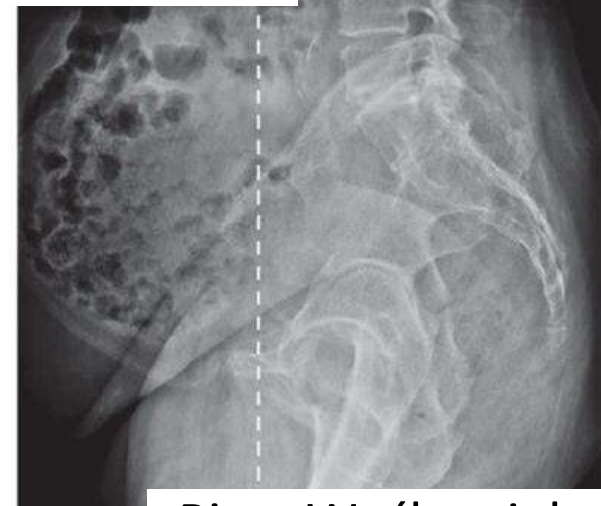
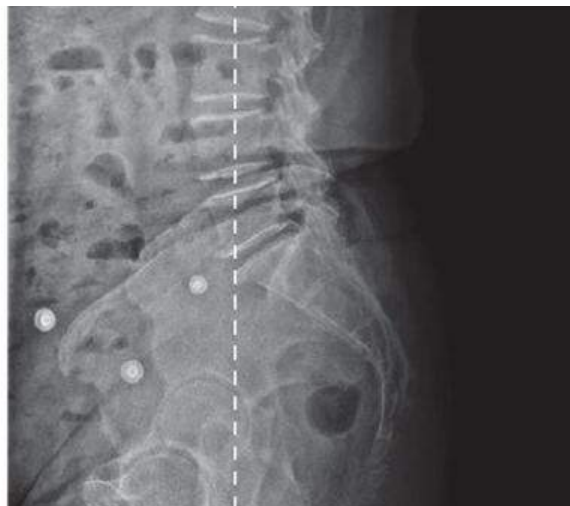
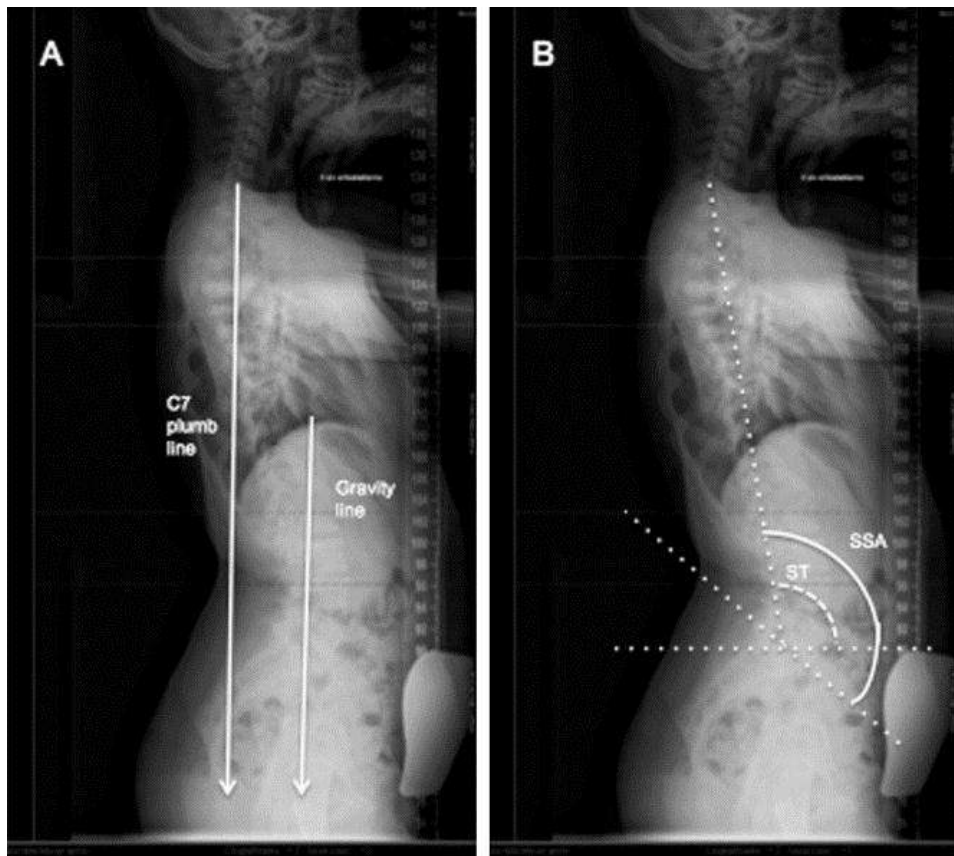


Balans strzałkowy (sagittal balance)



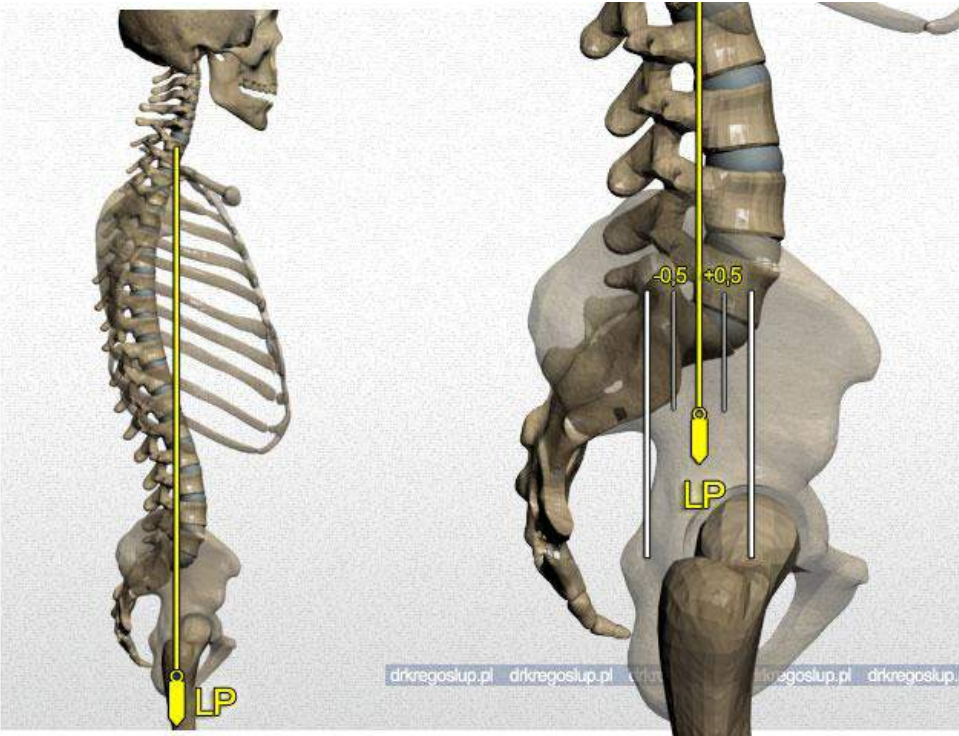
Piotr Wośkowiak

- **Co to jest balans strzałkowy?**
- W jakim celu się go wykonuje?
- Co możemy obliczyć na podstawie zdjęcia bocznego całego kręgosłupa?
- Jakie ma to konsekwencje dla pacjenta?
- Gdzie możemy wykonać takie badanie w Polsce i czego to wynika?
- Podsumowanie



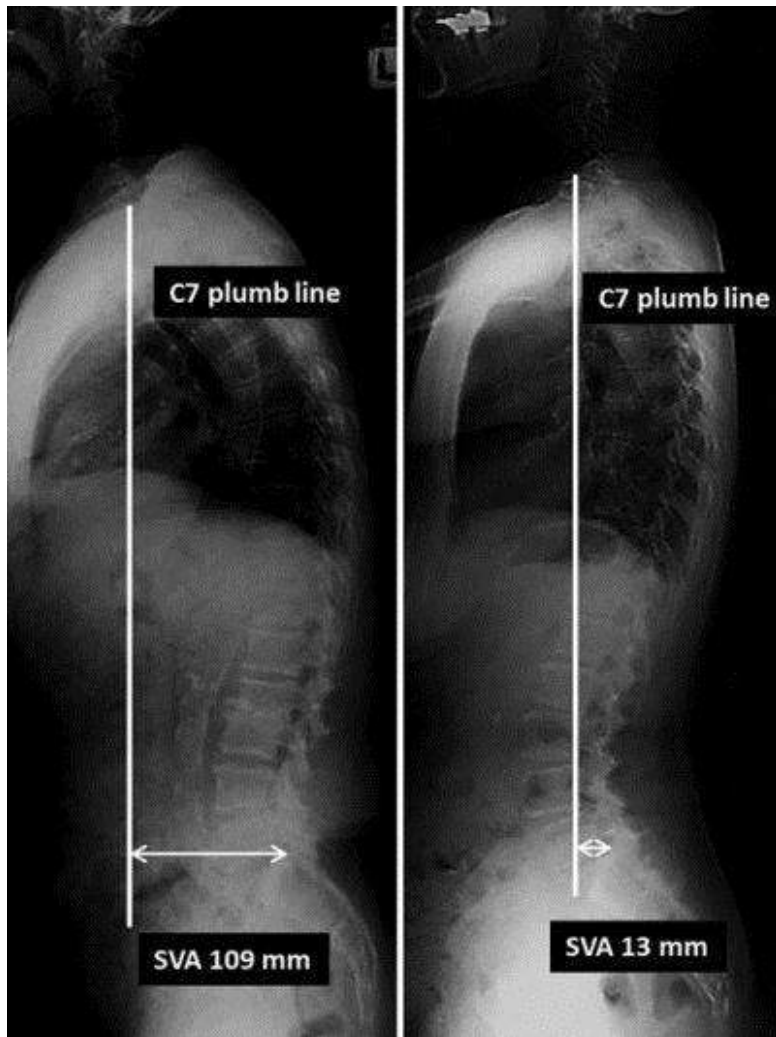
- Jest to rozkład sił działających na kręgosłup w płaszczyźnie strzałkowej (przednio-tylnej)
- Do oceny stosuje się boczne zdjęcie RTG kręgosłupa – od potylicy do kolan pacjenta (minimum od poziomu kręgu C7 do głów kości udowych)

- Krąg C7 uważany za środek masy górnej części ciała
- Pionowo poprowadzona linia od środka trzonu C7 przy prawidłowym balansie powinna rzutować na tylną krawędź krążka międzykręgowego L5/S1
- Dopuszczalne odchylenie to połowa odległości między wspomnianą krawędzią krążka a środkiem głowy kości udowej (w obie strony) – zazwyczaj są to 2cm

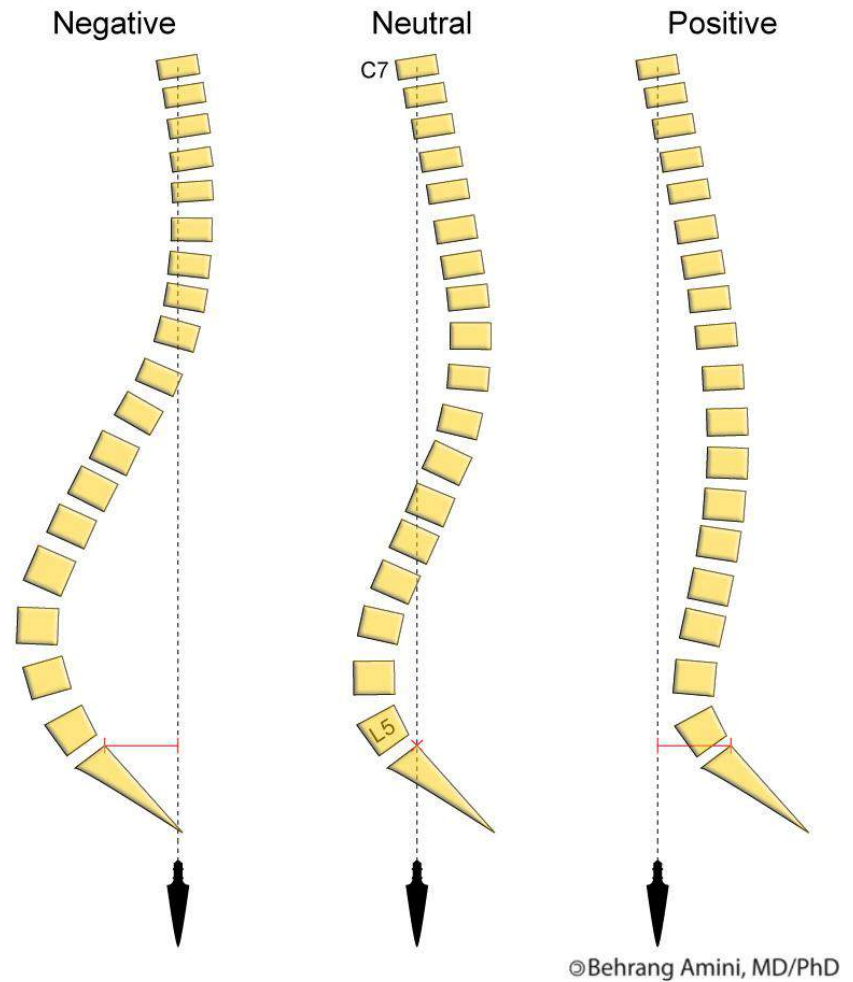


Wyznaczanie linii pionu C7 (C7 plumb line)

<http://drkregoslup.pl/Skoliza/Bol-krzyza/Balans-strzalkowy-kregoslupa,32,145>



<https://i0.wp.com/www.neurosurgery-blog.com/wp-content/uploads/2015/07/Spinal-sagittal-balance-and-microendoscopic-laminotomy-e1437670866631.jpg>



http://4.bp.blogspot.com/-WuBOV8F0L8Q/ToXXT3XFQ-I/AAAAAAAAJcU/Ukz0SOUET_M/s1600/SagittalBalance.jpg



- Co to jest balans strzałkowy?
- **W jakim celu się go wykonuje?**
- Co możemy obliczyć na podstawie zdjęcia bocznego całego kręgosłupa?
- Jakie ma to konsekwencje dla pacjenta?
- Gdzie możemy wykonać takie badanie w Polsce i czego to wynika?
- Podsumowanie

Ocena zmian, które doprowadziły do zaburzeń balansu strzałkowego



Ocena progresji zmian (oraz ewentualnych **zmian kompensacyjnych**)



Określenie postępowania z pacjentem



- Zalecenie ćwiczeń korygujących



- Ocena efektywności ćwiczeń, ewentualne skierowanie na operację przy braku efektów



- Zalecenie leczenia operacyjnego



- Zaplanowanie zabiegu



- Ocena efektywności zabiegu

- Co to jest balans strzałkowy?
- W jakim celu się go wykonuje?
- **Co możemy obliczyć na podstawie zdjęcia bocznego całego kręgosłupa?**
- Jakie ma to konsekwencje dla pacjenta?
- Gdzie możemy wykonać takie badanie w Polsce i czego to wynika?
- Podsumowanie

Dlaczego nie wystarczy wyznaczenie linii pionu C7?

Uszkodzenie kręgosłupa

- Zaburzenie balansu
- Linia pionu C7 rzutuje znacznie przed kością krzyżową (positive balance)

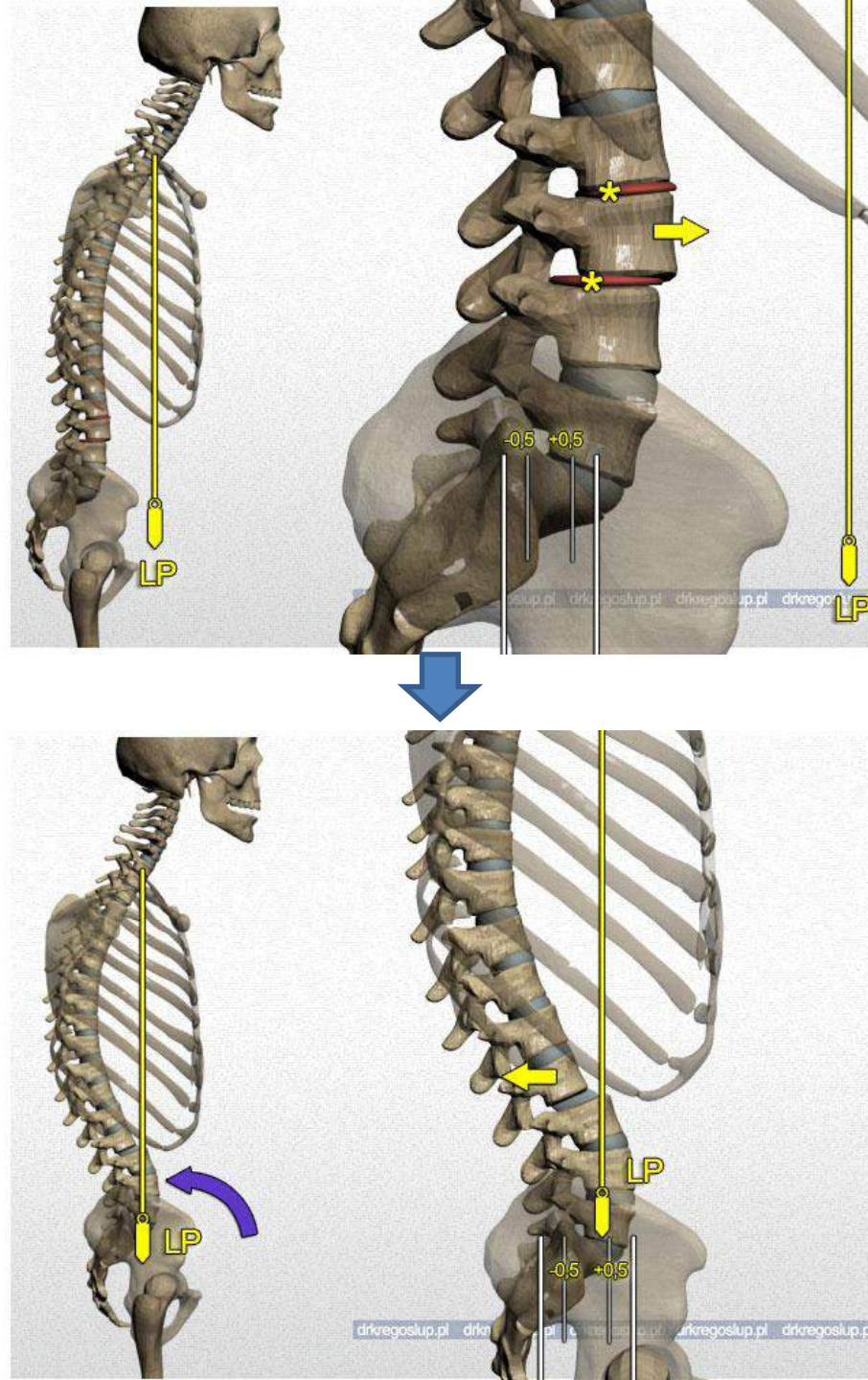
Kompensacja zaburzeń balansu

- Napięcie mięśni grzbietu
- Wyprostowanie stawów biodrowych (niebieska strzałka) -> zgięcie kolan
- Retrolisteza (żółta strzałka)

Efekt?

- Linia pionu C7 po kompensacji rzutuje prawidłowo
- Nie bierze pod uwagę zmian krzywizn kręgosłupa, który jest daleki od prawidłowego

Dlatego wyznaczamy dodatkowe parametry w badaniu balansu strzałkowego!

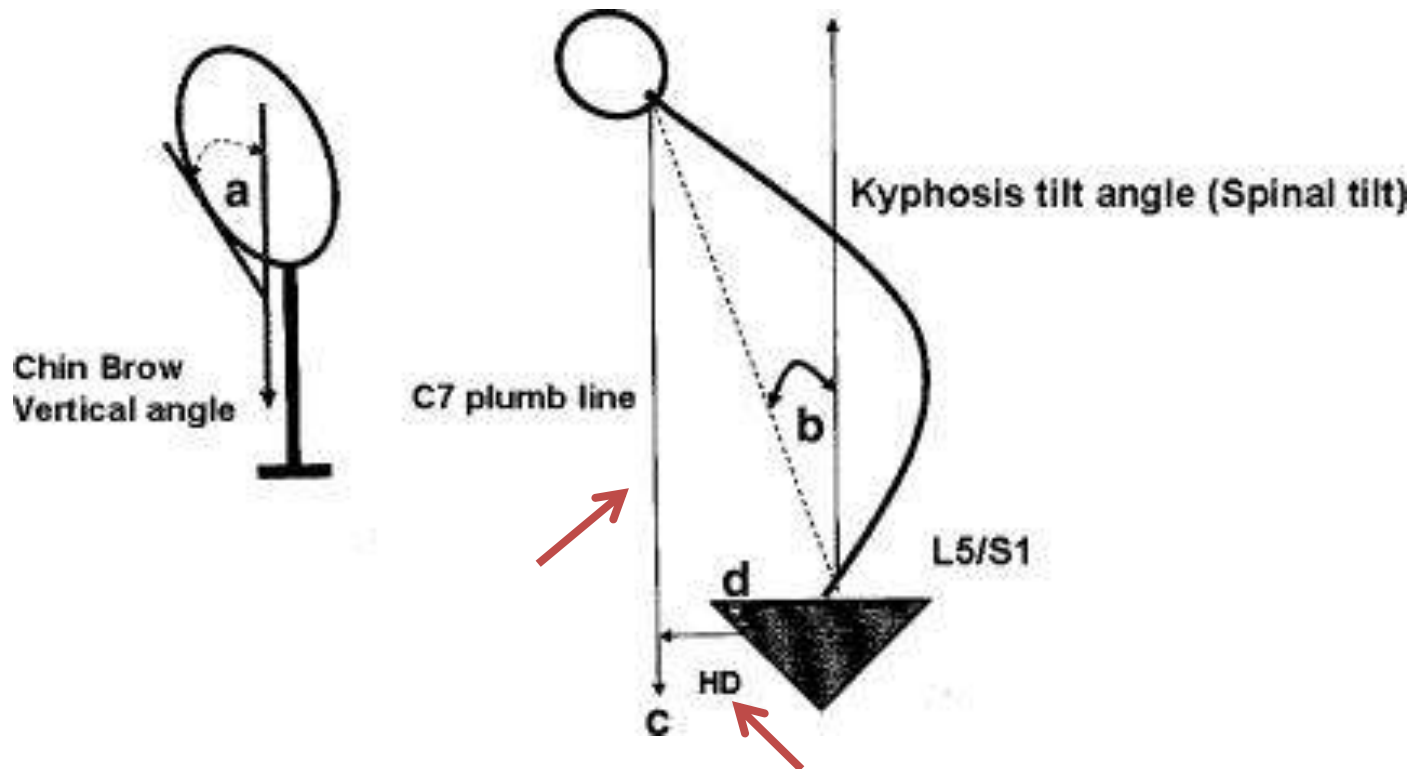


Parametry balansu strzałkowego dzielimy na 2 grupy:

- **Posturalna (pozycyjna):** zmienia się wraz ze zmianami postury
- **Stała (morfologiczna):** wartości kątów nie zmieniają się po osiągnięciu dojrzałości szkieletu, niezależnie od pozycji -> jedynie uraz lub interwencja chirurgiczna mogą zmienić te wartości

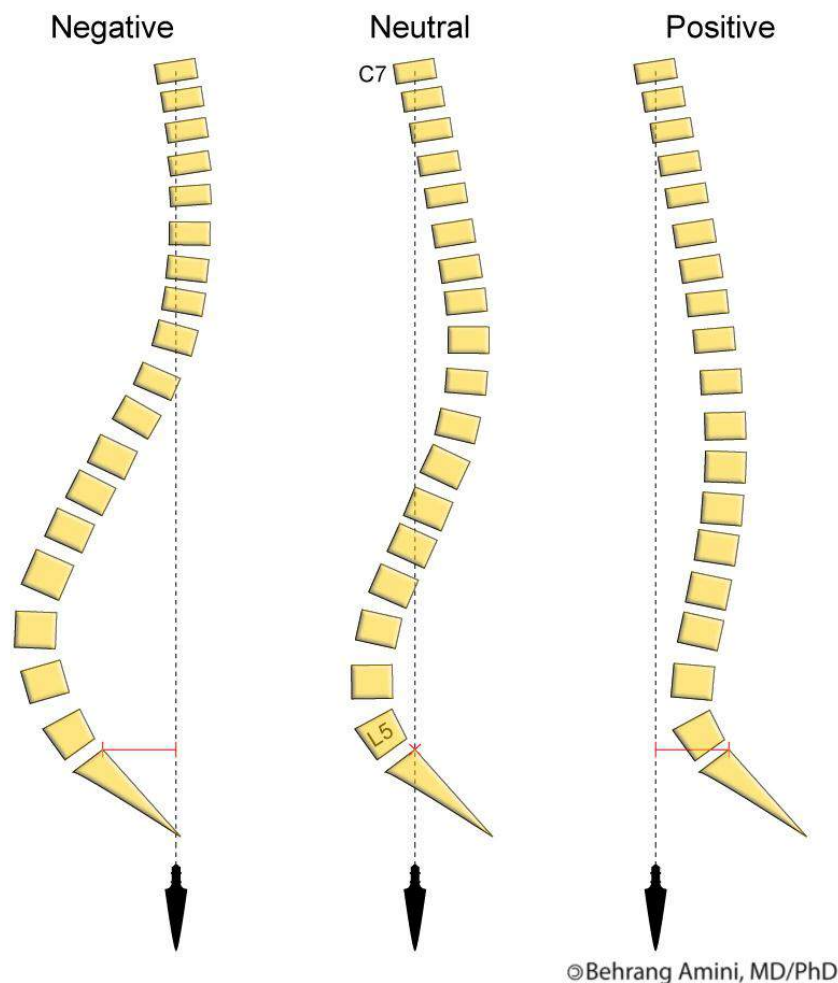
Parametry balansu strzałkowego:

- **sagittal vertical axis**
- chin-brow vertical angle
- kyphosis tilt angle
- pelvic incidence
- pelvic tilt
- sacral slope
- spino-pelvic angle
- spino-sacral angle



- **SVA** – strzałkowa oś pionowa (=oś pionu C7)
- HD – horizontal distance (odległość pozioma, od prawidłowego punktu odniesienia jakim jest tylny-górny koniec kręgu S1)
- Parametr pozycyjny, zależny od reszty

- Jeśli SVA rzutuje się **ponad 2cm za** prawidłowym położeniem mówimy o „**negative balance**”
- Jeśli SVA znajduje się **w zakresie 2cm** od prawidłowego położenia (w obie strony) mówimy o „**neutral balance**”
- Jeśli SVA rzutuje się **ponad 2cm przed** prawidłowym położeniem mówimy o „**positive balance**”



http://4.bp.blogspot.com/-WuBOV8F0L8Q/ToXt3XFQ-I/AAAAAAAAJcU/Ukz0SOUET_M/s1600/SagittalBalance.jpg

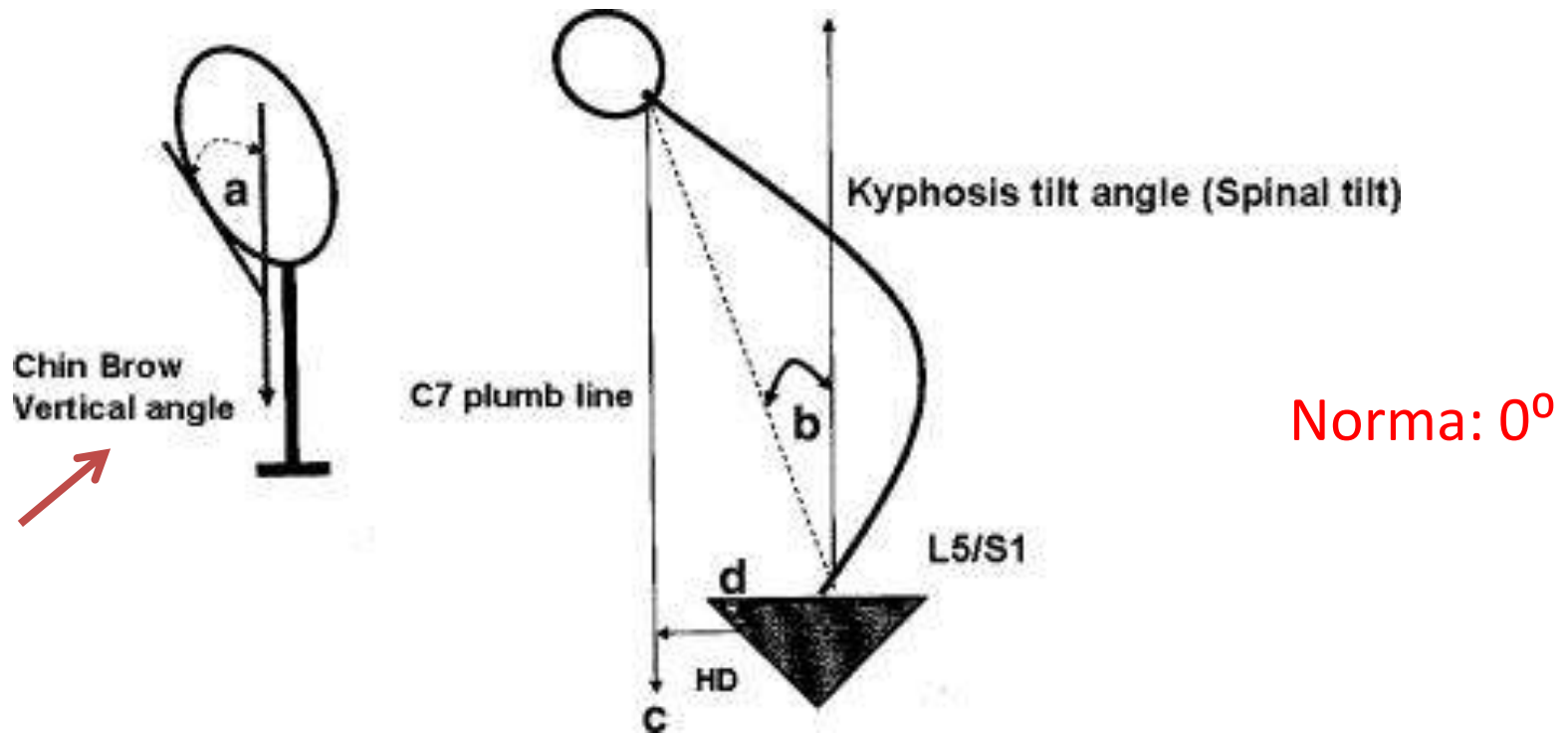


Obliczanie SVA:

- C7 plumb line rzutuje znacznie przed tylną-górną krawędzią S1
- -> positive balance (/imbalance)
- Brak możliwości zmierzenia odległości, na pewno >2cm (około 5cm)

Parametry balansu strzałkowego:

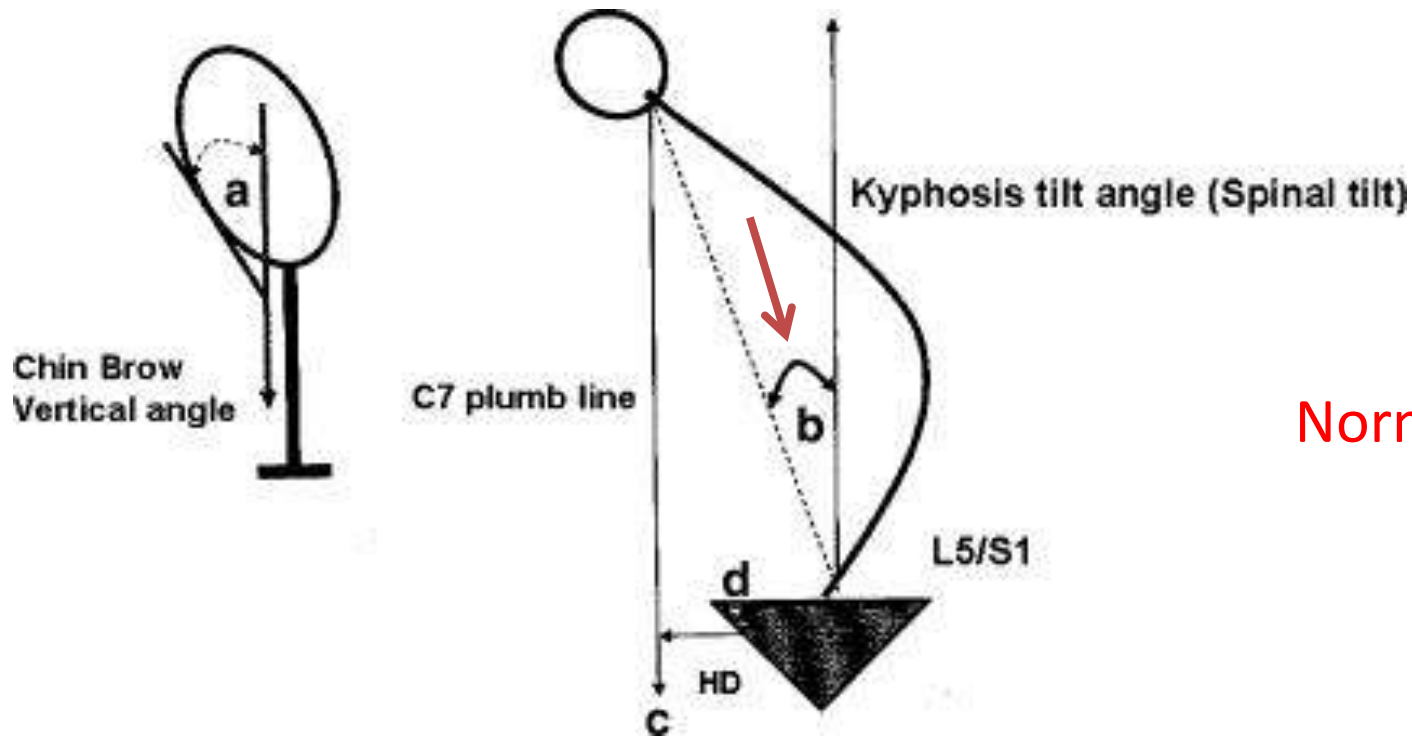
- sagittal vertical axis
- **chin-brow vertical angle**
- kyphosis tilt angle
- pelvic incidence
- pelvic tilt
- sacral slope
- spino-pelvic angle
- spino-sacral angle



- **Chin-brow vertical angle** = kąt podbródkowo-brwiowo-pionowy
- Mierzy się go pomiędzy SVA a linią łączącą brwi i podbródek
- Parametr pozycyjny, zwiększony przy pochyleniu głowy do przodu świadczy o nadmiernej kifozie

Parametry balansu strzałkowego:

- sagittal vertical axis
- chin-brow vertical angle
- **kyphosis tilt angle**
- pelvic incidence
- pelvic tilt
- sacral slope
- spino-pelvic angle
- spino-sacral angle



- **Kyphosis tilt angle** = kąt pochylenia kifozy (globalnej) = kąt pochylenia kręgosłupa
- Kąt pomiędzy linią łączącą C7 i tylną-górną krawędź S1 a linią pionu poprowadzoną z kręgu S1
- Określa stopień wychylenia całego kręgosłupa do przodu (czyli podobnie jak HD, tylko w ° zamiast cm), parametr pozycyjny

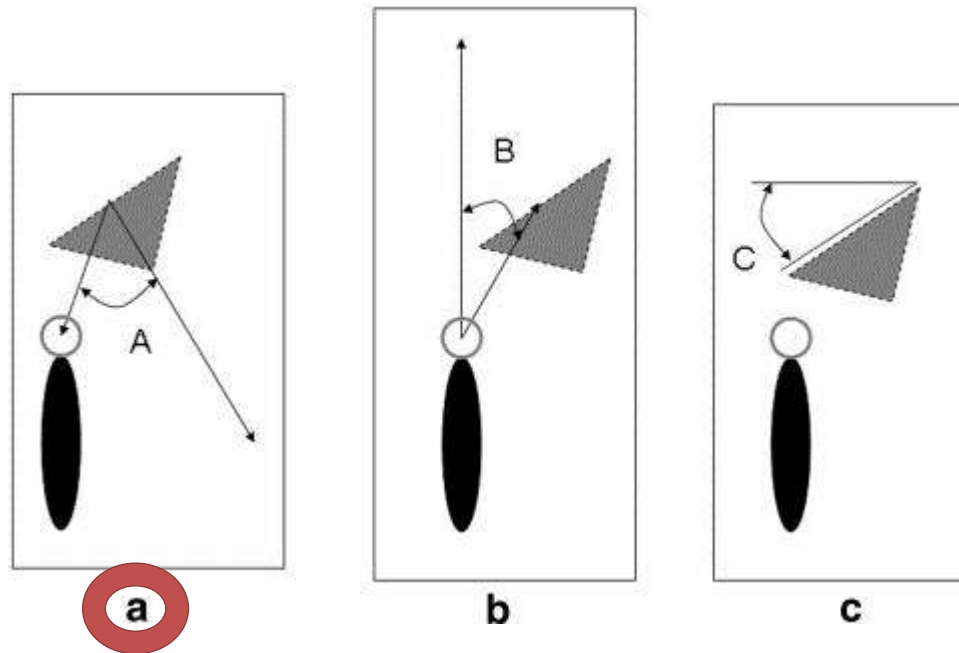


Obliczanie kyphosis tilt angle:

- Kręgosłup wychylony z linii pionowej o $13,7^{\circ}$
- Powyżej normy 0°

Parametry balansu strzałkowego:

- sagittal vertical axis
- chin-brow vertical angle
- kyphosis tilt angle
- **pelvic incidence**
- pelvic tilt
- sacral slope
- spino-pelvic angle
- spino-sacral angle



Norma: 52°
(zakres 34°
do 84°)

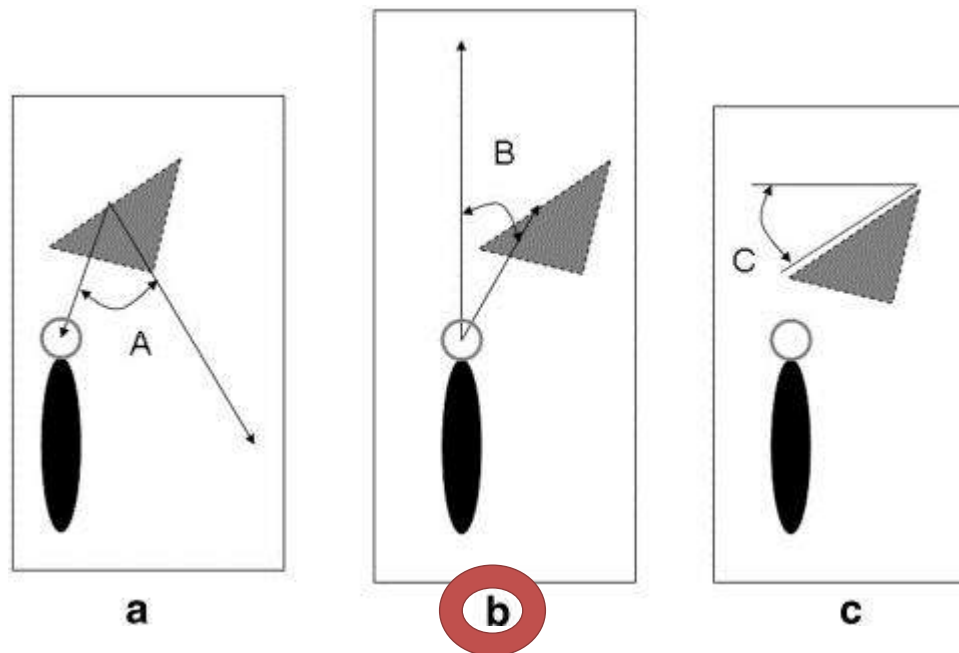
- **Pelvic incidence** = zakres/padanie (?) miednicy
- Kąt pomiędzy linią prostopadłą do środka trzonu S1 a linią łączącą ten punkt ze środkiem głowy kości udowej
- Jeśli głowy kości udowych na siebie nie nachodzą to bierzemy pod uwagę środek linii łączącej środki obu głów kości udowych
- **Parametr morfologiczny**, niezależny od orientacji przestrzennej miednicy



- Obliczanie pelvic incidence (PI)
- Kąt $83,7^{\circ}$ mieści się w zakresie $34-84^{\circ}$, jednak od średniej wartości 52° znacznie odbiega

Parametry balansu strzałkowego:

- sagittal vertical axis
- chin-brow vertical angle
- kyphosis tilt angle
- pelvic incidence
- **pelvic tilt**
- sacral slope
- spino-pelvic angle
- spino-sacral angle



Norma: 12°
(zakres 5°
do 30°)

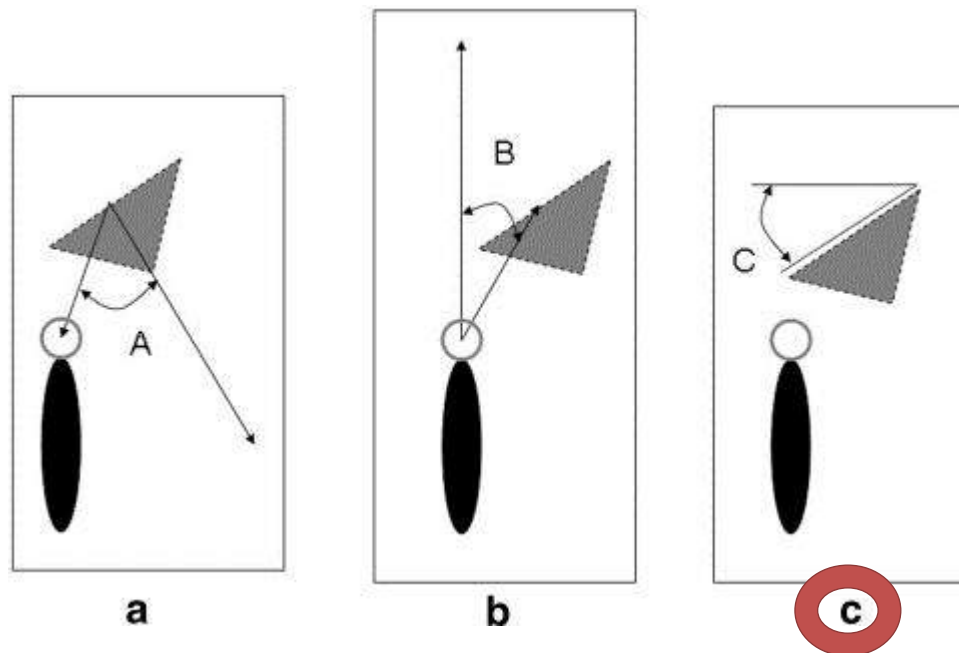
- **Pelvic tilt** = nachylenie miednicy
- Kąt pomiędzy linią pionową z początkiem w środku głowy kości udowej a linią łączącą środek trzonu S1 ze środkiem głowy kości udowej
- Opisuje rotację miednicy względem głów kości udowych
- Parametr pozycyjny, zmienia się wraz ze zmianą ułożenia miednicy



- Obliczanie pelvic tilt (PT)
- Kąt $34,8^{\circ}$ nie mieści się w zakresie $5-30^{\circ}$, od średniej 12° znacznie odbiega

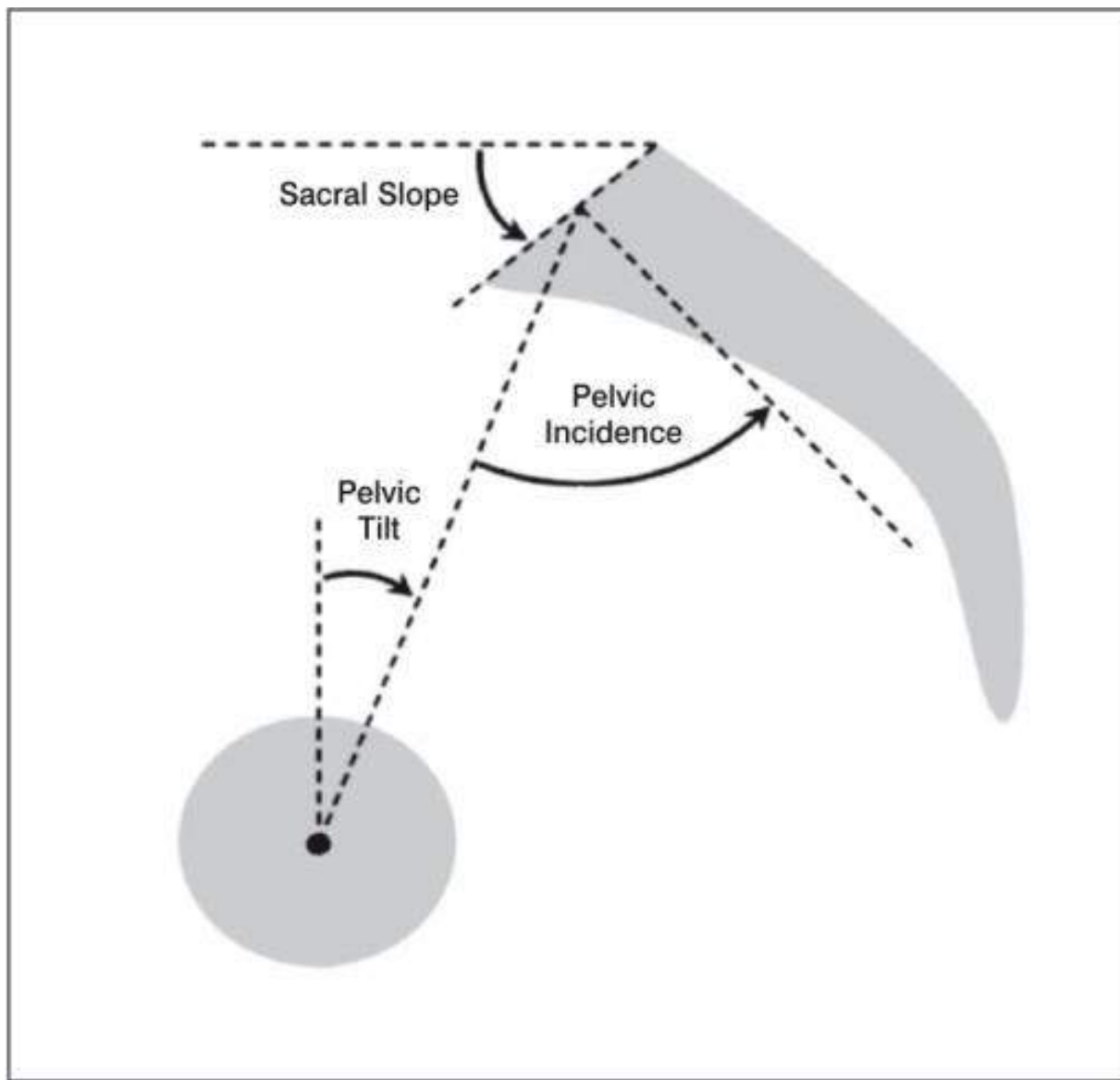
Parametry balansu strzałkowego:

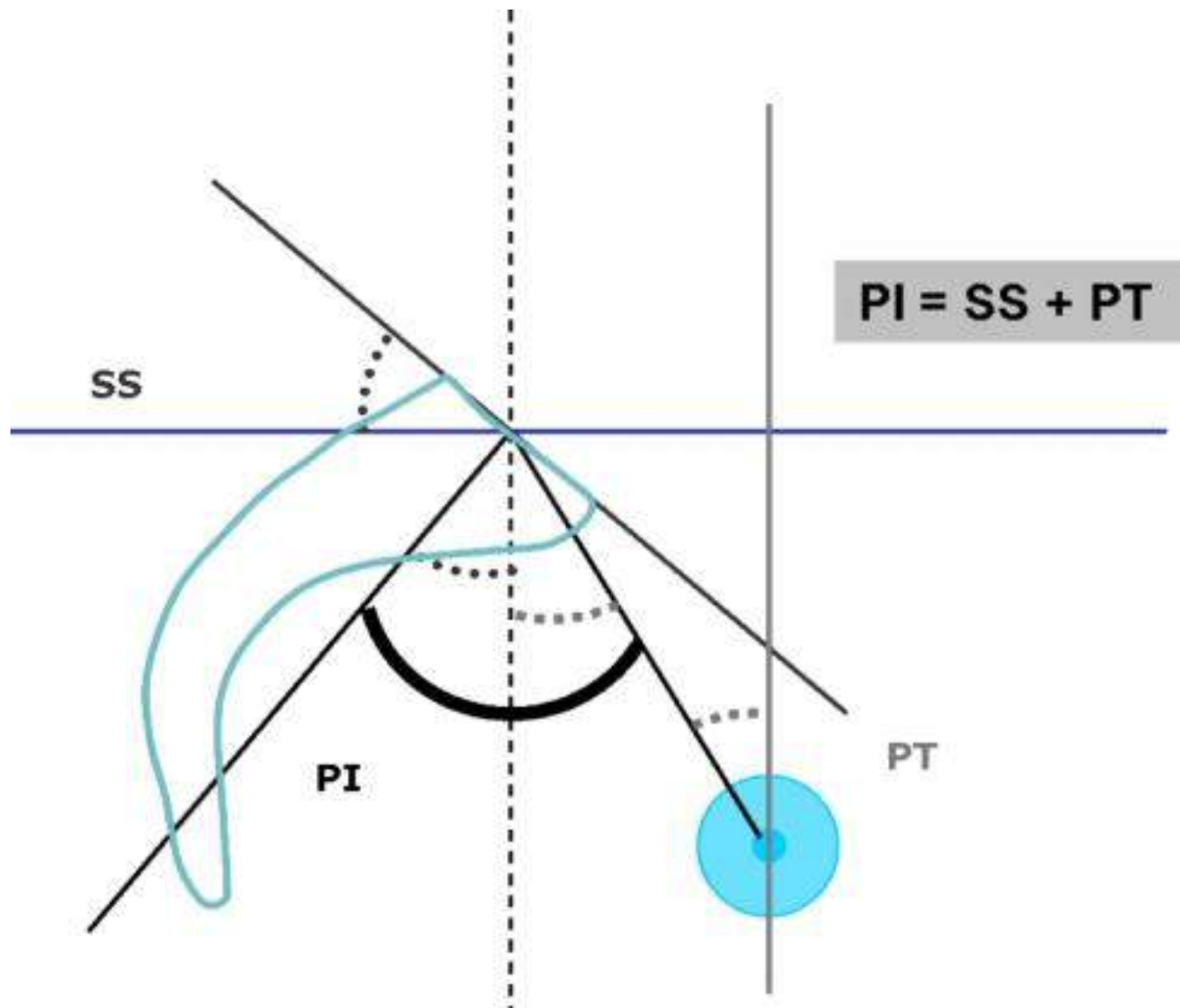
- sagittal vertical axis
- chin-brow vertical angle
- kyphosis tilt angle
- pelvic incidence
- pelvic tilt
- **sacral slope**
- spino-pelvic angle
- spino-sacral angle



Norma: 40°
(zakres 20°
do 65°)
 $SS+PT=PI$

- **Sacral slope** = nachylenie krzyżowe
- Kąt pomiędzy płaszczyzną kręgu S1 a linią poziomą poprowadzoną od górnej krawędzi kręgu S1
- Parametr pozycyjny, zmienia się wraz ze zmianą ułożenia miednicy





https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2200735/bin/586_2006_294_Fig2_HTML.jpg



Obliczanie sacral slope (SS):

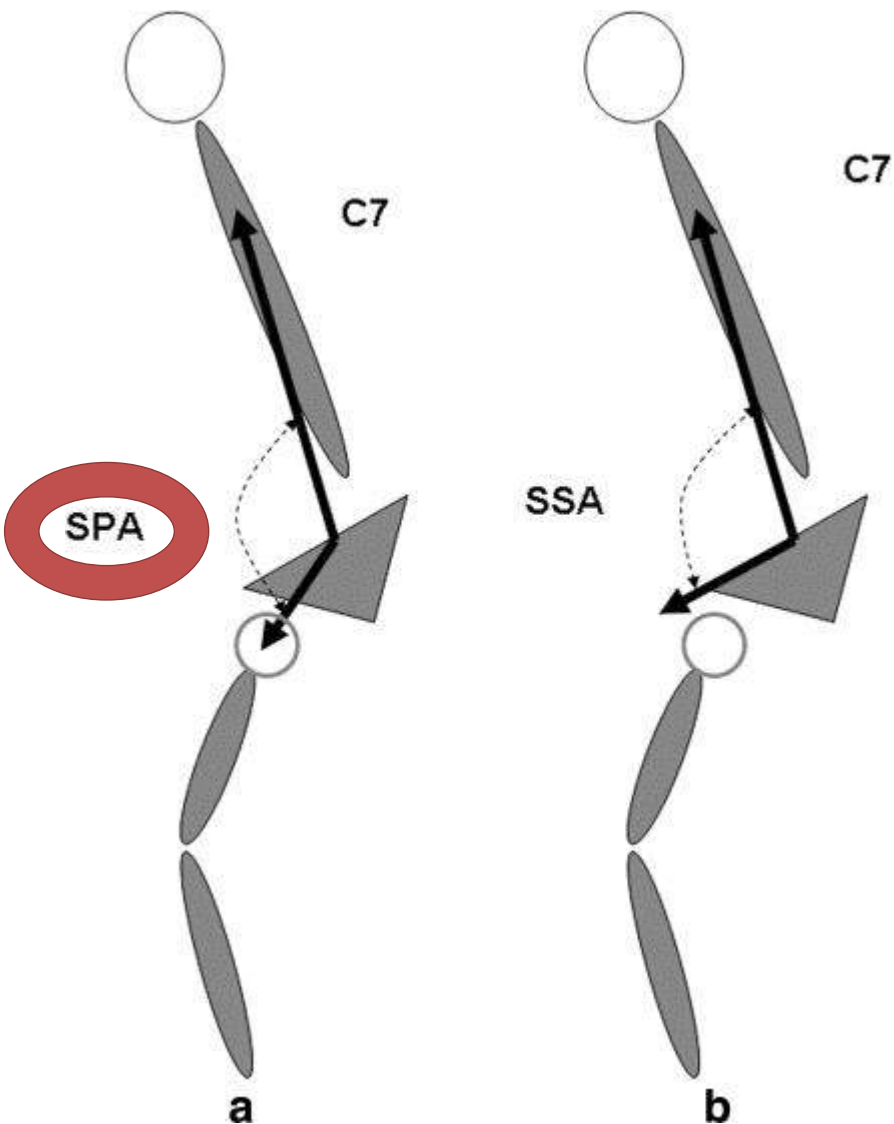
- Kąt $46,1^{\circ}$ mieści się w zakresie $20-65^{\circ}$, bliski średniej wartości 40°

Sprawdzenie: $SS+PT=PI$

- $46,1+34,8=80,9$
- $PI=83,7^{\circ}$, błąd pomiaru niewielki

Parametry balansu strzałkowego:

- sagittal vertical axis
- chin-brow vertical angle
- kyphosis tilt angle
- pelvic incidence
- pelvic tilt
- sacral slope
- **spino-pelvic angle**
- spino-sacral angle

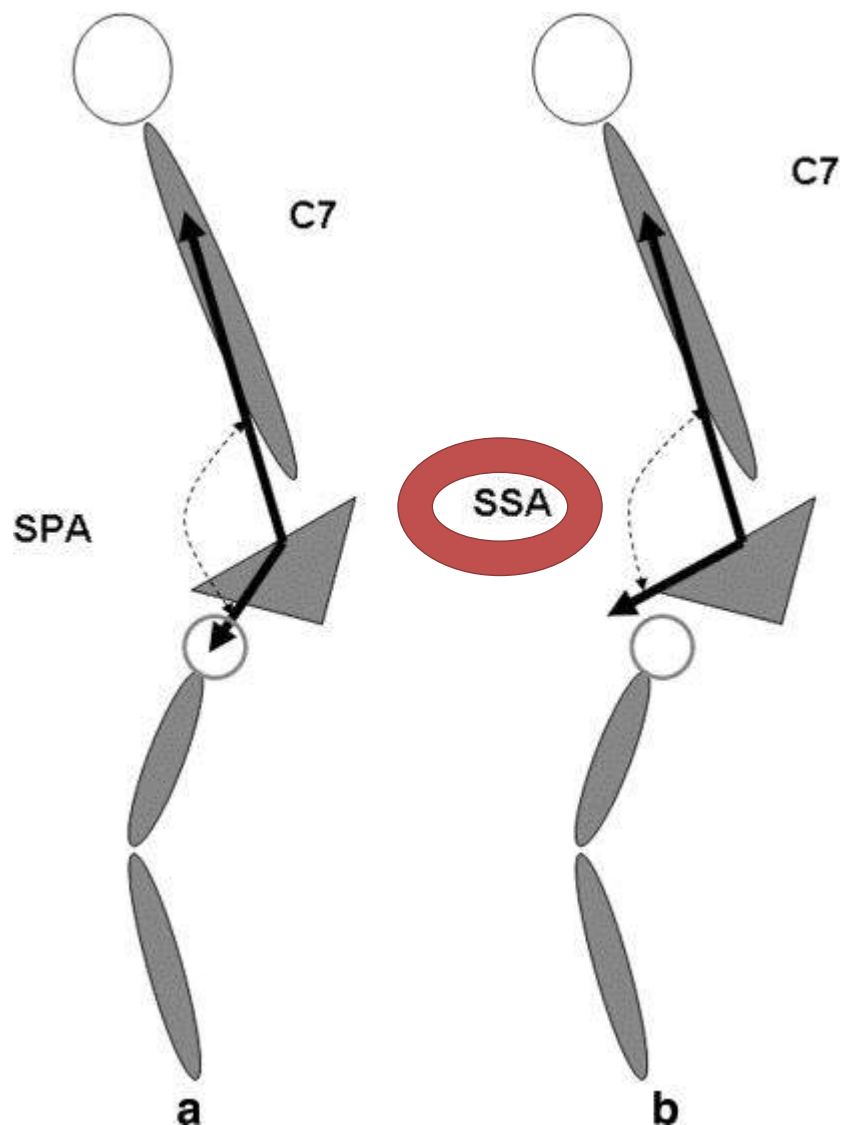


- **Spino-pelvic angle** =
kąt kręgosłupowo-
miedniczny
- Kąt pomiędzy linią
C7- środek S1 a linią
łączącą środek S1 a
środek głowy kości
udowej

Norma:
~150°???

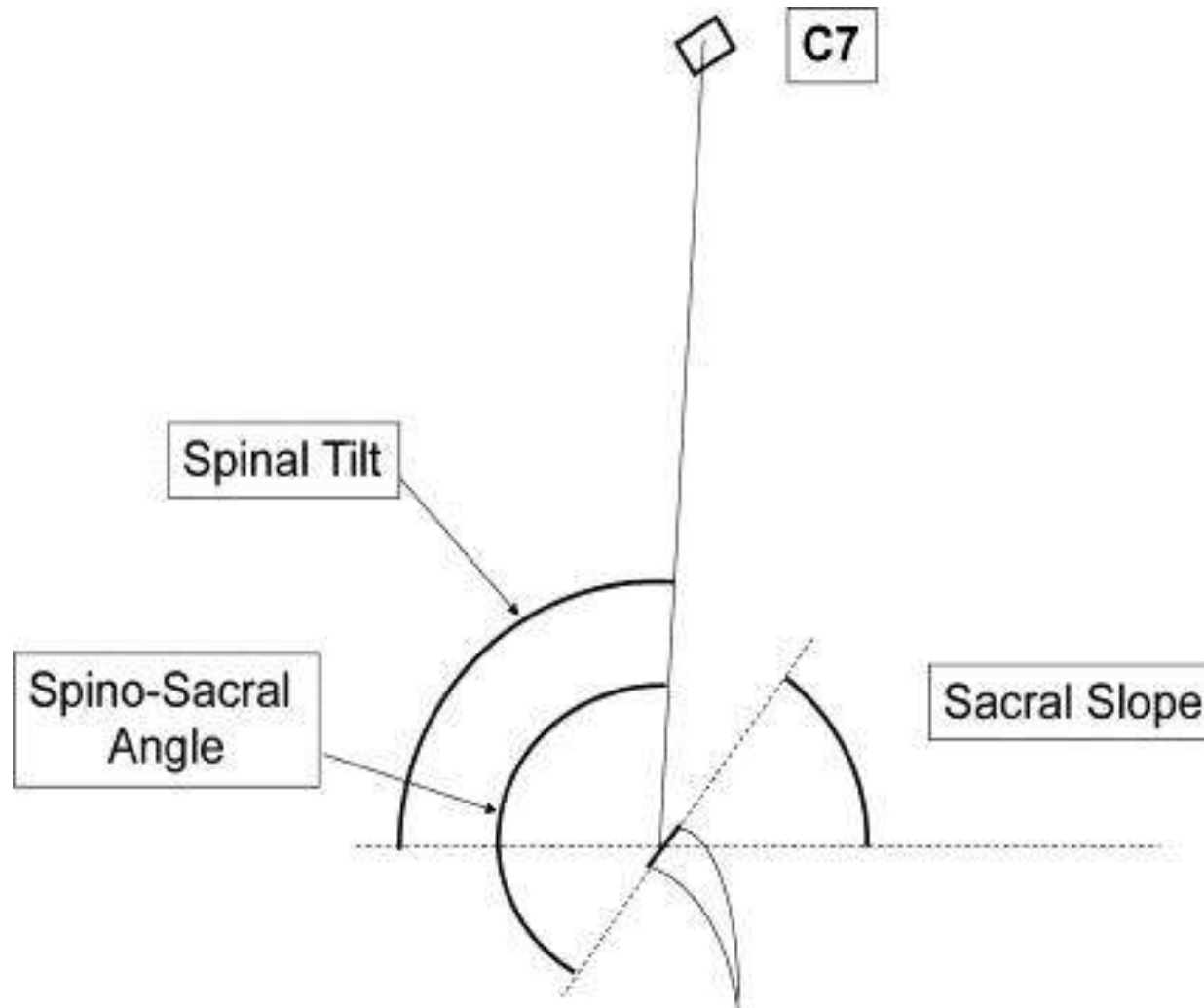
Parametry balansu strzałkowego:

- sagittal vertical axis
- chin-brow vertical angle
- kyphosis tilt angle
- pelvic incidence
- pelvic tilt
- sacral slope
- spino-pelvic angle
- **spino-sacral angle**

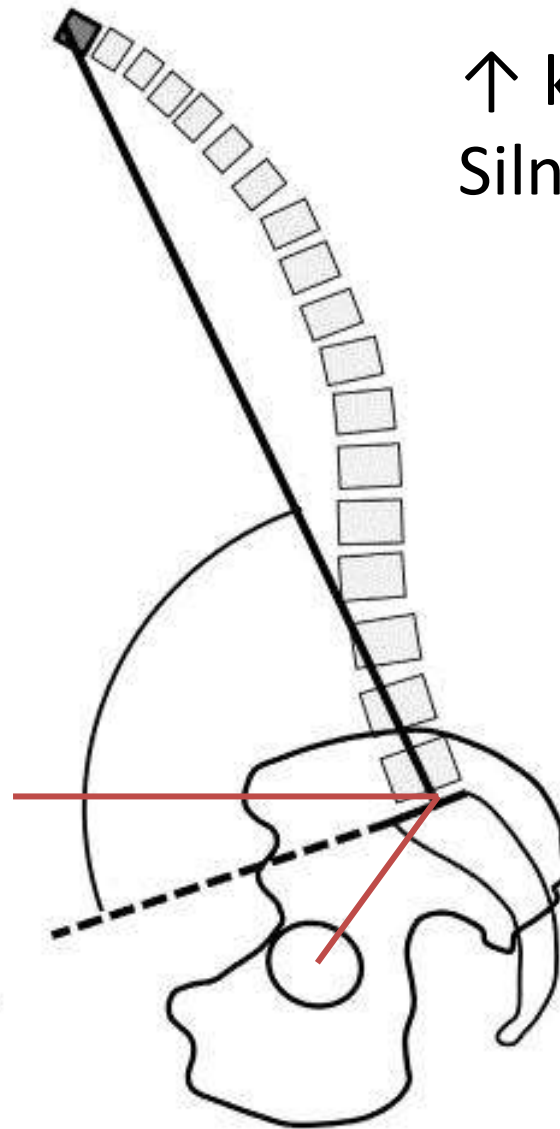
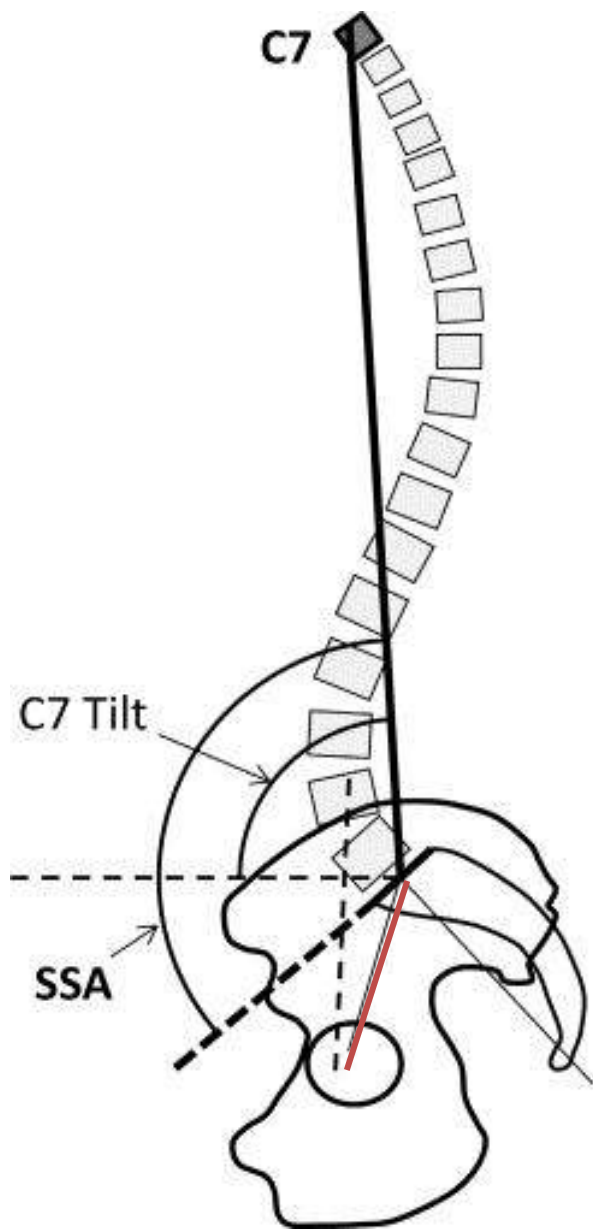


- **Spino-sacral angle** =
kąt kręgosłupowo-
krzyżowy
- Kąt pomiędzy linią C7-
środek S1 a
płaszczyznę kręgu S1
- SSA = spinal tilt +
sacral slope
- **Parametr
morfologiczny –
określa globalną kifozę**

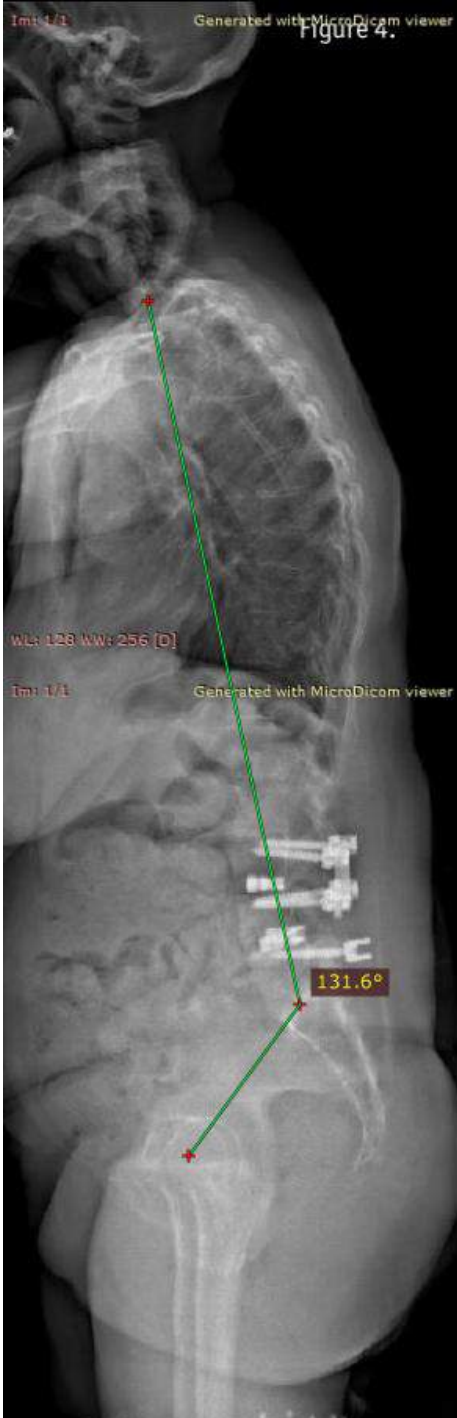
Norma:
130° (±8°)



https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3175922/bin/586_2011_1924_Fig11_HTML.jpg



↑ kifoza globalna ->
Silne ↓ SSA i ↓ SPA

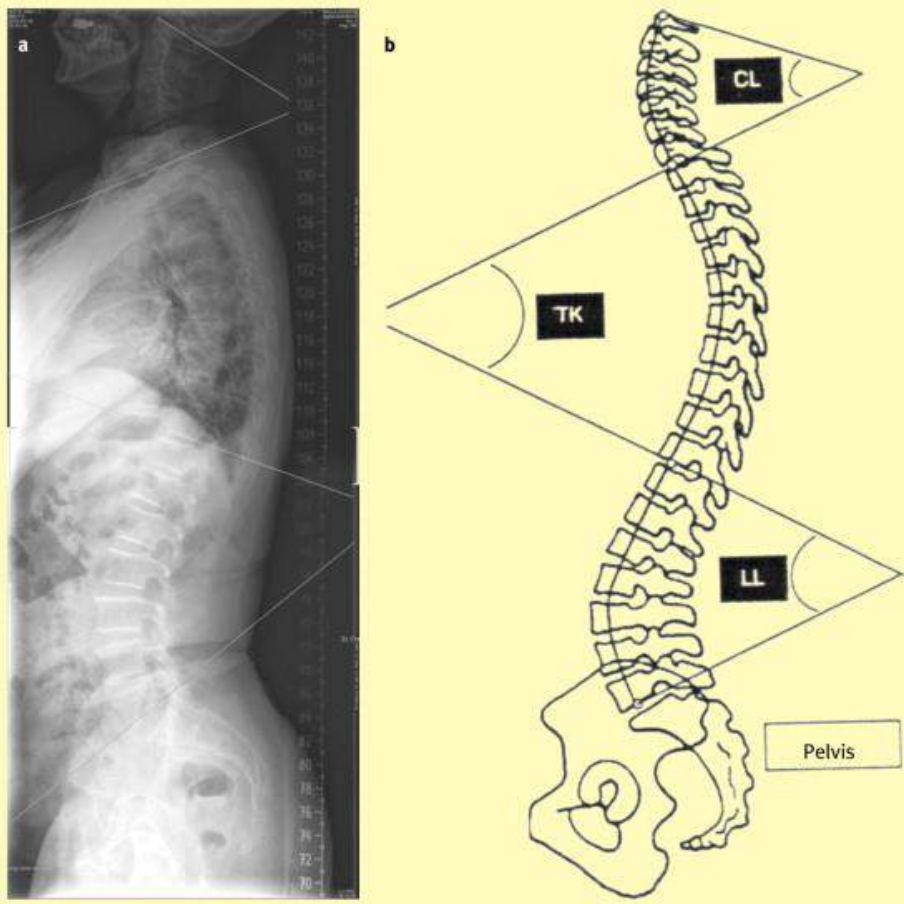


- Obliczanie spino-pelvic angle (SPA)
- Kąt $131,6^{\circ}$ jest mniejszy od przybliżonej wartości normy (150°)
- Świadczy o kifozie globalnej kręgosłupa



- Obliczanie spino-sacral angle (SSA)
- Kąt $131,1^{\circ}$ jest praktycznie identyczny z normą
- Jednocześnie jest taki sam jak SPA. Ma na to wpływ najprawdopodobniej bardzo duży kąt PI (dalekie położenie kości krzyżowej od głów kości udowych)
- Świadczy to o konieczności wykonania obydwu obliczeń – SPA i SSA

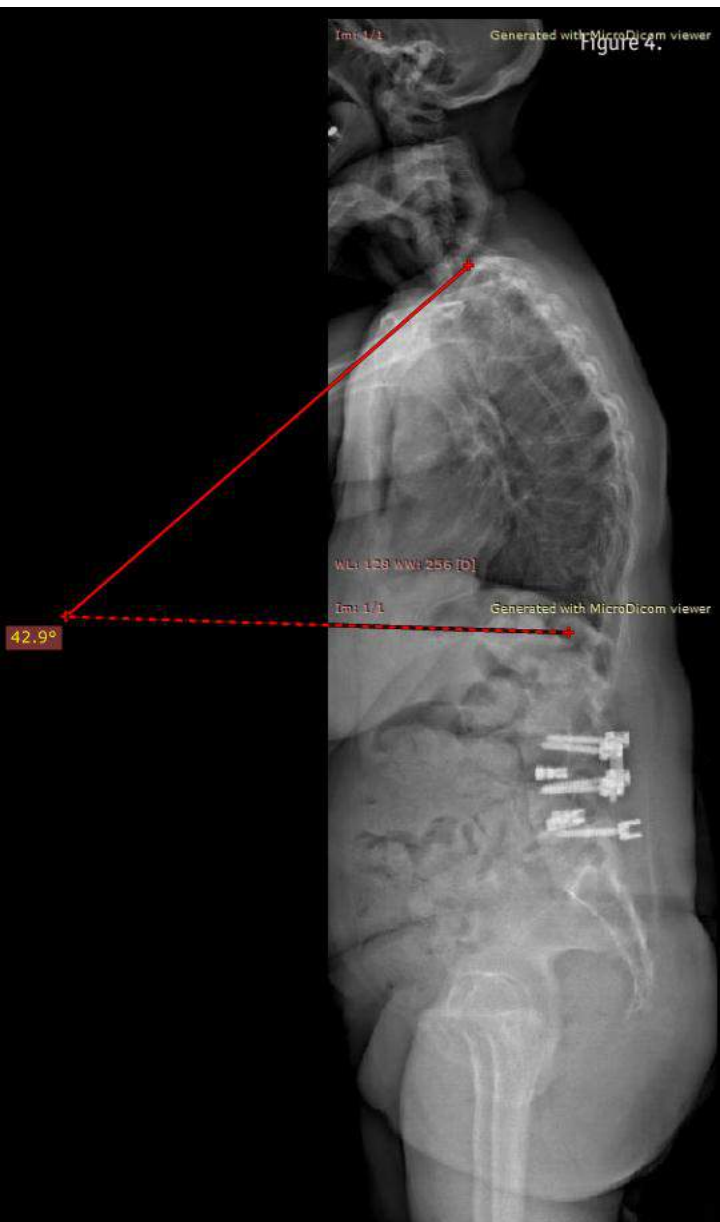
Pomiar krzywizn kręgosłupa



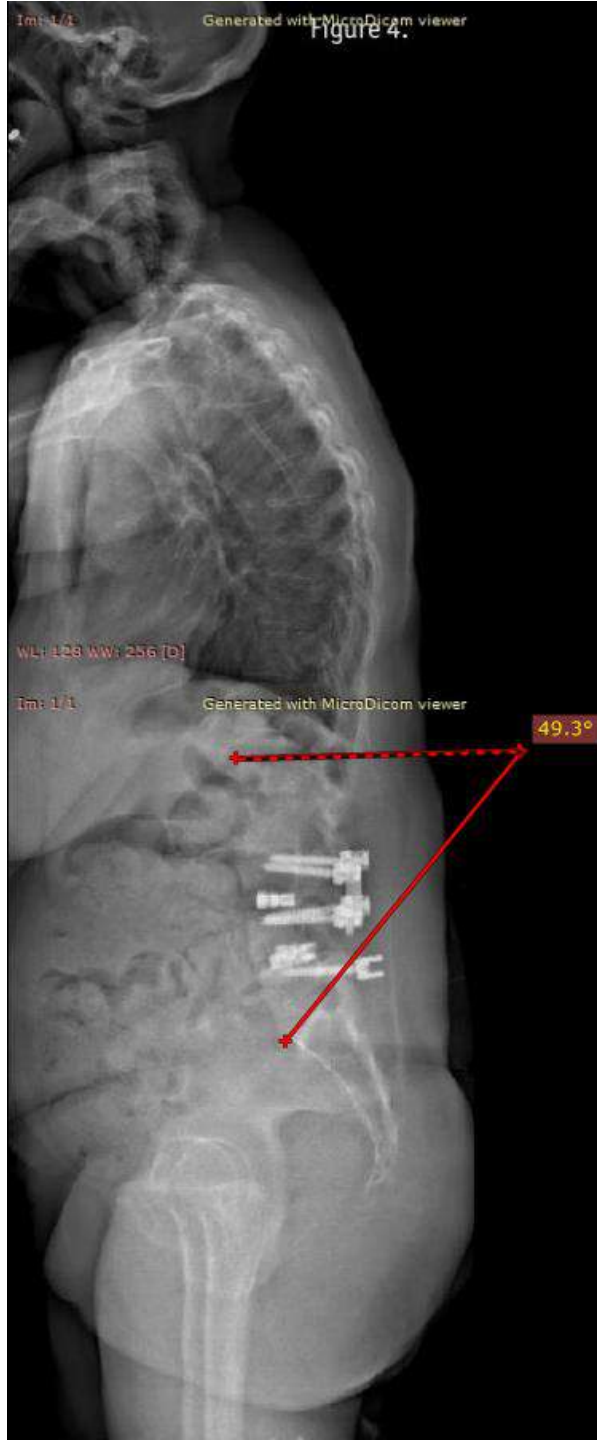
- Lordoza szyjna, norma: $40 \pm 9,7^{\circ}$
- Kifoza piersiowa, norma: $20-50^{\circ}$
- Lordoza lędźwiowa, norma: $31-79^{\circ}$



- Lordoza szyjna:
- Kąt $49,2^{\circ}$
- Mieści się w zakresie normy $30-50^{\circ}$



- Kifoza piersiowa
- Kąt $42,9^{\circ}$
- Mieści się w zakresie normy $20-50^{\circ}$



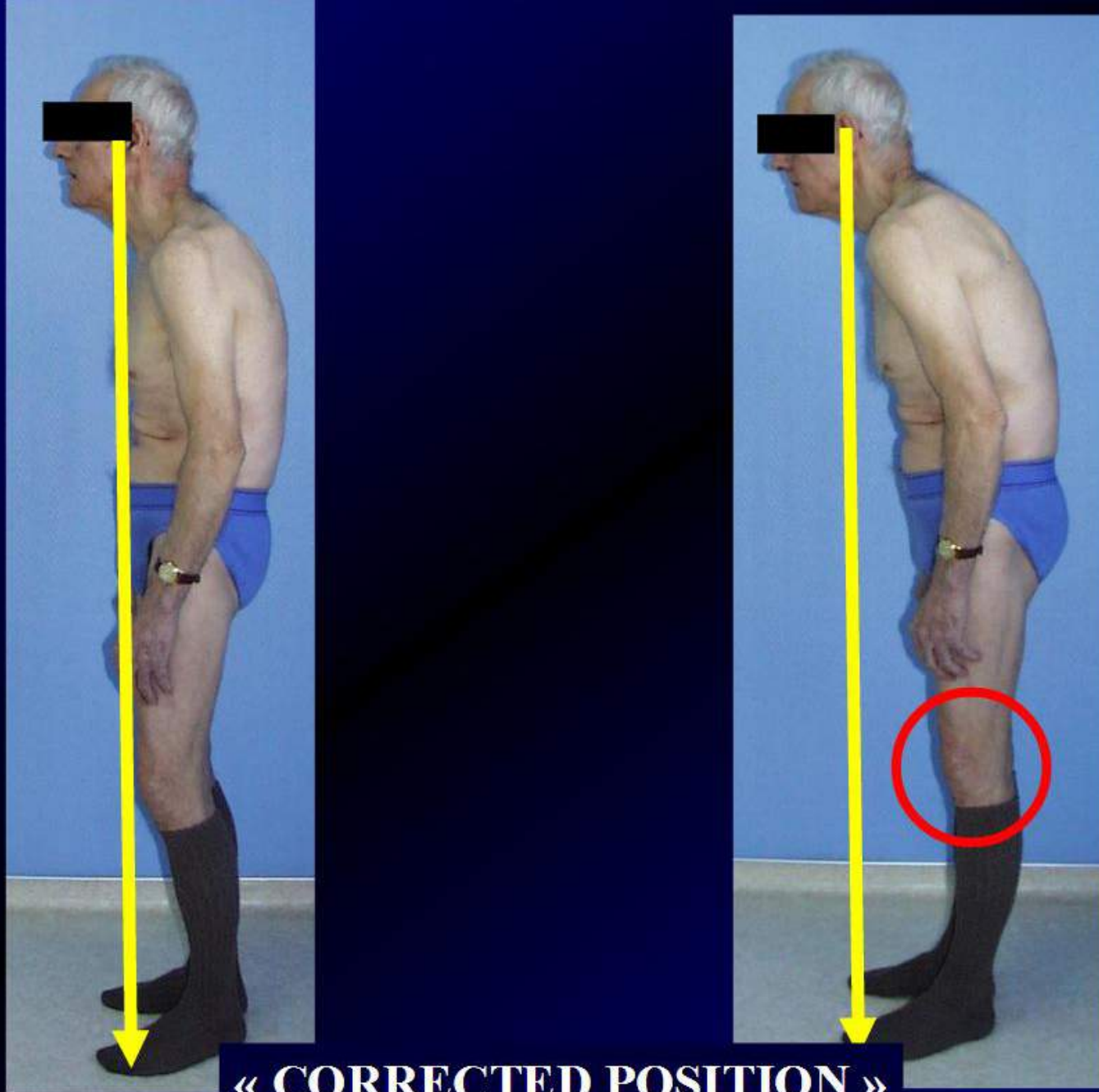
- Lordoza lędźwiowa
- Kąt $49,3^{\circ}$
- Mieści się w zakresie $31-79^{\circ}$

Jeśli zrobimy zdjęcie do kolan pacjenta:

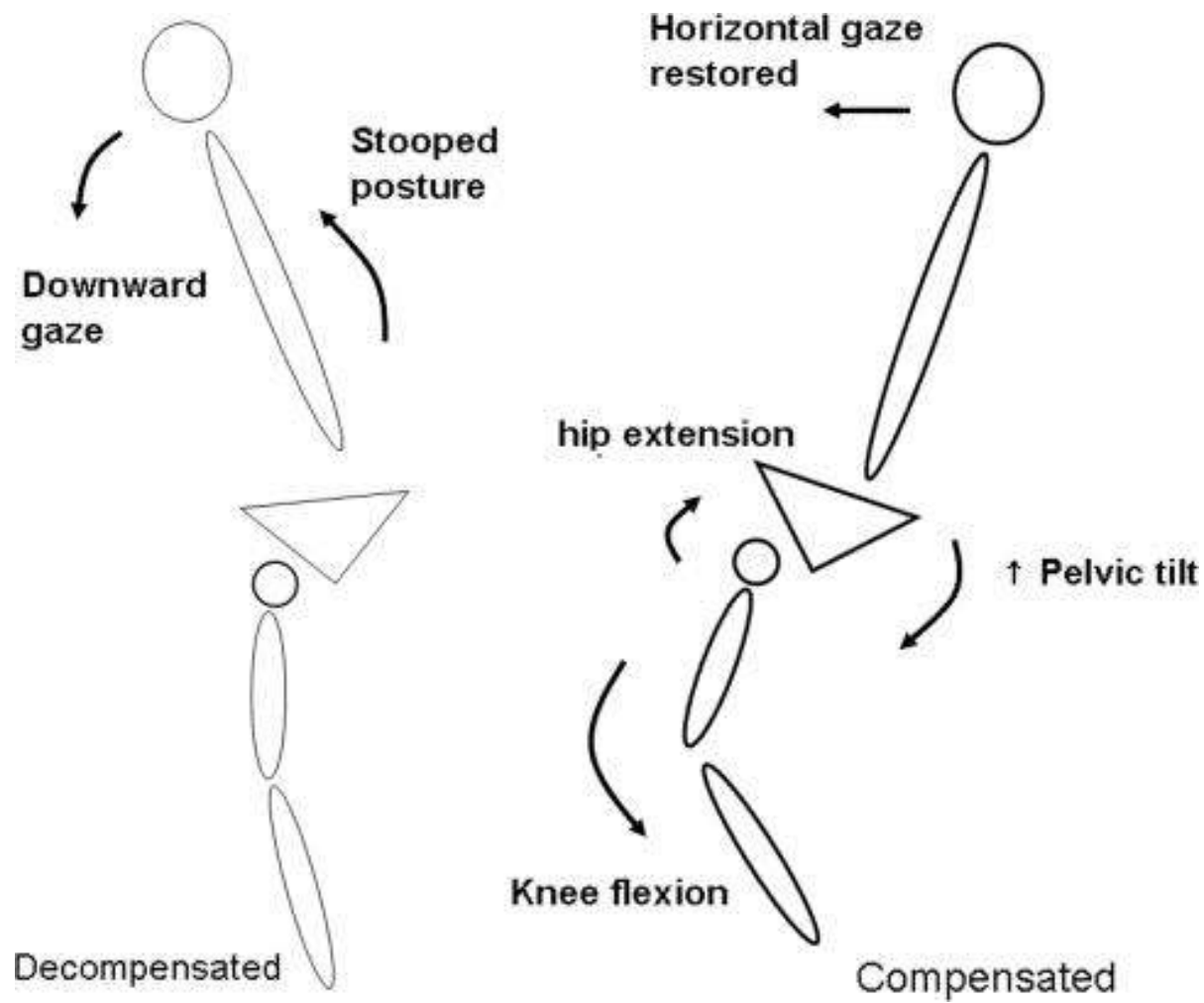
- **Femoro-tibial angle** =
kąt udowo-
piszczelowy
- Kąt między osią długą
kości udowej i
piszczelowej

Norma: 0°



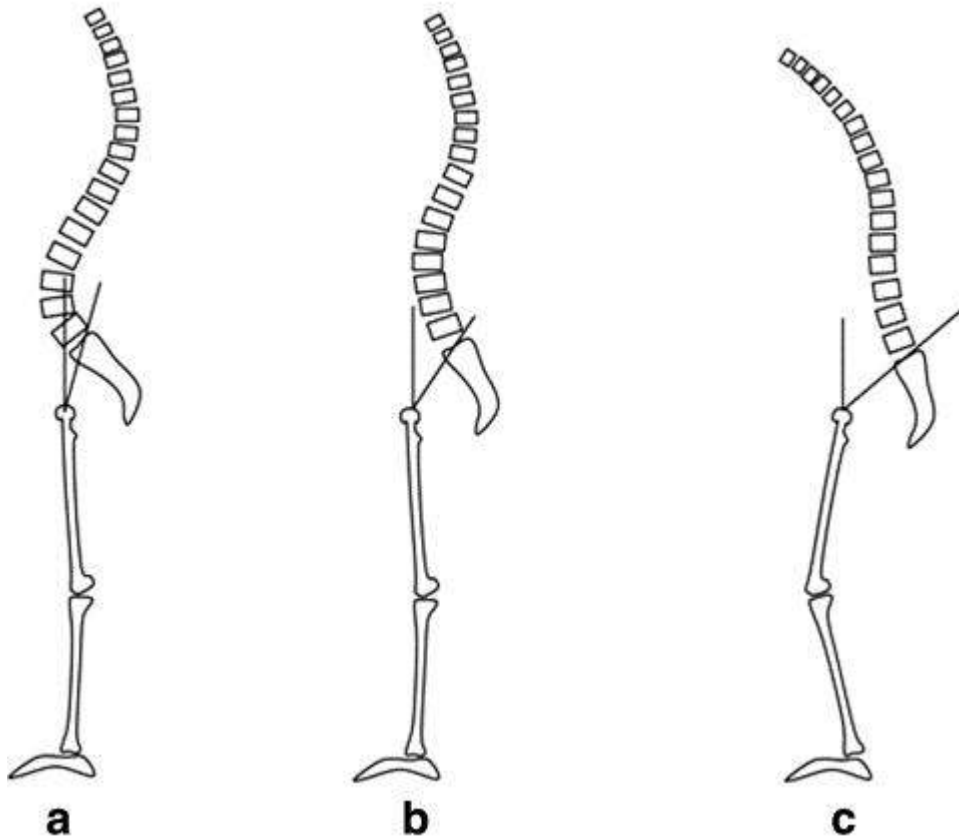


« CORRECTED POSITION »



https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2989270/bin/586_2010_1476_Fig6_HTML.jpg

Pathological behaviour patterns of the spine and pelvis

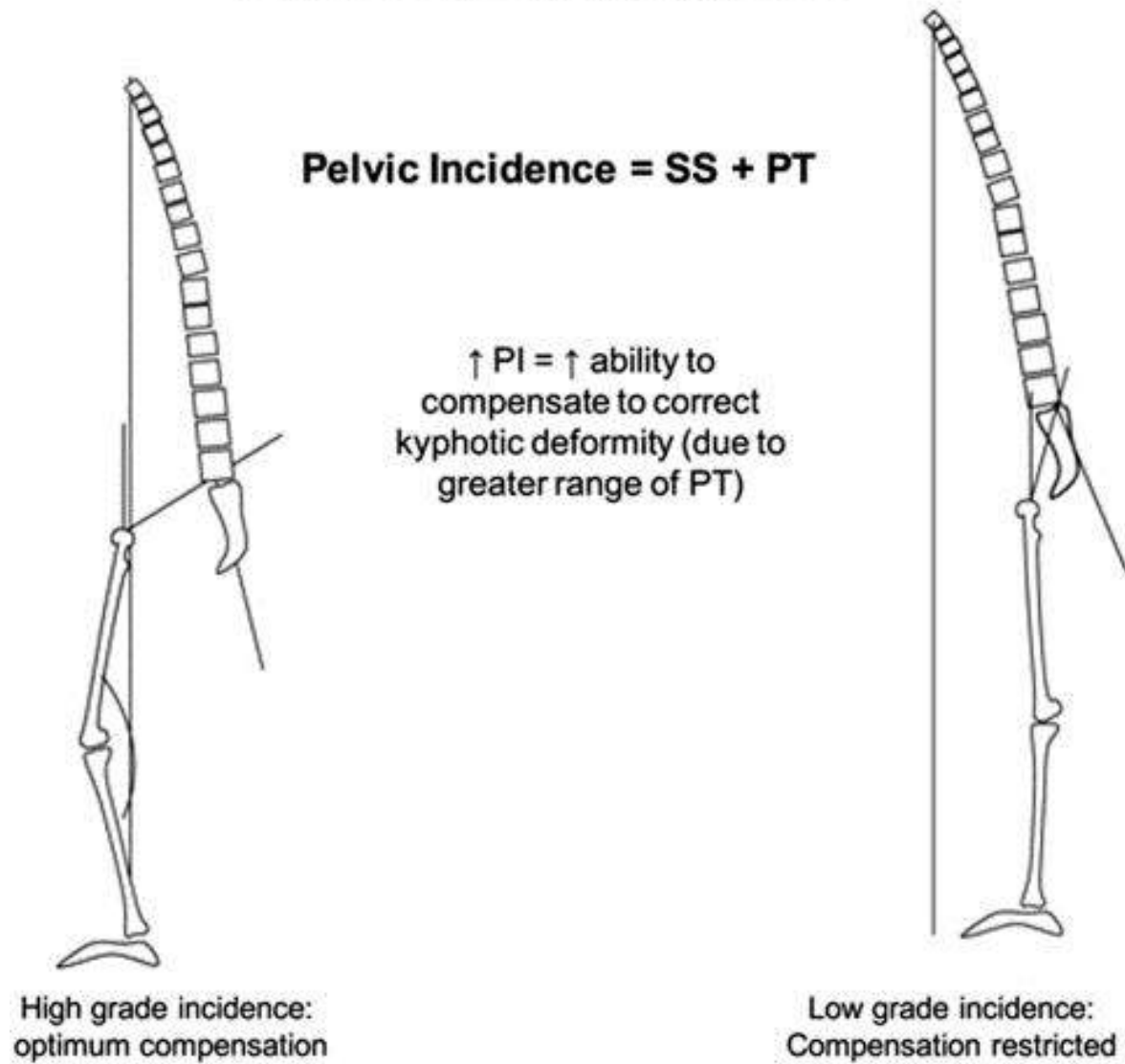


Increasing Pelvis Tilt with progressive Kyphosis

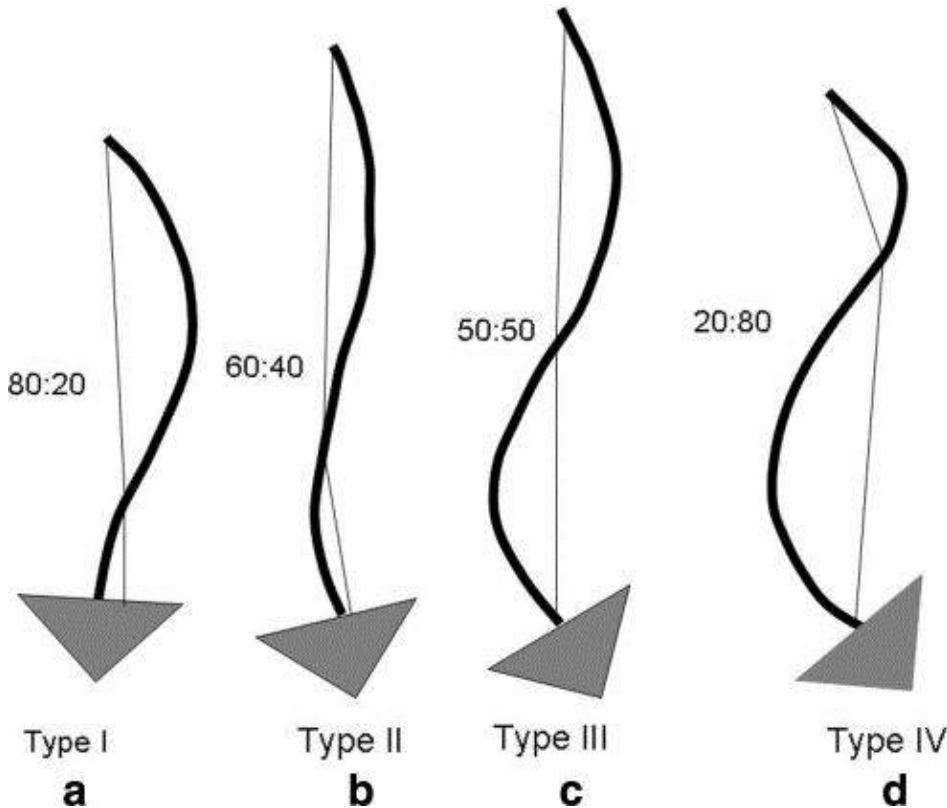
Progresja kifozy globalnej ->

- ↑ pochylenia miednicy (PT)
- ↓ pochylenia kości krzyżowej (SS)
- Zgięcie kolan
- Zakres miednicy (PI) pozostaje bez zmian!

Variations in Sagittal Alignment



Różne sylwetki kręgosłupa przy zachowanym balansie SVA



- Analiza pacjentów bezobjawowych
- Różnica w punkcie przegięcia (zmiana orientacji kręgów)
- Inne wartości sacral slope i pelvic incidence (↑)

- Co to jest balans strzałkowy?
- W jakim celu się go wykonuje?
- Co możemy obliczyć na podstawie zdjęcia bocznego całego kręgosłupa?
- **Jakie ma to konsekwencje dla pacjenta?**
- Gdzie możemy wykonać takie badanie w Polsce i czego to wynika?
- Podsumowanie

Skutki zaburzeń balansu:

- **Ból**

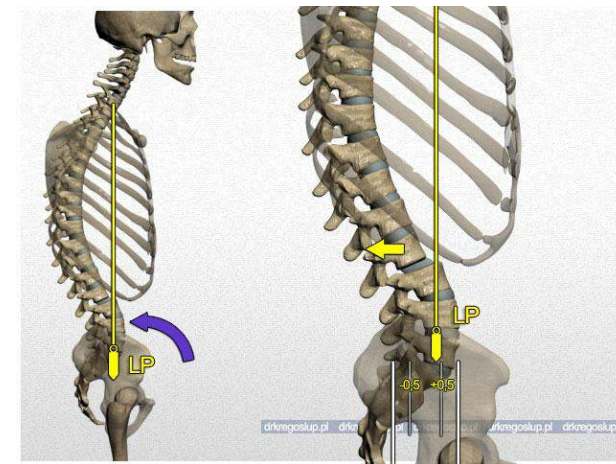
- **Nadmierne napięcie mięśni**, które muszą przejąć fizjologiczną rolę prawidłowego kręgosłupa w utrzymaniu ciężaru ciała
- Wszystkie zaburzenia wzajemnego położenia kręgów sprzyjają dyskopatii krążków międzykręgowych -> **ucisk na nerwy rdzeniowe** i związany z tym ból



http://rafalmikusek.pl/wp-content/uploads/2016/03/Fotolia_60202078_S.jpg

Skutki zaburzeń balansu:

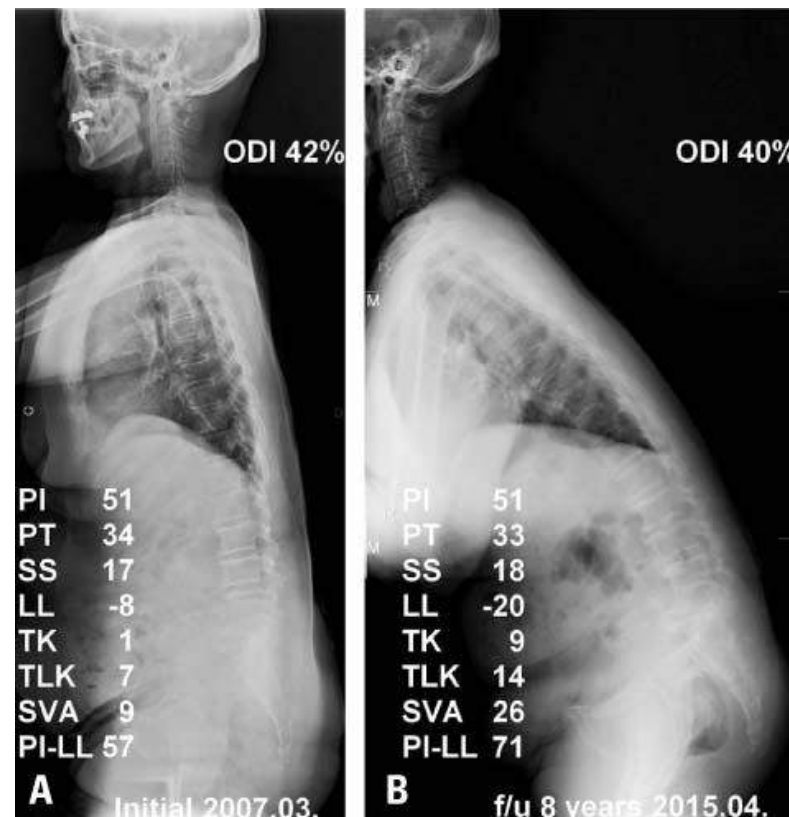
- **Progresja deformacji kręgosłupa**
- **Utrwalenie zmian** które spowodowały zaburzenia balansu
- **Kompensacja** tych zaburzeń i ich utrwalenie
- Gdy zdolności kompensacyjne się wyczerpują i zmiany nadal postępują konieczna jest interwencja chirurgiczna



Skutki zaburzeń balansu:

- Nasilenie procesów zwyrodnieniowych

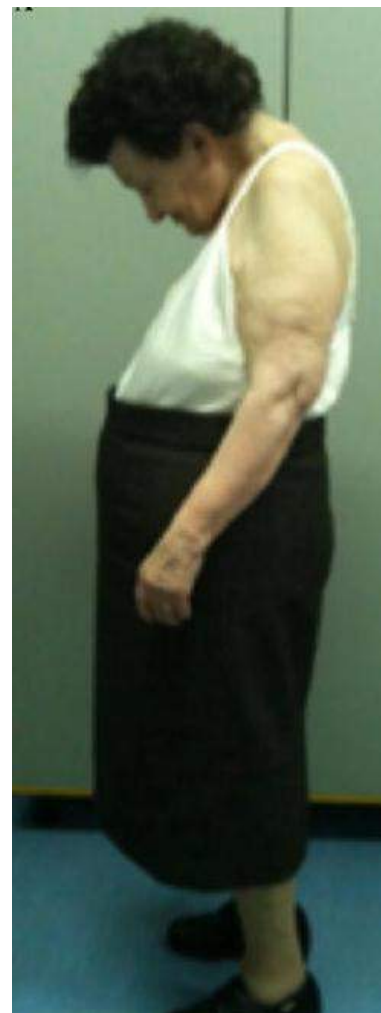
- przedłużający się stan uszkodzenia kręgosłupa
- zmiana rozkładu działających sił
- większe obciążenia na trzony kręgów i krążki międzykręgowe
- zmiany zwyrodnieniowe kręgosłupa



<https://synapse.koreamed.org/ArticleImage/1089JKSS/jks-s-24-24-g005-l.jpg>

Skutki zaburzeń balansu:

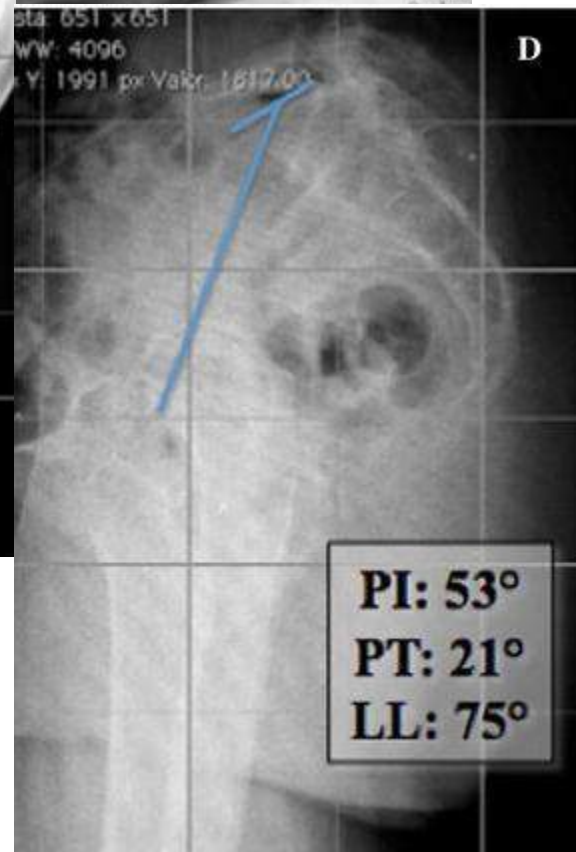
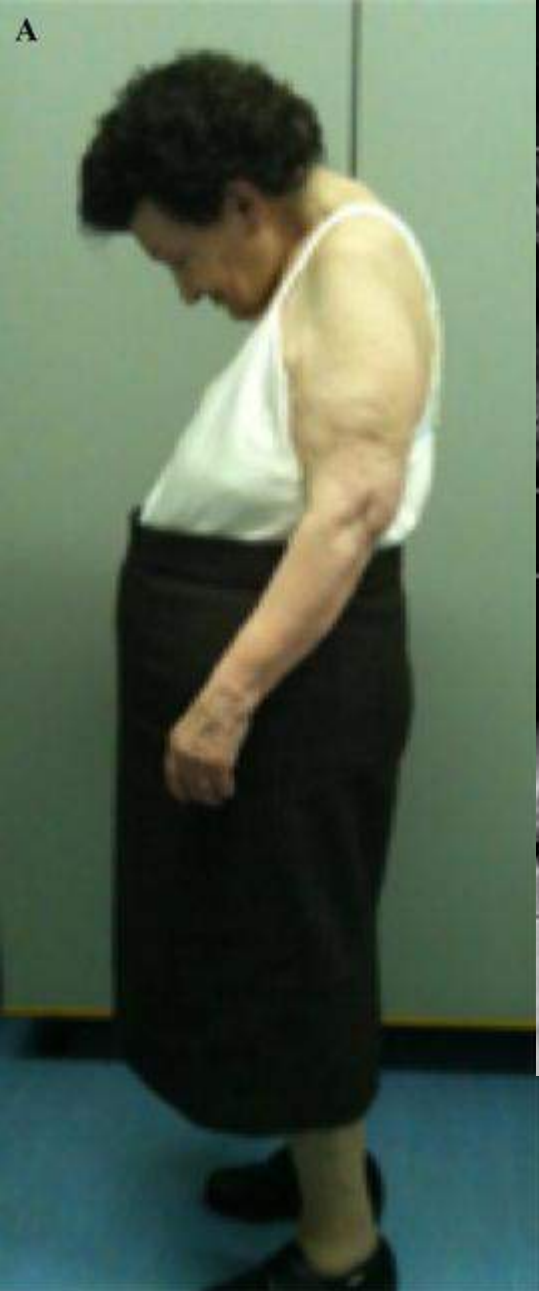
- Ograniczenie funkcjonowania w społeczeństwie
- Defekty kosmetyczne
- Obniżona jakość życia

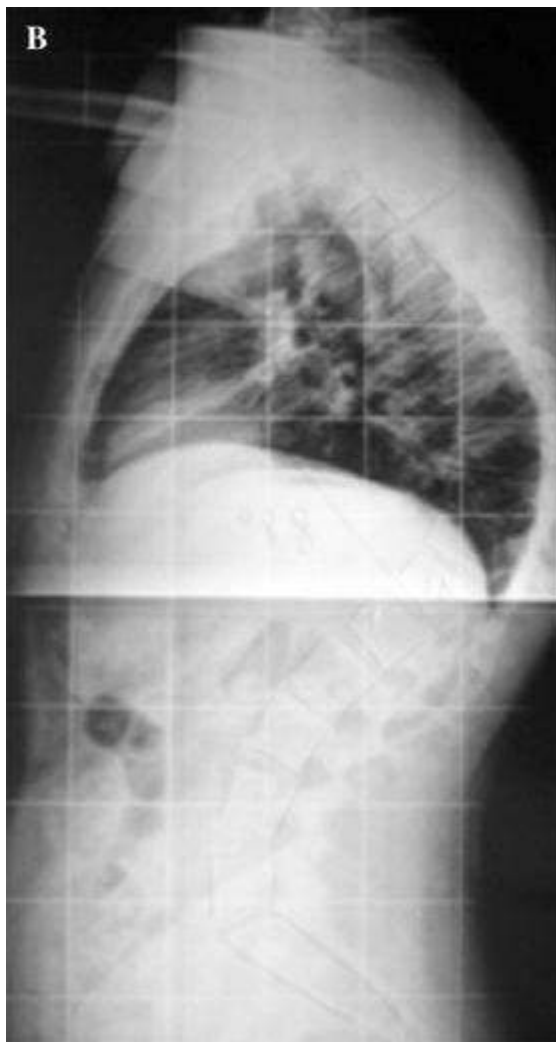
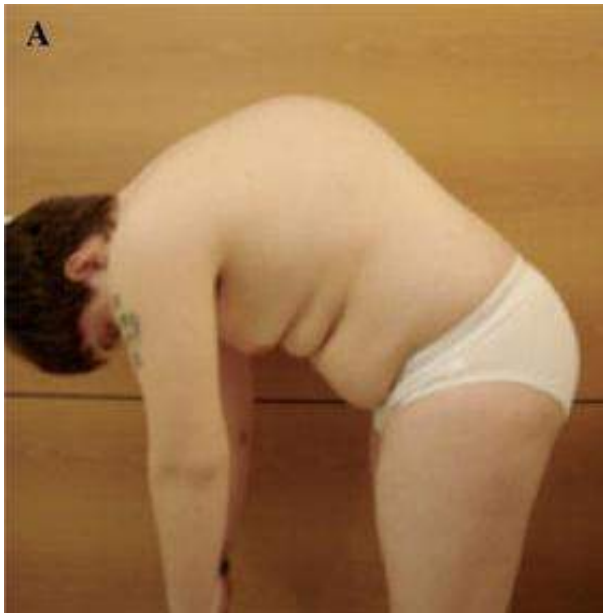


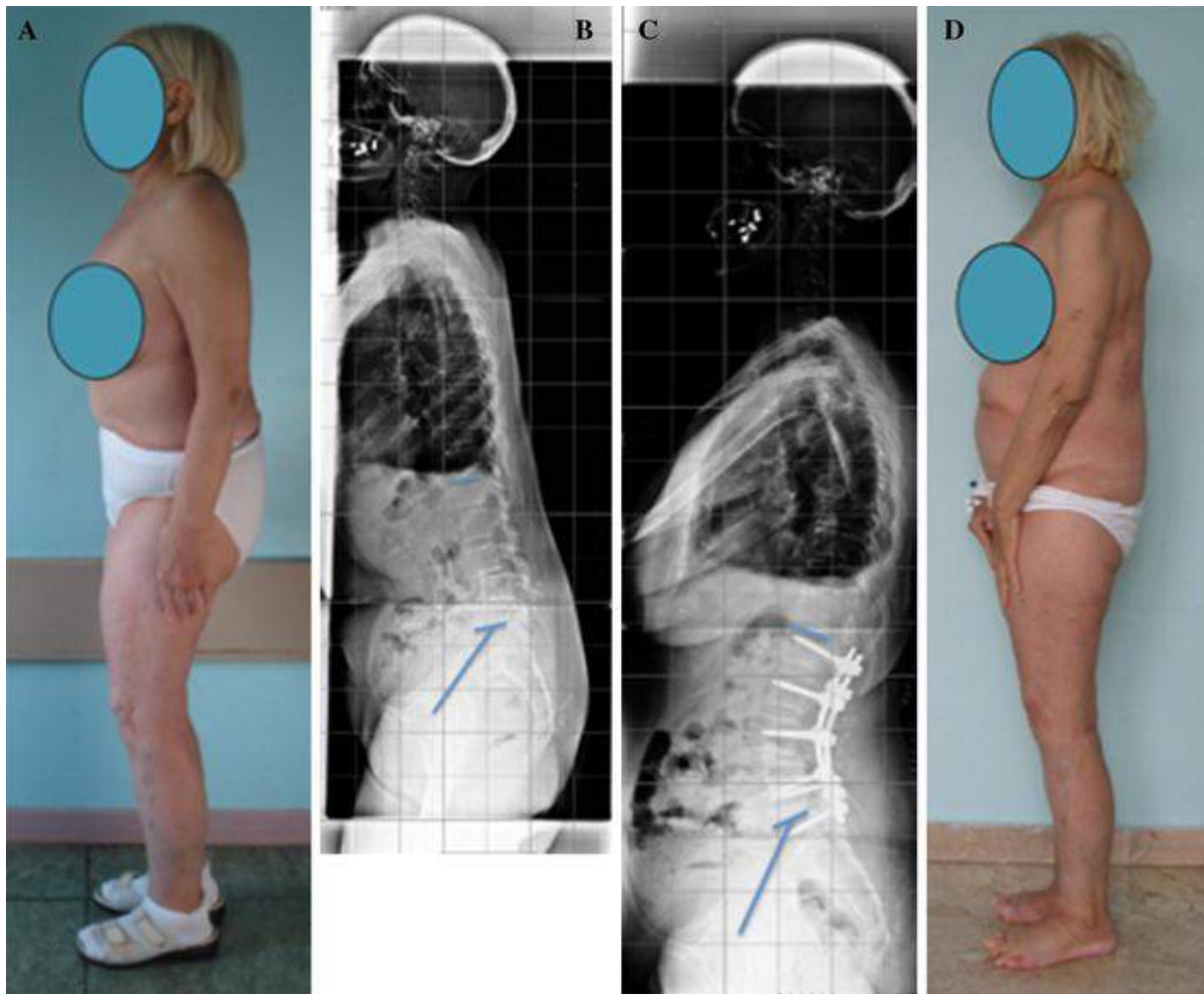
O czym to świadczy?

- Istotny jest czas od wykrycia zmian pierwotnych do wprowadzenia **ćwiczeń korygujących**
- W przypadku postępujących zmian lub niezauważonych w porę, ocena balansu pomaga zaplanować **operację kręgosłupa**
- Odpowiednie działanie pozwala znacznie polepszyć komfort życia pacjenta

Jak to wygląda w praktyce?







https://static-content.springer.com/image/art%3A10.1007%2Fs00586-014-3227-9/MediaObjects/586_2014_3227_Fig4_HTML.jpg

A**B**

PI=55°
PT=10°
ThPT=14°
SVA=19cm



- Zmniejszona lordoza lędźwiowa
- PI stałe, kompensację zapewniłoby zwiększenie PT i zgięcie kolan
- Brak kompensacji, C7 plumb line pozostaje przesunięta do przodu

- Co to jest balans strzałkowy?
- W jakim celu się go wykonuje?
- Co możemy obliczyć na podstawie zdjęcia bocznego całego kręgosłupa?
- Jakie ma to konsekwencje dla pacjenta?
- **Gdzie możemy wykonać takie badanie w Polsce?**
- Podsumowanie

- Wrocław – wykonują jedynie zdjęcie boczne kręgosłupa, bez obliczenia kątów
- Warszawa – pełne badanie, koszt ~200 zł
- Zielona Góra, inne miasta - ???

Dlaczego tak jest?

Jakie są alternatywy dla tego badania?

- Co to jest balans strzałkowy?
- W jakim celu się go wykonuje?
- Co możemy obliczyć na podstawie zdjęcia bocznego całego kręgosłupa?
- Jakie ma to konsekwencje dla pacjenta?
- Gdzie możemy wykonać takie badanie w Polsce i czego to wynika?
- **Podsumowanie**

Bibliografia:

- Roussouly P. i Nnadi C., Eur Spine J 19, 1824-36, 2010
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2989270/>
- Barrey i wsp. Eur. Spine J 16, 1459-67, 2007
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2200735/>
- Lamartina C., Berjano P. Eur Spine J 23, 1177-89, 2014
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00586-014-3227-9>
- Roussouly P. i Pinheiro-Franco J.L. Eur Spine J, 20, 578-585, 2011
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3175922/>
- http://www.icv-bordeaux.fr/pathologies/deformations/adulte/sagittal_balance.pdf
- <https://radiopaedia.org/articles/sagittal-balance-c7-plumb-line>
- <http://drkregoslup.pl/Skoliza/Bol-krzyza/Balans-strzalkowy-kregoslupa,32,145>
- Inne artykuły: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3431452/>,
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2200735/>,
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00586-016-4702-2>.

Dziękuję za uwagę!

