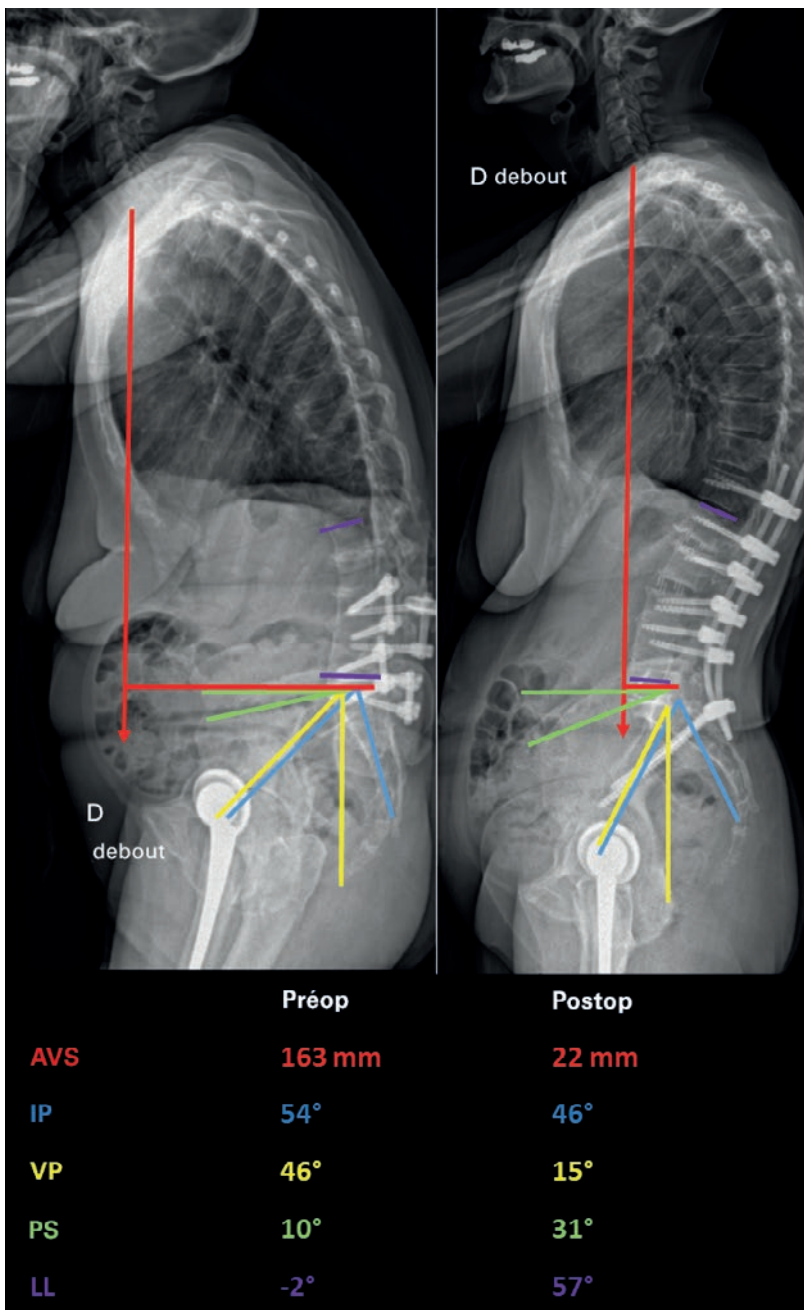


**Figure 2:** Les principaux paramètres de l'équilibre sagittal (© Universitätsklinik für Neurochirurgie, Inselspital, Berne):

- A) Incidence pelvienne (IP): angle entre la ligne au milieu des têtes fémorales et la ligne orthograde au centre du plateau sacré S1
  - B) Pente sacrée (PS): angle entre la version sagittale du plateau sacré S1 et la ligne horizontale
  - C) Version pelvienne (VP): angle entre la ligne verticale et la ligne reliant le plateau sacré S1 au milieu des têtes fémorales
  - D) Axe vertical sagittal (AVS): alignement vertical physiologique de C7 au-dessus de S1
  - E) AVS avec déplacement ventral pathologique
- VC: vertèbre cervicale; VS: vertèbre sacrée.

être compensé par diverses adaptations posturales, mais provoque éventuellement des douleurs significatives. Il se développe ainsi souvent une rétroversion pelvienne (VP >20°) avec flexion compensatoire des articulations de la hanche et du genou et surcharge

réactive du tractus ilio-tibial et des tendons au niveau de l'articulation de la hanche. Par ailleurs, il peut survenir une déformation du profil sagittal physiologique avec perte de la cyphose thoracique ou de la LL ainsi qu'hyperlordose du rachis cervical (RC) dans le but de transférer le centre de gravité du corps vers l'arrière (fig. 1C).



**Figure 3:** Radiographie d'un examen du rachis complet (à gauche) en présence d'un syndrome du dos plat iatrogène dû à la fusion en mauvais alignement et déséquilibre sagittal à la fois clinique et radiologique et (à droite) spondylodèse corrective vers la face dorsale et rétablissement de l'alignement sagittal au moyen de cages ventrales et latérales, d'ostéotomies ainsi que d'une instrumentation dorsale. Le tableau au-dessous des images présente les modifications des paramètres d'équilibre sagittal pré- et post-opératoires. Il est à noter que, comme mentionné ci-dessus, l'incidence pelvienne (IP) est une valeur fixe. La déviation ici apparue de 8° avant et après l'opération de révision correspond à une variance de mesure, due à la rotation dans la radiographie de gauche.

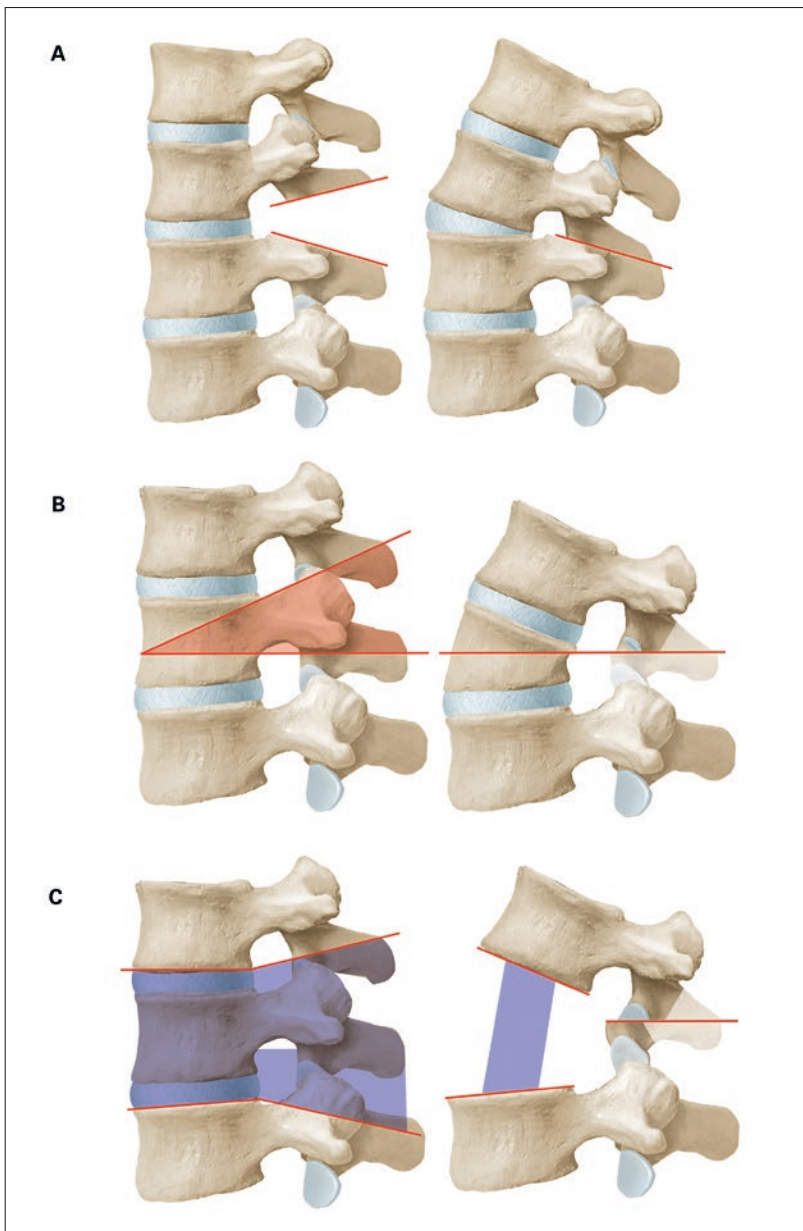
### Principes de la spondylodèse et équilibre du rachis

Une spondylodèse corrective étendue (du bassin au rachis thoracique [RT]) en présence de DS a pour but de rétablir l'équilibre physiologique de la colonne vertébrale en attendant la fusion osseuse des segments instrumentés (fig. 3). Une fusion en DS a des conséquences biomécaniques: les troubles de l'équilibre statique entraînent souvent la défaillance des matériaux (relâchement et rupture des implants) et les segments adjacents peuvent se dégénérer plus vite, ce qui requiert un prolongement de la spondylodèse. Mais même une spondylodèse minimale nécessite de veiller à l'équilibre correct des segments à opérer. De mauvaises postures postopératoires – en particulier au niveau du rachis lombaire (RL) – peuvent entraîner la dégénérescence iatrogène de segments adjacents, la défaillance des matériaux ainsi qu'un DS progressif dû à des adaptations posturales compensatoires [8–10].

Il convient de noter que d'autres pathologies de l'appareil moteur, notamment une coxarthrose, peuvent influencer le DS et doivent donc éventuellement être évaluées pour une endoprothèse avant toute chirurgie corrective au niveau du rachis.

### Quelle doit être l'ampleur de la correction?

Une imagerie de DS ne dissimule pas systématiquement un patient symptomatique. C'est pourquoi la nécessité d'une spondylodèse corrective doit toujours être évaluée de manière critique. Si celle-ci est bien requise, car le DS est en corrélation avec la souffrance du patient, les principes de bases suivants sont à observer. Le premier concerne la LL. La formule « $LL = IP \pm 10^\circ$ » indique qu'une LL optimale doit être visée pour tout patient en fonction de son IP congénitale. Il est à noter que la LL cible doit plutôt être de +10° pour une IP faible et de -10° pour une IP élevée. Toutefois, la formule mentionnée ci-dessus est difficilement applicable chez les patientes et patients présentant une IP très faible ou très élevée. Dans ces cas, une alternative a été décrite par Le Huec et Hasegawa, formulée « $LL = 0,5 \times IP + 28$ » [7]. Le centre de gravité du corps doit être



**Figure 4:** Les diverses ostéotomies de correction d'un déséquilibre sagittal avec différentes exigences techniques; à gauche: étendue de la résection osseuse; à droite: résultat postopératoire (© Universitätsklinik für Neurochirurgie, Inselspital, Berne).

- A)** Ostéotomie selon «Smith-Petersen» ou «Ponte»: les deux techniques sont très similaires. Le retrait des articulations facettaires limitant le mouvement et de l'appareil ligamentaire interépineux permet de gagner 5–15° de lordose par segment. Cela nécessite un segment mobile. L'ostéotomie est techniquement plus facile à réaliser et généralement utilisée sur plusieurs segments en même temps. L'ostéotomie de «Smith-Petersen» s'applique au rachis lombaire, celle de «Ponte» au rachis thoracique. (Grades 1 et 2 selon Schwab) [11].
- B)** Ostéotomie de soustraction pédiculaire (OSP): La résection en coin (les deux pédicules plus des parties du corps vertébral) permet de transformer un segment cyphotique déjà fusionné en un segment lordotique. Le procédé est techniquement délicat, mais permet de créer jusqu'à 35° de lordose par segment. (Grade 3 selon Schwab.)
- C)** Résection de corps vertébral: elle permet une correction maximale (jusqu'à 60°) en retirant la totalité d'un corps vertébral et les disques intervertébraux adjacents. Elle est utilisée uniquement dans des cas particulièrement sévères et doit faire exclusivement appel à des chirurgiens expérimentés en déformations en raison des taux élevés de complications. (Grade 5 selon Schwab.)

déplacé postérieurement de sorte que l'AVS soit si possible <5 cm après une spondylodèse corrective, c'est-à-dire que C7 soit aligné avec S1. En présence d'une correction posturale adéquate, les mécanismes compensatoires réapparaissent aussi automatiquement. Cela est exprimé par une VP postopératoire de 20°.

Selon l'ampleur de la correction (rétablissement de la lordose) que nécessite un DS, diverses techniques chirurgicales sont utilisées lors d'une spondylodèse corrective étendue. Plusieurs ostéotomies (fracture osseuse ciblée ou résection de fragments osseux) permettent de déplacer postérieurement le profil sagittal (fig. 4A–C). La distinction est alors faite entre des procédés de raccourcissement au niveau des structures postérieures en vue de la fusion du rachis [11] et des procédés de prolongement au niveau des structures antérieures favorisant la mobilité et la souplesse du rachis [12]. Il est ainsi possible d'obtenir d'importantes corrections – accompagnées de taux croissants de complications – avec des techniques plus ou moins sophistiquées. Des accès antérieurs ou latéraux ainsi que des implants modernes tels que les cages hyperlordotiques permettent notamment de corriger la LL de manière moins invasive [13].

### Complications potentielles et leurs taux lors d'interventions correctives

Les spondylodèses correctives sont des opérations longues et délicates qui entraînent d'importantes pertes sanguines et présentent des taux élevés de complications augmentant selon leur complexité et l'âge du patient [14, 15]. Dans une analyse multicentrique des deux premières années postopératoires, des complications sont indiquées chez 70% des patientes et patients au total, dont la moitié sont graves [16]. La mortalité s'élève à 0,6%. Les complications les plus fréquentes sont la défaillance des implants, la survenue de déficits neurologiques, la dégénérescence de segments adjacents ainsi que des complications chirurgicales et cardio-pulmonaires.

Afin de prévoir le risque opératoire individuel des 30 premiers jours après l'intervention en cas de chirurgie rachidienne complexe, des scores ont été développés permettant d'objectiver la prise de décision de telles interventions [15, 17].

Il convient néanmoins de comparer les taux élevés de complications à la supériorité de la spondylodèse corrective par rapport à un traitement conservateur en présence de DS [18] et à la satisfaction étonnamment élevée des patients [19–22] en cas d'indication correcte.

## Quelle est la qualité des preuves dans la littérature?

Le concept d'équilibre sagittal fait débat: Des interventions très invasives présentant des taux élevés de complications et de révision sont parfois justifiées de manière apodictique sur la base de preuves de classe 3 à 4.

Même si de nombreuses études sur le DS présentent un lien significatif entre les variables examinées, comme le rétablissement de l'équilibre sagittal et l'amélioration corrélée de la qualité de vie [20], la causalité des rapports n'est pas encore prouvée. En effet, il existe aussi des travaux indiquant qu'une simple décompression du canal rachidien permet d'améliorer l'équilibre sagittal [23, 24]. Par conséquent, ce serait tomber dans l'excès que de concentrer chaque traitement chirurgi-

cal du rachis sur le rétablissement instrumenté de l'équilibre sagittal. Chez ces patientes et patients, il est donc indispensable de discuter de l'indication et l'information chirurgicales adéquates dans l'esprit de «primum non nocere» [25]. Pour les lectrices et lecteurs intéressés, nous recommandons de consulter la revue de Le Huec et al. parue en 2019 [26].

## Résumé

La marche debout est due à l'équilibre du rachis. Ne serait-ce que pour cette raison, le concept de l'équilibre sagittal est donc pertinent et pas seulement une mode. Toutefois, les preuves en faveur d'opérations correctives agressives en présence de dégénérescence rachidienne ne sont pas de qualité élevée. Les chirurgiennes et chirurgiens du rachis et leurs patientes et patients doivent examiner de manière critique la nécessité individuelle d'un rétablissement opératoire lourd de l'alignement sagittal et des risques associés. Afin d'éviter les mauvais alignements iatrogènes, il convient toutefois de jeter un œil sur l'équilibre sagittal avant toute opération de fusion.

## Disclosure statement

Les auteurs ont déclaré ne pas avoir d'obligations financières ou personnelles en rapport avec l'article soumis.

## Références

La liste complète des références est disponible dans la version en ligne de l'article sur <https://doi.org/10.4414/fms.2021.08814>.

Un «Highlight» de la Société Suisse de Neurochirurgie sur ce sujet a été publié l'année dernière dans le *Forum Médical Suisse*: Jost G. Equilibre sagittal: une indication pour les opérations du rachis? *Forum Med Suisse*. 2020;20(15-16):256-8. [doi.org/10.4414/fms.2020.08501](https://doi.org/10.4414/fms.2020.08501).

Correspondance:  
PD Dr méd.  
Christian T. Ulrich  
Praxis für Neurochirurgie  
Lindenhofspital Bern  
Bremgartenstrasse 119  
CH-3012 Bern  
[ch.ulrich\[at\]hin.ch](mailto:ch.ulrich[at]hin.ch)

## L'essentiel pour la pratique

- Les troubles de l'équilibre sagittal peuvent s'accompagner d'une surcharge de la musculature posturale et entraîner ainsi des symptômes chroniques à long terme.
- La radiographie du rachis complet en position debout constitue le standard universel pour déterminer les principaux paramètres de l'équilibre sagittal.
- Toute opération de fusion doit être précédée d'une analyse de l'équilibre sagittal afin d'éviter les mauvais alignements iatrogènes. Tout déséquilibre sagittal ne doit néanmoins pas être traité par une spondylodèse corrective.
- Les preuves scientifiques en faveur d'opérations correctives agressives sont actuellement de moindre qualité pour un taux élevé de complications. Un établissement critique de l'indication ainsi qu'une information détaillée des patientes et patients sont donc nécessaires.