

Orthopädie 2022 · 51:962–968
<https://doi.org/10.1007/s00132-022-04321-x>
Angenommen: 13. September 2022
Online publiziert: 12. Oktober 2022
© Der/die Autor(en) 2022



Lumbo-pelvino-azetabuläres Alignment – Grundlagen und klinische Konsequenzen

Bernhard Heimkes · Nina Berger · Vincent Frimberger

Klinik für Kinderchirurgie, Sektion Kinder- und Neuroorthopädie, Kliniken Dritter Orden gGmbH, München, Deutschland

Zusammenfassung

Die Wirbelsäulenform wie auch die pelvine Ante-/Retroversion eines Individuums werden durch seine angeborene, genetisch fixierte lumbosakrale Angulation bestimmt. Diese kann wenig aufwendig in der seitlichen Stehaufnahme des Patienten vermessen werden. In der Wirbelsäulenchirurgie existiert zum Thema eine große Anzahl von Originalarbeiten, in der Hüftchirurgie wurde die individuelle Beckenversion und ihre Konsequenzen für die azetabuläre Orientierung der Hüftpfanne bisher weniger beachtet.

Im vorliegenden Review werden bisherige Kenntnisse zum Zusammenhang zwischen lumbosakraler Angulation und pelviner Ante-/Retroversion dargestellt. Es lassen sich hierbei vier anatomisch definierbare Beckentypen unterscheiden, wovon drei als fakultativ pathogen angesehen werden müssen. Klinische Konsequenzen ergeben sich für die Krankheitsbilder der Spondylolisthesis, des nichtspezifischen Kreuzschmerzes, der azetabulären Retroversion, der kongenitalen Hüftdysplasie sowie für die Pfannenpositionierung in der Hüftendoprothetik.

Schlüsselwörter

Azetabulum · Beckenanteversion · Beckenretroversion · Becken · Sagittale Balance

Hinführung

Entscheidend für den Erwerb des aufrechten Ganges war, dass sich im Laufe der Evolution eine lumbosakrale Angulation ausbildete, die das Becken aus der ursprünglich fast waagrecht in die Vertikale brachte und der Lendenwirbelsäule eine lordotische Form gab. In Grundlagenarbeiten wurden hierzu die lumbopelvinen Messparameter Sacral Slope, Pelvic Tilt und Pelvic Incidence eingeführt, wobei letzterer sowohl die Wirbelsäulenform als auch die Beckenversion eines Individuums bestimmt. Dieser Zusammenhang zwischen der Form der Wirbelsäule sowie der Version des Beckens und der Pfanne muss bei Beckenosteotomien sowie in der Hüftarthroskopie und Hüftendoprothetik beachtet werden.

Beckenposition und Schwerlot (Abb. 1a)

Stabiles Stehen ist nur dann möglich, wenn der in Höhe des fünften Lendenwirbelkörpers befindliche Massenschwerpunkt entlang des Schwerlots („gravity line“) über die Standfläche der Füße gerät. Stehaufnahmen in Kombination mit Fußdruckmessungen gesunder Probanden [26, 27, 29] zeigen, dass die Lage des Schwerlots überwiegend über die Position des Beckens reguliert wird [16, 31].

Das Vermögen, den Körper mithilfe der Propriozeption und geringen Muskelkräften möglichst ökonomisch in der Sagittalen zu stabilisieren, bezeichnet man als sagittale Balance.

Sagittales Profil des Beckens, Messparameter (Abb. 1b, 2 und 3)

In der seitlichen Standaufnahme des Beckens, entweder konventionell radio-



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

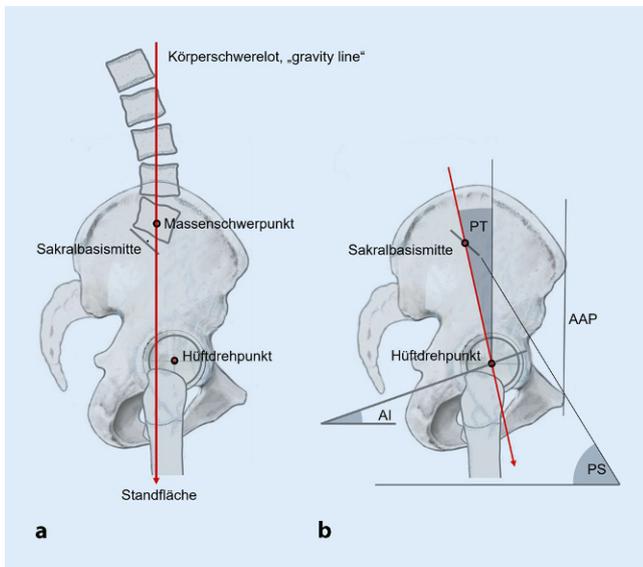


Abb. 1 ▲ **a** Ökonomisches Stehen: Das Schwerlot verläuft nach [26] beim Gesunden durchschnittlich zwischen der Hinterkante der Sakralbasis und dem Hüftgelenkmittelpunkt im Abstandsverhältnis 3:2. Der Körpermassenschwerpunkt ist auf Höhe des fünften Lendenwirbelkörpers gelegen. **b** Messgrößen: Die Position des Beckens im Stand kann mithilfe der vorderen Beckenebene (AAP anterior pelvic plane), dem Promontorium-Symphysen-Winkel PS oder dem in der Wirbelsäulenchirurgie bevorzugten Pelvic Tilt PT beschrieben werden. Letzterer wird zwischen der Körpervertikalen und einer Linie, welche die Mitte der Sakralbasis und den virtuellen Hüftdrehpunkt schneidet, gemessen. Die Position einer eingebrachten Kunstpfanne in der Sagittalebene wird mit dem Wert der azetabulären Anteversion (AI) beschrieben (Open access, modifiziert nach [9])

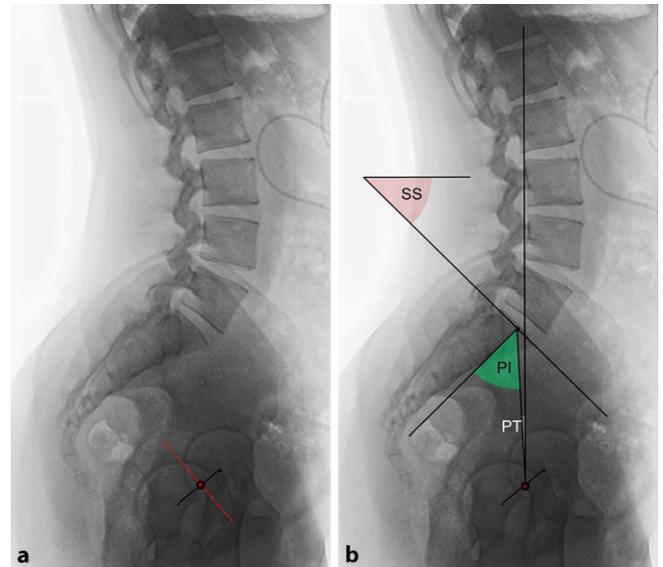


Abb. 2 ▲ Bestimmung des lumbopelvinen Profils. **a** Die unterschiedlich großen Hüftköpfe werden umrundet, ihre Mittelpunkte werden zur bikoxalen Drehachse verbunden. Der virtuelle Hüftdrehpunkt findet sich in Mitte der bikoxalen Drehachse. **b** Der Sacral Slope (SS) vermisst sich zur Körperhorizontalen, der Pelvic Tilt (PT) auf einer Linie zwischen Sakralbasismitte und dem Hüftdrehpunkt sowie der Körpervertikalen. Die Pelvic Incidence spannt sich zwischen dem dorsalen Schenkel des Pelvic Tilt und einer Linie auf, die im rechten Winkel auf die Sakralbasismitte stößt. Gezeigt ist der Befund eines neurologischen Patienten, der als individuelle anatomische Konstante eine niedrige Pelvic Incidence besitzt, die gemessenen Werte des Sacral Slopes und des Pelvic Tilt weisen auf eine gluteale Schwäche oder Beugekontraktur hin

logisch [4, 15, 25, 35] oder mit der EOS-Methode [2, 5, 8, 14, 16] gewonnen, kann das sagittale Profil des Beckens und damit der Becken-Tilt auf dreierlei Weise vermessen werden:

- Für endoprothetische Fragestellungen wird überwiegend die vordere Beckenebene (VBE, „anterior pelvic plane“ [AAP]) genutzt [19, 28, 36]. Sie ist durch eine Linie zwischen beiden Spinae iliaca anteriores superiores und den Schambeintuberkeln definiert. Die azetabuläre Anteversion (AI, Synonyme: Anteinklination, „acetabular cup anteversion“) ist bei fehlenden validen Messpunkten in der präoperativen Stehaufnahme nicht bestimmbar. Sobald die Hüftpfanne eingebracht ist, kann man jedoch mit diesem Wert die sagittale Position der Kunstpfanne

und deren funktionelle Relativbewegungen im Liegen, Sitzen und Stehen vermessen.

- In radioanatomischen Arbeiten ist der Promontorium-Symphysen-Winkel (PS-Winkel, sagittaler Beckenneigungswinkel) aufgeführt [30, 34]. Er vermisst sich zwischen der Körperhorizontalen und einer Linie, die vom Promontorium zu den Schambeintuberkeln zieht. Als Normwert werden 60° angegeben, Untersuchungen zur Standardabweichung bestehen nicht.
- In der Wirbelsäulenchirurgie wird entsprechend der **Abb. 2 und 3** das sagittale Profil des Beckens und des lumbopelvinen Überganges mit dem (nicht dargestellten) Lordosewinkel – bestimmt zwischen der Oberkante L5 und der Sakralbasis –, dem Sacral Slope (SS), der Pelvic Incidence (PI) und dem Pelvic Tilt (PT) beschrieben. Der Vorteil dieser Methode ist, dass in der Mitte der Sakralbasis alle Winkel zusammenreffen, die den Zusammenhang zwischen Wirbelsäulen- und Becken-

profil zeigen. Zudem bestehen mehrere konkordante Studien zu Durchschnittswerten und zur Korrelation zwischen Wirbelsäulen- und Beckenparametern [2, 4, 6, 8, 15, 16, 27, 35]. Die zuletzt beschriebene Methode der Messung des Becken-Tilt wird zunehmend auch in der gelenkerhaltenden operativen Therapie der Hüfte [9, 10] wie auch in der Hüftendoprothetik verwandt [7, 13, 14].

Lumbopelvines Alignment **(Abb. 3a, b)**

Im sagittalen Profil der Wirbelsäule und des Beckens im Stand muss man unterscheiden, welche Werte im lumbopelvinen Alignment anatomisch vorgegeben, und welche Werte durch funktionelle Überlagerung entstanden sind. Es sind also Formfehler von Funktionsstörungen abzugrenzen.

Das lumbopelvine Alignment beschreibt die sich gegenseitig bedingende anatomische Form der Lendenwirbelsäu-

Abkürzungen

SS	„Sacral Slope“
PI	„Pelvic Incidence“
PT	„Pelvic Tilt“

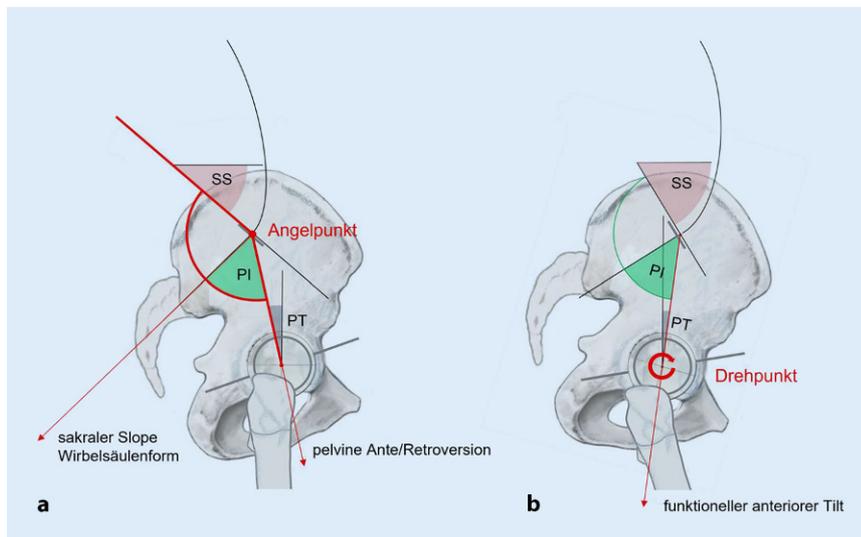


Abb. 3 ▲ Anatomisches und funktionell überlagertes Beckenprofil. **a** Lumbopelvines Alignment: Die Pelvic Incidence (PI) gibt die lumbosakrale Angulation wieder. Sie ist eine vom jeweiligen Individuum abhängige anatomische Konstante, die über den korrelierenden Sacral Slope (SS) die Wirbelsäulenform und über den korrelierenden Pelvic Tilt (PT) die pelvine Ante-/Retroversion vorgibt. Durchschnittswerte mit Standardabweichung in Kollektiven asymptomatischer Probanden [2, 16, 35]: Lordosewinkel (LL): 45,6 – 55,8 – 66,0. Sacral Slope (SS): 32,5 – 40,2 – 47,9. Pelvic Incidence (PI): 41,5 – 52,0 – 62,5. Pelvic Tilt (PT): 4,6 – 11,6 – 18,6. **b** Die anatomisch vorgegebene Beckenposition kann funktionell durch Rotation im Hüftgelenk verändert werden. (Open access, modifiziert nach [9])

le, des lumbosakralen Übergangs und des Beckens eines Individuums. Es ist evolutionär vorgegeben, genetisch determiniert und nach der Wachstumsphase lebenslang gleichbleibend, solange keine sekundär verformenden Krankheiten hinzukommen [4, 16, 25, 26, 31]. Wichtigster Parameter ist hierbei die Pelvic Incidence, deren unveränderlicher Wert vom jeweiligen Individuum abhängig ist. Diese gibt vor, wie stark die Sakralbasis innerhalb des Beckens anguliert ist, sie bleibt damit bei Vor- und Rückrotation im Hüftgelenk unverändert. Wie in **Abb. 3a** dargestellt, gibt ihr dorsaler Schenkel den Wert des Sacral Slopes vor, der wiederum die Wirbelsäulenform bestimmt [15, 25, 35]. Ihr ventraler Schenkel sagt aus, wieviel der anatomische Tilt des Beckens beträgt, also wie stark das Becken retro- oder antevertiert ausgebildet ist [2, 4, 8, 16, 35]. Wie in **Abb. 3b** dargestellt, ändert sich diese anatomisch vorgegebene Ausgangssituation des aufrecht stehenden Menschen, sobald zusätzlich zur formbestimmenden lumbosakralen Angulation eine (funktionelle) Vor- oder Rückrotation im Hüftgelenk vollzogen wird. Hierauf wird nochmals ausführlich

im Folgekapitel „Funktionelle Änderungen der Beckenposition“ eingegangen.

Lumbopelvines Alignment, Diversität (Abb. 4)

Die in **Abb. 3a** gezeigten Durchschnittswerte dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Pelvic Incidence und damit die korrelierenden Werte des Sacral Slopes und des Pelvic Tilt erheblich streuen, wobei für die Pelvic Incidence Minimalwerte unter 20° und Maximalwerte über 80° beobachtet wurden.

Es konnte mithilfe einer aufwendigen Studie [25] gezeigt werden, dass die Wirbelsäulenform eines Menschen von seiner individuellen Pelvic Incidence und deren korrelierendem Sacral Slope abhängt. Es sind hierbei – basierend auf dem Wert des jeweiligen Sacral Slopes – vier Formtypen zu unterscheiden, zu denen auch angegeben wurde, wie häufig der jeweilige Typ zu beobachten ist, und welche Typen bei welchen Wirbelsäulenerkrankungen zu beobachten sind. Analog zu diesen Roussouly-Formtypen der Wirbelsäule lassen sich anhand des Wertes der Pelvic Incidence und des Pelvic Tilt auch verschiedene Becken-

versionen differenzieren, die sich klinisch unterschiedlich auswirken können:

- **Beckentyp A:** Dieser seltene Typ weist eine Pelvic Incidence deutlich unter 41° und einen negativen Wert des Pelvic Tilt auf. Es besteht also eine extreme pelvine Retroversion, die sich bereits in der Beckenübersichtsaufnahme in Form einer „elephant’s ear hip“ [33] vermuten lässt. Der Hüftgelenkdrehpunkt ist dorsokaudal der Sakralbasismitte zu finden. Konsekutiv besteht fast immer eine azetabuläre Retroversion und damit ein femoroazetabuläres Impingement. Die Patienten sind zumeist einem Wirbelsäulentyp Roussouly 1 zuzuordnen, der durch einen Sacral Slope kleiner 35°, eine kurze Lendenlordose und einen rückgeneigten Rumpf gekennzeichnet ist.
- **Beckentyp B:** Dieser „flat back-pelvic retroversion-type“ weist eine Pelvic Incidence unter 41° und einen niedrigen Pelvic Tilt auf, der Hüftdrehpunkt liegt knapp ventral der Sakralbasis. Die Patienten weisen in der Regel einen Flachrücken auf, der dem Roussouly-Typ 2 zuzuordnen ist. Er findet sich überwiegend bei jungen Mädchen, die dann entweder über einen unspezifischen Kreuzschmerz [25] oder über beidseitige Leistenschmerzen klagen. Die Mehrzahl aller symptomatischen azetabulären Retroversionen sind diesem Beckentyp zuzuordnen [10].

Problem bei den Beckentypen A/B ist, dass bei diesen die Sakralbasis bereits sehr stark zur Horizontalen verlagert ist und die Lendenwirbelsäule sehr steil steht, sodass ein vorderes Hüftimpingement kaum über die Wirbelsäule kompensierbar ist.

- **Beckentyp C:** Dieser entspricht dem Normtyp der **Abb. 4** mit einem Durchschnittswert der Pelvic Incidence von $52,0 \pm 10,5^\circ$, des Sacral Slopes von $40,2 \pm 7,7^\circ$ und des Pelvic Tilt von $11,6 \pm 7,0^\circ$. Die Wirbelsäulenform ist dem Roussouly-Typ 3 zuzuordnen. Ein erhöhtes Risiko der Untersuchten, an einer sekundären Wirbelsäulen- oder Hüfterkrankung zu leiden, ist nicht gegeben.
- **Beckentyp D:** Bei diesem beträgt die Pelvic Incidence mehr als 62°, das

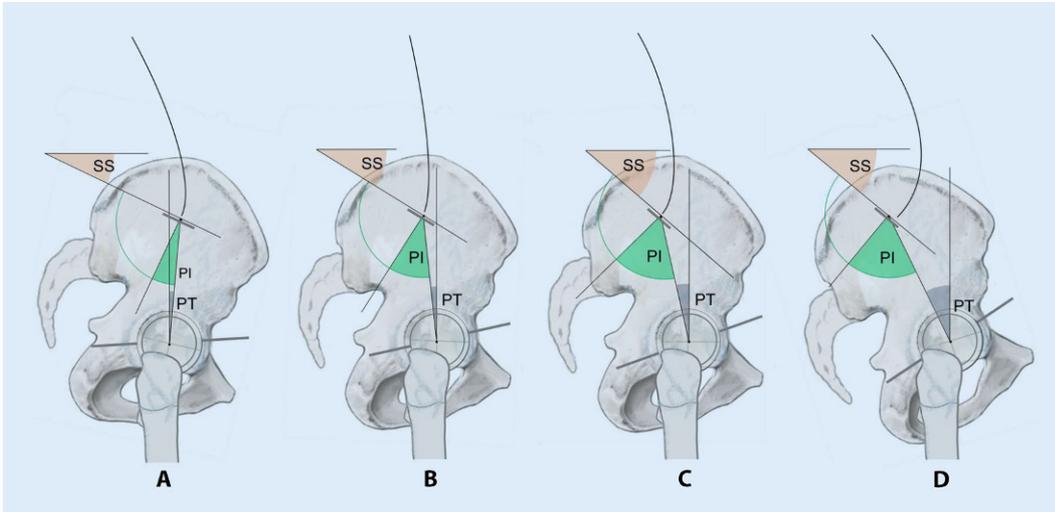


Abb. 4 ◀ Alignmentvariablen: Die Beckenposition in der Sagittalen hängt vom individuell unterschiedlichen Wert der Pelvic Incidence ab. Beckentypen A/B neigen zur symptomatischen azetabulären Retroversion, der Typ C entspricht einem Normalbefund. Beim Typ D werden vermehrt Spondylolisthesen beobachtet. (Open access, modifiziert nach [9])

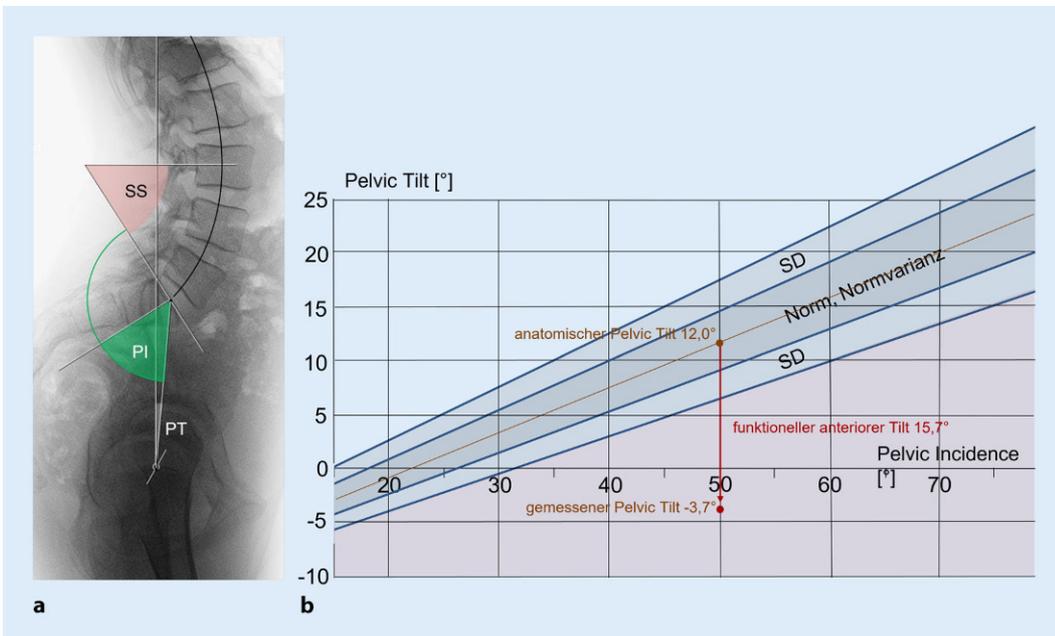


Abb. 5 ◀ Funktionelle Überlagerung des Alignments durch funktionellen anterioren Tilt. **a** Gezeigt ist die Beckenposition eines zerebralparetischen Patienten mit einer glutealen Schwäche und einer sekundären Hüftbeugekontraktur. Der Wert der Pelvic Incidence bleibt hierbei unverändert, der gemessene Sacral Slope nimmt zu, der gemessene Pelvic Tilt nimmt ab. **b** Das Ausmaß des funktionellen anterioren oder posterioren Tilts kann an einer Eichkurve mit Werten nach [2, 16, 35] abgeschätzt werden

Hüftgelenk steht weit ventral der Sakralbasis und öffnet sich in der Regel stärker nach ventral.

Eine spezifische Hüfterkrankung für diesen Typ ist nicht bekannt, liegt jedoch gleichzeitig eine kongenitale Hüftdysplasie vor, verstärkt die pelvine Anteversion in ungünstiger Weise die Anteversion der Hüftpfanne [17]. Der korrelierend bestehende hohe Sacral Slope prädisponiert zur Spondylolisthesis [12].

Funktionelle Änderungen der Beckenposition (Abb. 3b und 5)

Ein Individuum ist über genetische Mechanismen in seinem Alignmentstyp festgelegt, seine Beckenposition kann jedoch funktionell über die Vor- oder Rückrotation im Hüftgelenk (oder selten auch durch Beugestellungen im Kniegelenk) sekundär verändert werden. Der Wert der Pelvic Incidence bleibt hierbei immer gleich, die Werte des Sacral Slopes und des Pelvic Tilt ändern sich gegensinnig. Diese willkürliche oder durch Erkrankungen erzwungene Rotation im Hüftgelenksdrehpunkt, welche sekundär die Beckenposition verändert, wird in der Rehabilitationsmedi-

zin, Sportmedizin und Physiotherapie als (funktioneller) anteriorer oder posteriorer Tilt bezeichnet [21].

Gut verständlich sind die alltäglichen funktionellen Änderungen, wenn ein Individuum vom Stand zum Gehen, ins Sitzen und zum Liegen kommt. Beim Gehen ist in der Standbeinphase ein funktioneller anteriorer Tilt von 4° zu beobachten [22].

Beim Wechsel vom Stand zum Sitzen erhöht sich der Pelvic Tilt um circa 20–25°, der Sacral Slope erniedrigt sich um denselben Wert [13]. Beim Wechsel vom Stand zum Liegen vergrößert sich der Pelvic Tilt um durchschnittlich 2–6°, wobei große Spannbreiten zu beobachten sind [23]. Dies ist insbesondere in der Hüftarthroplastik und

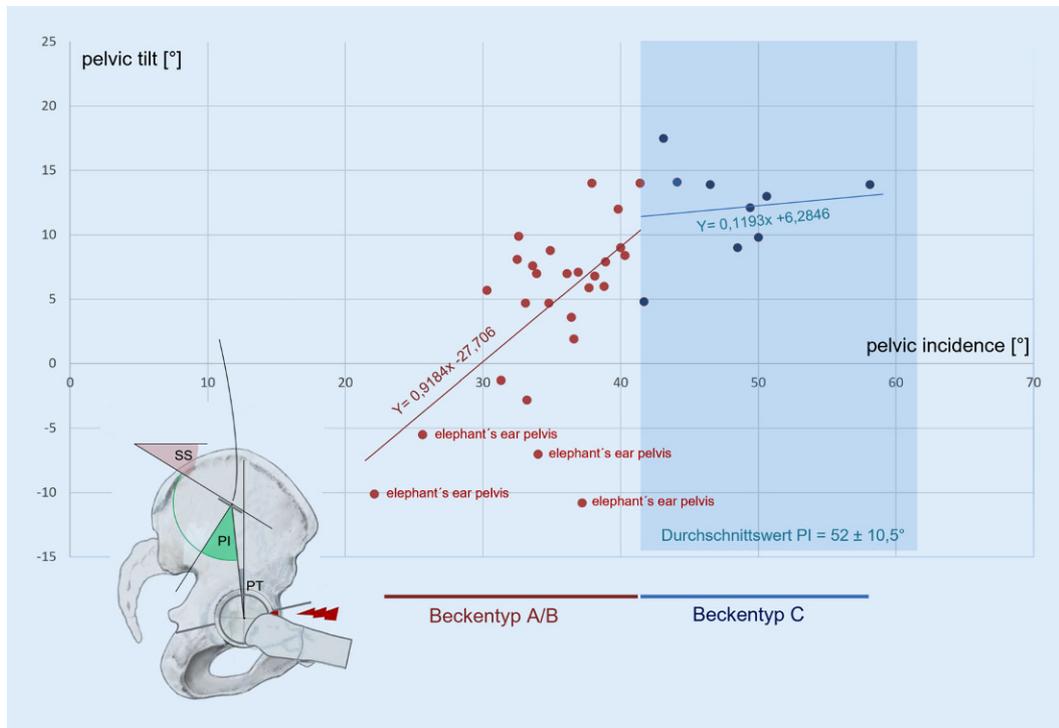


Abb. 6 ◀ Korrelation Pelvic Tilt (PT)/Pelvic Incidence (PI) von 27 Patient:innen mit symptomatischen azetabulären Retroversionen. Diese sind überwiegend den Beckentypen A/B mit erniedrigter Pelvic Incidence und nicht dem Beckentyp D zuzuordnen. Azetabuläre Retroversionen bei normalem lumbopelvinem Alignment kommen weniger häufig vor [10]

bei Beckenosteotomien zu beachten [7, 13, 14].

Bestimmt man den Pelvic Tilt eines Patienten, dann muss man sich dessen bewusst sein, dass sich der gemessene Wert aus dem anatomischen – mit der Pelvic Incidence korrelierenden – Tilt und einem überlagernden funktionellen Tilt zusammensetzt. Beide Komponenten sind mit einer „Eichkurve“ zu unterscheiden, die sich an großen Kollektiven gesunder Probanden orientiert [2, 16, 35]. Dies ist besonders eindrucksvoll bei neuroorthopädischen Erkrankungen zu sehen, die mit einer glutealen Schwäche oder Hüftbeugekontraktur einhergehen. In der Altersorthopädie sind es die degenerativ verursachte Lendenkyphose und die koxarthrotisch ausgelöste Hüftbeugekontraktur, die die Werte aus der anatomischen Normkurve ausscheren lassen.

Lumbopelvinen Alignment und azetabuläre Orientierung (▣ Abb. 6)

Die Hüftpfanne entspricht geometrisch einem unregelmäßig berandeten Kugelsegment, dessen Eingangsebene und Polachse innerhalb des Beckens in erster Linie nach kaudolateral und weniger ausgeprägt nach ventrokaudal ausgerich-

tet ist [3, 20]. Diese komplexe Stellung im Raum kann man vereinfacht darstellen, indem man die Position der Pfanne mit dem Wertepaar der frontalen azetabulären Inklination und der sagittalen azetabulären Ante-/Retroversion (Anteinklination) beschreibt [7, 13, 14] oder beide Komponenten miteinander verrechnet [20]. Die frontale Inklination der Pfanne lässt sich radioanatomisch problemlos mit dem Inklinationswinkel nach Ullmann vermessen [34]. Die sagittale Version der Pfanne wurde bisher – bei nicht validen Bezugspunkten in der seitlichen Beckenaufnahme – nur indirekt mithilfe von Surrogatparametern aus der Beckenübersicht [30], der axialen Computertomographie [1] oder der Faux-profile-Aufnahme [18] dargestellt. Inzwischen konnte die azetabuläre Anteversion mithilfe von 3D-Rekonstruktionen im EOS-System direkt bestimmt werden [32], wobei bei asymptomatischen Probanden Mittelwerte von 18° gegenüber der Horizontalen angegeben wurden.

Im Rahmen der vorliegenden Übersicht interessiert, ob die sagittale azetabuläre Ante-/Retroversion vom spinopelvinen Alignment beeinflusst ist, wie dies in ▣ Abb. 4 dargestellt ist, oder ob sich die Pfanne innerhalb des Beckens autonom

orientiert. Hier gibt es Hinweise, dass Beckenformen mit niedriger Pelvic Incidence zur azetabulären Retroversion neigen, während solche mit hoher Pelvic Incidence stärker antevertierte Pfannen aufweisen und damit die azetabuläre Anteversion der kongenitalen Hüftdysplasie verstärken können [10, 17, 24, 32]. Eine lineare Korrelation zwischen der Pelvic Incidence und der azetabulären Orientierung wird jedoch bestritten [11]. In klinischen Arbeiten war zu beobachten, dass Patienten mit einer symptomatischen azetabulären Retroversion überwiegend niedrige Pelvic Incidences aufweisen [10, 17], dass es jedoch auch Patienten mit symptomatischer azetabulärer Retroversion und normaler Pelvic Incidence gibt [10].

Fazit für die Praxis

- Die Wirbelsäulenform wie auch die pelvine Ante-/Retroversion eines Individuums wird durch seine sagittale lumbosakrale Angulation bestimmt.
- Das lumbopelvine Alignment wird in der seitlichen Stehaufnahme des Patienten vermessen.
- Das sagittale Profil des Beckens kann funktionell über Vor- und Rückrotation im Hüftgelenk beeinflusst sein.

- Die Ausprägung des lumbopelvinen Alignments kann in vier verschiedenen Beckentypen A–D beschrieben werden.
- Der Typ A prädisponiert zum Krankheitsbild der azetabulären Retroversion und erfordert in der Hüftendoprothetik eine modifizierte Pfannenpositionierung.
- Der Typ B beschreibt die Kombination eines ausgeprägten Flachrückens mit einer pelvinen Retroversion („flat back-pelvic retroversion-type“). Er prädisponiert zum nichtspezifischen Kreuzschmerz und/oder zum Krankheitsbild der azetabulären Retroversion.
- Der Typ D prädisponiert zur Spondylolisthesis und verstärkt die azetabuläre Anteversion von Patient:innen mit kongenitaler Hüftdysplasie.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Bernhard Heimkes

Klinik für Kinderchirurgie, Sektion Kinder- und Neuroorthopädie, Kliniken Dritter Orden gGmbH
Menzinger Straße 44, 80638 München, Deutschland
info@ortho-heimkes.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. B. Heimkes, N. Berger und V. Frimberger geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Lumbo-pelvino-acetabular alignment—basics and clinical consequences

The spinal shape and the pelvic ante-/retroversion of an individual are determined by its innate, genetically fixed lumbosacral angulation. This can be measured with little effort in the lateral standing radiograph of the patient. In spinal surgery, there are a lot of original papers on the topic. In hip surgery, however, the individual pelvic version and its consequences for the acetabular orientation have not received the same attention so far.

This review focuses on previous data on the relationship between lumbosacral angulation and pelvic ante-/retroversion. Four anatomically definable pelvic types can be distinguished; three of those have to be considered as facultatively pathogenetic. Clinical consequences arise for the clinical pictures of spondylolisthesis, non-specific lower back pain, acetabular retroversion and developmental dysplasia of the hip, as well as for acetabular cup positioning in total hip arthroplasty.

Keywords

Acetabulum · Pelvic anteversion · Pelvic retroversion · Pelvis · Sagittal balance

Literatur

- Anda S, Svenningsen S, Grontvedt T, Benum P (1990) Pelvic inclination and spatial orientation of the acetabulum: a radiographic, computed tomographic and clinical investigation. *Acta Radiol* 31:389–393
- Amabile C, Le Huec JC, Skalli W (2018) Invariance of head-pelvis alignment and compensatory mechanisms for asymptomatic adults older than 49 years. *Eur Spine J* 27:458–466
- Bonneau N, Baylac M, Gagey O, Tardieu C (2014) Functional integrative analysis of the human hip joint: The three-dimensional orientation of the acetabulum and its relation with the orientation of the femoral neck. *J Hum Evol* 69:55–69
- Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, Benaim C, Mouilleseaux B, Marty C, Prat-Pradal D, Legaye J, Duval-Beaupère G, Pélissier J (2006) Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *Eur Spine J* 15:415–422
- Dubouset J, Charpak G, Skalli W, Kalifa G, Lazennec JY (2007) EOS stereo-radiography system: whole-body simultaneous anteroposterior and lateral radiographs with very low radiation dose. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 93:141–143
- Duval-Beaupère G, Schmidt C, Cosson P (1992) A barycentric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position. *Ann Biomed Eng* 20:451–462
- Haffer H, Adl Amini D, Perka C, Pumberger M (2020) The impact of spinopelvic mobility on arthroplasty: implications for hip and spine surgeons. *J Clin Med* 9(8):2569
- Hasegawa K, Okamoto M, Hatsushikano S, Shimoda H, Ono M, Watanabe K (2016) Normative values of spino-pelvic sagittal alignment, balance, age, and health-related quality of life in a cohort of healthy adult subjects. *Eur Spine J* 25:3675–3686
- Heimkes B, Schmidutz F, Rösner F, Frimberger V, Weber P (2018) Modifizierte Salter-Innominatum-Osteotomie für Erwachsene. *Oper Orthop Traumatol* 30:457–468. <https://doi.org/10.1007/s00064-018-0560-x>
- Heimkes B, Frimberger V, Berger N, Hiener N (2022) Acetabular retroversion in juveniles—mostly caused by a reduced lumbo-pelvic angulation. *EPOS abstract book. J Child Orthop* 16(2 suppl):31
- Kim JT, Shen QH, Jeon CH, Chung NS, Jeong S, Lee HD (2021) No linear correlation between pelvic incidence and acetabular orientation: retrospective observational study. *Medicine* 100(15):e25445
- Labelle H, Mac-Thiong JM, Roussouly P (2011) Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *Eur Spine J* 20:641. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1932-1>
- Lazennec JY, Brusson A, Rousseau MA (2013) Lumbar-pelvic-femoral balance on sitting and standing lateral radiographs. *Orthop Traumatol Surg Res* 99(1 Suppl):87–103
- Lazennec JY, Brusson A, Folinis D, Zhang A, Pour AE, Rousseau MA (2015) Measuring extension of the lumbar-pelvic-femoral complex with the EOS system. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 25:1061–1068
- Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C (1998) Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J* 7:99–103
- Le Huec JC, Hasegawa K (2016) Normative values for the spine shape parameters using 3D standing analysis from a database of 268 asymptomatic Caucasian and Japanese subjects. *Eur Spine J* 25:3630–3637
- Lerch TD, Boschung A, Schmaranzer F, Todoroki IAS, Vanlommel J, Siebenrock KA, Steppacher SD, Tannast M (2021) Lower pelvic tilt, lower pelvic incidence, and increased external rotation of the iliac wing in patients with femoroacetabular impingement due to acetabular retroversion compared to hip dysplasia. *Bone Jt Open* 2(10):813–824
- Lequesne MG, Laredo JD (1998) The faux profil (oblique view) of the hip in the standing position: contribution to the evaluation of osteoarthritides of the adult hip. *Ann Rheum Dis* 57:671–681
- Luthringer TA, Vigdorichik JM (2019) A preoperative workup of a „hip-spine“ total hip arthroplasty patient. A simplified approach to a complex problem. *J Arthroplasty* 34(7):S57–S70

20. Murray DW (1993) The definition and measurement of acetabular orientation. *J Bone Joint Surg Br* 75:228–232
21. Neumann DA (2010) Kinesiology of the hip: a focus on muscular actions. *J Orthop Sports Phys Ther* 40(2):82–94
22. Perry J (2003) Ganganalyse. Norm und Pathologie des Gehens. Urban & Fischer, München, Jena
23. Pierrepont J, Hawdon G, Miles BP, O'Connor B, Baré J, Walter LR, Marel E, Solomon M, McMahon S, Shimmin AJ (2017) Variation in functional pelvic tilt in patients undergoing total hip arthroplasty. *Bone Joint J* 99(2):184–191
24. Radcliff KE, Kepler CK, Hellman M, Restrepo C, Jung KA, Vaccaro AR et al (2014) Does spinal alignment influence acetabular orientation: a study of spinopelvic variables and sagittal acetabular version. *Orthop Surg* 6:15–22
25. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J (2005) Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine* 30(3):346–353
26. Roussouly P, Gollogly S, Nosedo O, Berthonnaud E, Dimnet J (2006) The vertical projection of the sum of the ground reactive forces of a standing patient is not the same as the C7 plumb line: a radiographic study of the sagittal alignment of 153 asymptomatic volunteers. *Spine* 31(11):E320–E325
27. Schwab F, Lafage V, Boyce R, Skalli W, Farcy JP (2006) Gravity line analysis in adult volunteers. *Spine* 31(25):E959–E967
28. Schwarz T, Benditz A, Springorum HR, Matussek J, Heers G, Weber M, Renkawitz T, Grifka J, Craiovan B (2018) Assessment of pelvic tilt in anteroposterior radiographs by means of tilt ratios. *Arch Orthop Trauma Surg* 138:1045–1052
29. Steffen JS, Obeid I, Aurouer N, Hauger O, Vital JM, Dubousset J, Skalli W (2010) 3D postural balance with regard to gravity line: an evaluation in the transversal plane on 93 patients and 23 asymptomatic volunteers. *Eur Spine J* 19(5):760–767. <https://doi.org/10.1007/s00586-009-1249-5>
30. Tannast M, Murphy SB, Langlotz F, Anderson SE, Siebenrock KA (2006) Examination of pelvic tilt on anteroposterior X-rays—a comparison of six parameters. *Skelet Radiol* 35:149–155
31. Tardieu C, Haeusler M (2019) The acquisition of human verticality with an emphasis on sagittal balance. In: Roussouly P, Pinheiro-Franco JL, Labelle H, Gehrechen M (Hrsg) *Sagittal balance of the spine*. Thieme, New York, S 13–22
32. Thelen T, Thelen P, Demezon H, Aunoble S, Le Huec J-C (2017) Normative 3D acetabular orientation measurements by the low-dose EOS imaging system in 102 asymptomatic subjects in standing position: analyses by side, gender, pelvic incidence and reproducibility. *Orthop Traumatol Surg Res* 103:209–215
33. Tian S, Vahedi H, Goswami K, Parvizi J (2019) Elephant's ear sign: a new radiographic finding indicative of acetabular retroversion. *Arthroplasty Today* 6(1):59–61
34. Tönnis D (1987) General radiography of the hip joint. In: *Congenital dysplasia and dislocation of the hip*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York
35. Vialle L, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P (2005) Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am* 87:260–267
36. Zimmerer A, Hoffmann M, Hofer A, Janz V, Wassilew GI (2020) Hip-Spine-Syndrom – Aktuelle Entwicklungen und Evidenzlage. *Orthopädie* 49:841–848



Facharzt-Training Orthopädie & Unfallchirurgie



Facharzt-Training Orthopädie & Unfallchirurgie

Ihre Vorbereitung zur Facharztprüfung Orthopädie & Unfallchirurgie mit 82 Fällen!

- Lernen online und in der App *Facharzt Training*
- Zusätzliches Vertiefungswissen
- Persönliche Lernstandsanzeige
- Trainings-Leitfaden als PDF

> Herausgegeben von Prof. Dr. Wolf Mutschler, PD Dr. Norbert Harrasser und PD Dr. Tobias Helfen



← QR-Code scannen und ausprobieren
SpringerMedizin.de/FacharztTraining