*Tyrakowski M. Analysis of the radiographic parameters describing the sagittal spinopelvic alignment. Current concepts and application in clinical practice. Issue Rehabil. Orthop. Neurophysiol. Sport Promot. 2015; 11: 7–21.*

**ANALYSIS OF THE RADIOGRAPHIC PARAMETERS DESCRIBING THE SAGITTAL SPINOPELVIC ALIGNMENT. CURRENT CONCEPTS AND APPLICATION IN CLINICAL PRACTICE**

**Marcin Tyrakowski**
**Department of Orthopaedics, Pediatric Orthopaedics and Traumatology; The Centre of Postgraduate Medical Education in Warsaw**

SUMMARY
The complex alignment of the human spine and pelvis may be assessed quantitatively on the radiographs. The magnitude of the reciprocal physiological curvatures can by objectively measured. The purpose of the study was to present the current concepts regarding the methods of the assessment of the radiographic sagittal spinopelvic alignment. The mean values of the particular parameters are presented for normal population as well as for spinal pathologies. Clinical application of these radiographic parameters is also discussed in this study from the practical point of view.

**Key words:** sagittal plane, pelvic, spine

**ANALIZA PARAMETRÓW RADIOGRAFICZNYCH OPISUJĄCYCH RÓWNOWAGĘ MIEDNICY W PŁASZCZYŹNIE STRZAŁKOWEJ. AKTUALNY STAN WIEDZY I ZASTOSOWANIE W PRAKTYCE KLINICZNEJ**

**Marcin Tyrakowski**
**Klinika Ortopedii, Ortopedii i Traumatologii Dziecięcej Centrum Medycznego Kształcenia Podyplomowego w Warszawie**

STRESZCZENIE
Kręgosłup i miednica człowieka mogą być oceniane jakościowo na podstawie radiogramów. Wielkość reciprokalnych fizjologicznych krzywizn szkieletu osiowego (kręgosłupa i miednicy) może zostać obiektywnie zmierzona. W artykule przedstawiono aktualne poglądy dotyczące sposobu ilościowej oceny kształtu i ustawienia miednicy w płaszczyźnie strzałkowej. Podano wartości poszczególnych parametrów radiograficznych w warunkach fizjologii oraz w wybranych patologiach kręgosłupa. Przedstawiono również praktyczne zastosowanie parametrów radiograficznych opisujących kształt i ustawienie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej.

**Słowa kluczowe:** płaszczyzna strzałkowa, miednica, kręgosłup

## Introduction

The shape of the human vertebral column in sagittal plane is thought to be the evolutionary adaptation to the erect posture. The subsequent reciprocal curves provide a balance between the stability and mobility (Tardieu *et al.* 2013). The lateral radiograph of the spine and pelvis in the standing position is a standard for the assessment of the sagittal spinopelvic alignment (Vrtovec *et al.* 2012). As the movements in the sacroiliac joints are negligible, human pelvis is treated as a rigid structure that balances

## Wstęp

Skomplikowany kształt kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej uważany jest za adaptację człowieka do postawy stojącej. Następujące po sobie kolejno wygięcia kręgosłupa do przodu i ku tyłowi zapewniają swoistą równowagę pomiędzy jego odpowiednią ruchomością a stabilnością (Tardieu i wsp. 2013). Podstawą analizy kształtu i ustawienia kręgosłupa oraz miednicy w płaszczyźnie strzałkowej jest zdjęcie rentgenowskie w projekcji bocznej, podczas wykonywania którego osoba badana stoi w swobodnej

around the bicoxofemoral axis (Jackson *et al.* 1998; Sturesson *et al.* 2000 a; Struesson *et al.* 2000 b).

The radiographic sagittal spinal parameters (cervical lordosis, thoracic kyphosis, lumbar lordosis) have been well characterized (Harrison *et al.* 2001; Fedorak *et al.* 2003). The role of the pelvis as the kyphotic segment that supports the spine was underestimated. Several parameters, both linear and angular, have been proposed to assess the sagittal pelvic alignment (Vrtovec *et al.* 2012). Duval-Beaupere *et al.* (1992) first introduced three sagittal radiographic parameters (namely, pelvic incidence, pelvic tilt and sacral slope) that have been widely accepted and used in research studies as well as in everyday clinical practice.

No study describing basics of the assessment of the radiographic sagittal spinopelvic alignment has been published in the Polish literature. Thus, the aim of this study was to analyze the state of the art of the radiographic assessment for the sagittal spinopelvic alignment and its application in everyday clinical practice.

**Definitions and characteristics of the radiographic pelvic parameters in sagittal plane**

Pelvic incidence (PI) is defined as the angle between the line joining the center of the bicoxofemoral axis and the center of the S1 endplate and the line orthogonal to the S1

pozycji (Vrtovec i wsp. 2012). Analizując kształt i ustawienie miednicy z pewnym uproszczeniem pomija się śladowy zakres ruchów w stawach krzyżowo-biodrowych, przyjmując miednicę za sztywną bryłę obracającą się w płaszczyźnie strzałkowej do przodu bądź do tyłu względem stawów biodrowych (Jackson i wsp. 1998; Sturesson i wsp. 2000 a; Struesson i wsp. 2000 b).

Sposoby pomiarów parametrów radiograficznych charakteryzujących kształt kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej (lordozy szyjnej, kifozy piersiowej, lordozy lędźwiowej) zostały dobrze poznane (Harrison i wsp. 2001; Fedorak i wsp. 2003). Rola miednicy stanowiącej kolejny segment kifotyczny, na którym spoczywa kręgosłup była przez długi czas pomijana. W literaturze proponowano wiele sposobów ilościowego określenia kształtu lub ustawienia miednicy w płaszczyźnie strzałkowej, stosując zarówno parametry kątowe i liniowe (Vrtovec i wsp. 2012). Przełomową okazała się publikacja Duval-Beaupere i wsp. (1992) przedstawiająca trzy parametry opisujące kształt i ustawienie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej (ang. *pelvic incidnce, pelvic tilt* i *sacral slope*), które znalazły powszechne zastosowanie w badaniach naukowych i praktyce klinicznej.

Dotychczas w polskojęzycznej literaturze nie opisano podstawowych informacji związanych z oceną kształtu i ustawienia miednicy w płaszczyźnie strzałkowej. Dlatego celem pracy była analiza aktualnych poglądów dotyczących sposobu pomiaru parametrów radiograficznych opisujących kształt i ustawienie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej oraz zastosowania tych parametrów w praktyce klinicznej.

**Definicje i charakterystyka parametrów radiograficznych opisujących równowagę miednicy w płaszczyźnie strzałkowej**

Incydencja miednicy (ang. *pelvic incidence;* PI) definiowana jest jako kąt zawarty pomiędzy linią prostą łączącą środek proksymalnej blaszki granicznej kręgu S1

endplate (Duval-Beaupere *et al.* 1992). Pelvic tilt (PT) is the angle between line joining the center of bicoxofemoral axis and center of the S1 endplate as well as the vertical line (Duval-Beaupere *et al.* 1992). Positive values of PT are recorded when the midpoint of S1 endplate is posterior to the center of bicoxofemoral axis. Sacral slope (SS) is defined as the angle between the line parallel to the S1 endplate and the reference horizontal line (Duval-Beaupere *et al.* 1992) (Figure 1).

ze środkiem osi stawów biodrowych a linią prostą prostopadłą do proksymalnej blaszki granicznej kręgu S1 (Duval-Beaupere i wsp. 1992). Pochylenie miednicy (ang. *pelvic tilt*; PT) to kąt zawarty pomiędzy linią prostą łączącą środek proksymalnej blaszki granicznej kręgu S1 ze środkiem osi stawów biodrowych a osią pionową (Duval-Beaupere i wsp. 1992). PT przyjmuje wartości dodatnie wtedy, gdy środek proksymalnej blaszki granicznej kręgu S1 znajduje się do tyłu od środka osi stawów biodrowych. Nachylenie kości krzyżowej (ang. *sacral slope;* SS) to kąt zawarty pomiędzy proksymalną blaszką graniczną kręgu S1 a osią poziomą (Duval-Beaupere i wsp. 1992) (Rycina 1).

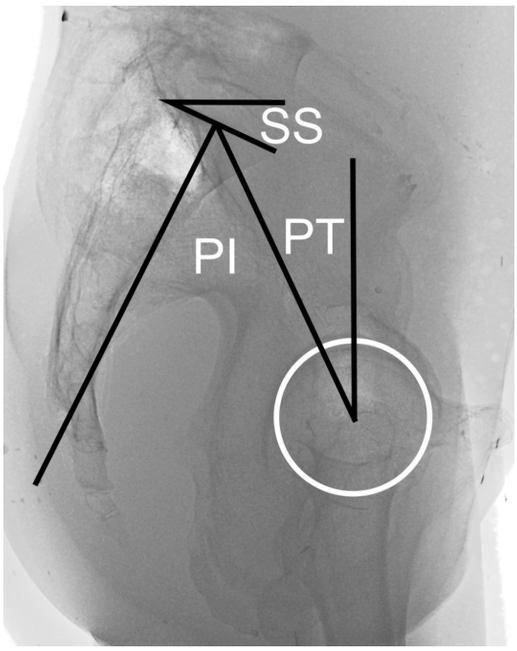


**Figure 1.** Lateral radiograph of the human pelvis. PI – pelvic incidence; PT – pelvic tilt; SS – sacral slope. Author's own material.

**Rycina 1.** Radiogram miednicy człowieka wykonany w projekcji bocznej. Parametry opisujące kształt i ustawnie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej: PI – incydencja miednicy (ang. *pelvic incidence*); PT – pochylenie miednicy (ang. *pelvic tilt*); SS – nachylenie kości krzyżowej (ang. *sacral slope*). Materiał własny autora.

Pelvic incidence (PI) is an anatomic parameter, that means, that it characterizes the shape of the pelvis in the sagital plane and it is reported to be indepenent of position of the subject in the sagittal plane when the radiograph is taken (Vrtovec *et al.* 2012) (Figure 2). Pelvic incidence

PI jest parametrem anatomicznym, co oznacza, że opisuje ilościowo kształt miednicy, a na jego wartości nie ma wpływu ustawienie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej podczas wykonywania radiogramu (Vrtovec i wsp. 2012) (Rycina 2). Wielkość PI u danej osoby zwiększa się

increases during growth and becomes constant at the skeletal maturity (according to some reports even at the age of 10 years) (Mangione *et al.* 1997; Marty *et al.* 2002; Vrtovec *et al.* 2012). Pelvic incidence may be changed in the adult person by surgery or the pathological process only (e.g. osteotomy or fracture) that modifies the shape of the pelvis. Pelvic tilt (PT) and sacral slope (SS) are the positional parameters that depend on the position of pelvis in the sagittal plane when the radiograph is required (Vrtovec *et al.* 2012) (Figure 2).

podczas wzrastania osiągając stałą wartość po osiągnięciu dojrzałości szkieletowej (według niektórych autorów już w dziesiątym roku życia) (Mangione i wsp. 1997; Marty i wsp. 2002; Vrtovec i wsp. 2012). Zmiana wartości PI u osoby, która zakończyła wzrastanie możliwa jest tylko w wyniku zabiegu operacyjnego lub procesu patologicznego zmieniającego położenie stawu/stawów biodrowych względem kości krzyżowej (np. osteotomia lub złamanie miednicy). PT i SS to parametry posturalne (pozycyjne), których wartości zależne są od ustawienia miednicy w płaszczyźnie strzałkowej podczas wykonywania zdjęcia rentgenowskiego (Vrtovec i wsp. 2012) (Rycina 2).

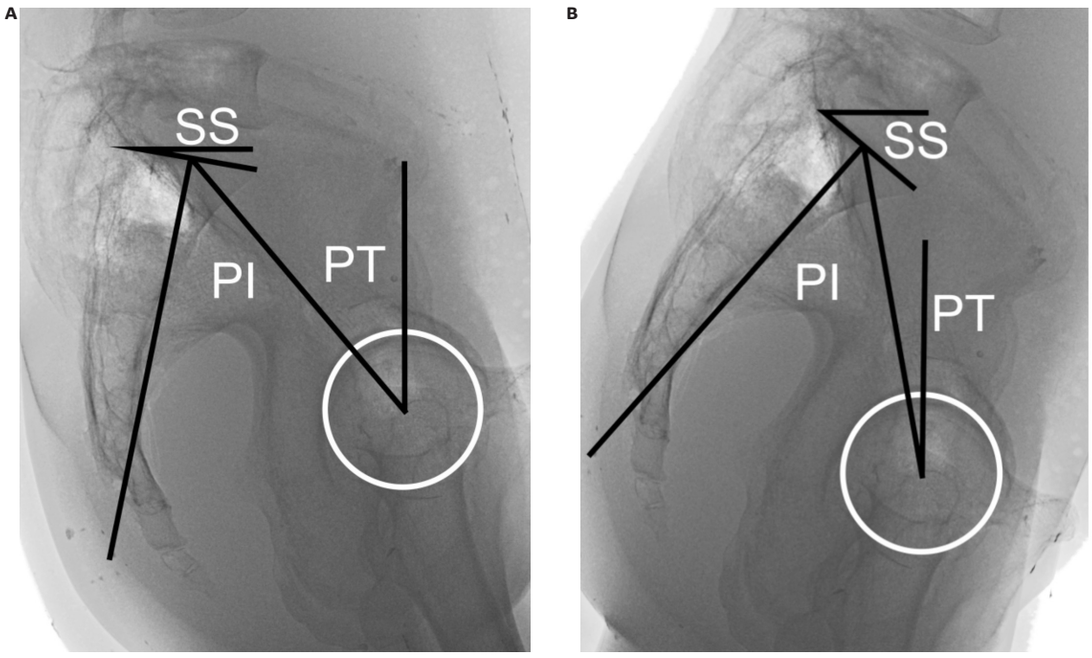


**Figure 2.** Lateral radiographs recorded with posterior (A) and anterior (B) rotation of the pelvis. PI is constant; PT ad SS can be changed. PI – pelvic incidence; PT – pelvic tilt; SS – sacral slope. Author's own material.

**Rycina 2.** Radiogram w projekcji bocznej miednicy ustawionej w tyłopochyleniu (A) i przodopochyleniu (B). Wartości PI pozostają stałe niezależnie od ustawienia miednicy. Wartości PT i SS zmieniają się. PI – incydencja miednicy (ang. *pelvic incidenec*); PT – pochylenie miednicy (ang. *pelvic tilt*); SS – nachylenie kości krzyżowej (ang. *sacral slope*). Materiał własny autora".

The relationships between PI, PT and SS are characterized by the formula:

PI = PT + SS (Duval-Beaupere *et al.* 1992).

Wzajemne zależności PI, PT i SS opisuje równanie:

PI = PT + SS (Duval-Beaupere i wsp. 1992).

According to this formula one can notice that any increase in SS causes a proportional decrease in PT and vice versa. During the pelvis bend back, the decreased SS causes the simultaneous increase of PT parameter (Figure 2). This carries important clinical implications that are discussed in further paragraphs of the paper.

Z równania tego wynika ważna zależność pomiędzy PT a SS, zwiększanie wartości SS (przy zwiększającym się przodopochyleniu miednicy) powoduje jednocześnie zmniejszanie się PT. Podczas pochylania miednicy do tyłu, zmniejszające się SS pociąga za sobą równoczesne zwiększanie się PT (Rycina 2). Zależności te mają odpowiednie implikacje kliniczne opisane w dalszych częściach artykułu.

## Analysis of the methods for measurements of the radiographic sagittal pelvic parameters

Duval-Beaupere *et al.* (1992) proposed the bicoxofemoral axis to be used to measure PI and PT. They defined the bicoxofemoral axis as the centre of the circle surrounding the femoral heads (on the ideal lateral radiograph) or the midpoint of the line joining the centers of circles surrounding the femoral heads when they are not ideally superimposed. Other authors used the femoral heads or the acetabular domes interchangeably for PI and PT measurements (Jackson *et al.* 1998; Peleg *et al.* 2007; Le Huec *et al.* 2011; Lazennec *et al.* 2012; Lazennec *et al.* 2013). Tyrakowski *et al.* (2015) conducted a study comparing the accuracy of PI and PT measurements using whether the femoral heads or the acetabular domes to identify the bicoxofemoral axis. Tyrakowski *et al.* (2015) revealed an excellent agreement between the two methods of PI and PT measurements with excellent intraobserver reproducibility and interobserver reliability of each method. The authors concluded that both, the femoral heads or the acetabular domes, may be used for reliable PI and PT measurements on the digital lateral radiographs.

## Analiza sposobów i dokładności pomiarów parametrów radiograficznych opisujących kształt i ustawienie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej

Duval-Beaupere i wsp. (1992) zaproponowali wykorzystanie osi stawów biodrowych do wykreślania PI i PT. Za oś stawów biodrowych przyjęto środek okręgu opisanego na cieniach głów kości udowych (na radiogramie wykonanym w idealnej projekcji bocznej, na którym cienie głów kości udowych nakładają się na siebie) bądź środek odcinka łączącego centra okręgów opisanych na cieniach głów kości udowych, gdy te nie stanowią jednego punktu. Inni autorzy dokonując pomiarów PI i PT wykorzystywali zamiennie okręgi opisane na cieniach głów kości udowych lub na stropach panewek stawów biodrowych do wyznaczenia osi stawów biodrowych (Jackson i wsp. 1998; Peleg i wsp. 2007; Le Huec i wsp. 2011; Lazennec i wsp. 2012; Lazennec i wsp. 2013). Tyrakowski i wsp. (2015) przeprowadzili badanie porównujące dokładność pomiarów PI i PT z wykorzystaniem zamiennie cieni głów kości udowych lub cieni stropów panewek stawów biodrowych do wyznaczenia środka osi stawów biodrowych na zdjęciu rentgenowskim w projekcji bocznej. Tyrakowski i wsp. (2015) wykazali wysoką zgodność pomiędzy wynikami pomiarów PI i PT z użyciem głów kości udowych bądź panewek stawów biodrowych, prezentując równocześnie doskonałą powtarzalność i rzetelność obu metod pomiarowych. Podsumowując badanie autorzy stwierdzili, że zarówno cienie głów kości udowych

Position of the pelvis in the sagittal plane while taking the radiograph does not influence the PI, changing simultaneously the PT and SS values (Figure 2) (Tyrakowski *et al.* 2014). Position of the pelvis in the axial plane seems to be an important factor for reliable PI, PT and SS measurements. It is not likely to have an ideal lateral radiograph of the pelvis (femoral heads or acetabular domes ideally superimposed) in everyday clinical practice. Antero-posterior shift of the coxofemoral joints is the sign of the rotation of the pelvis in the axial plane when the radiograph is taken. Tyrakowski *et al.* (2014) analyzed an influence of pelvic axial rotation on the PI, PT and SS measurements. They revealed that pelvic rotation in the axial plane that does not exceed 30° does not influence these measurements significantly. Tyrakowski *et al.* (2014) presented also a formula for calculation the angle of pelvis rotation in the axial plane (α) based on the linear distance between the centers of the femoral heads measured on the antero-posterior radiograph (A) and the horizontal distance between the centers of the femoral heads measured on the lateral radiograph (B). The formula was:

$$\alpha = \arcsin B/A$$

Thus the authors proposed a simple method that could be used to verify the usefulness of a particular radiograph for reliable PI, PT and SS measurements. They suggested disqualifying the radiographs with

jak i cienie stropów panewek stawów biodrowych mogą zostać wykorzystane do identyfikacji środka osi stawów biodrowych na cyfrowych zdjęciach rentgenowskich w projekcji bocznej.

Ustawienie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej podczas wykonywania radiogramu nie ma wpływu na wartość PI, zmieniając jednocześnie wartości PT i SS (Rycina 2) (Tyrakowski i wsp. 2014). Ważnym zagadnieniem wydaje się być zależność wyników pomiarów PI, PT i SS od ustawienia miednicy w płaszczyźnie poprzecznej. W praktyce klinicznej rzadko dysponujemy zdjęciami rentgenowskimi wykonanymi w projekcji idealnie bocznej, na których cienie głów kości udowych lub stopy panewek stawów biodrowych nakładają się dokładnie na siebie. Rotacja miednicy w płaszczyźnie poprzecznej widoczna jest na zdjęciu rentgenowskim jako przesunięcie stawów biodrowych względem siebie w wymiarze przednio-tylnym. Tyrakowski i wsp. (2014) wykonali analizę wpływu rotacji miednicy w płaszczyźnie poprzecznej podczas wykonywania zdjęcia rentgenowskiego na pomiary PI, PT i SS. Autorzy ci wykazali, że rotacja miednicy w płaszczyźnie poprzecznej nieprzekraczająca 30° nie wpływa istotnie na wyniki pomiarów PI, PT i SS. Tyrakowski i wsp. (2014) przedstawili również sposób obliczania kąta rotacji (α) miednicy na bocznym radiogramie oparty na pomiarze dwóch parametrów liniowych: odległości pomiędzy środkami głów kości udowych na radiogramie miednicy wykonanym w projekcji przednio-tylnej (A) oraz poziomej odległości pomiędzy środkami głów kości udowych na radiogramie w projekcji bocznej (B) według wzoru:

$$\alpha = \arcsin B/A$$

W ten sposób zaproponowano prostą metodę oceny przydatności danego radiogramu w projekcji bocznej do pomiaru PI, PT i SS zalecając dyskwalifikację tych zdjęć rentgenowskich, na których obliczony kąt

the calculated angle of pelvic rotation in the axial plane exceeding 30° (Tyrakowski *et al.* 2014).

**Mean values and relations between radiographic spinopelvic parameters in physiological conditions**

The mean values of PI reported for healthy adults range from 50° to 57° (Legaye *et al.* 1998; Eddine *et al.* 2001; Rajnics *et al.* 2001; Marty *et al.* 2002; Vaz *et al.* 2002; Schwabb *et al.* 2006; Legaye 2007; Janssen *et al.* 2009; Mac-Thiong *et al.* 2010). Significantly lower values of PI have been reported for human fetuses (30,6°) (Vialle *et al.* 2005), healthy children (43,7°) (Vialle *et al.* 2005) and normal teenagers (46,9°) (Mac-Thiong *et al.* 2011). There were no significant differences in PI between females and males (Duval-Beaupere *et al.* 1992; Mangione *et al.* 1997; Rajnics *et al.* 2001; Marty *et al.* 2002; Vaz *et al.* 2002; Jackson *et al.* 2003; Mac-Thiong 2004; Janssen *et al.* 2009; Mac-Thiong *et al.* 2010) besides one paper that reported significantly higher PI in females (Vialle *et al.* 2005). Significantly lower PI values than in Caucasian people have been revealed for normal Chinese adults (44,6°) (Zhu *et al.* 2014).

The values of PT and SS depend on the local anatomy (PI) and on the forces that act on the standing bipedal posture (Duval-Beaupere *et al.* 1992). Pelvic tilt that does not exceed 20° and it is optimal for the energetically economic standing position. In healthy human its mean value ranges at 13° (Duval-Beaupere *et al.* 1992; Vialle *et al.* 2005). With constant PI and standing position with minimal energetic effort (PT < 20°) the SS values are subject-specific (according to the formula: SS = PI − PT). As the angle of S1 inclination influences directly the lumbar lordosis (LL, measured with Cobb method between the proximal L1 and the proximal S1 endplates), the

rotacji miednicy w płaszczyźnie poprzecznej przekraczał 30° (Tyrakowski i wsp. 2014).

**Wartości i wzajemne zależności parametrów radiograficznych opisujących równowagę miednicy w płaszczyźnie strzałkowej w warunkach fizjologicznych**

Średnie wartości PI podawane dla zdrowych osób dorosłych rasy białej wahają się od 50° do 57° (Legaye i wsp. 1998; Eddine i wsp. 2001; Rajnics i wsp. 2001; Marty i wsp. 2002; Vaz i wsp. 2002; Schwabb i wsp. 2006; Legaye 2007; Janssen i wsp. 2009; Mac-Thiong i wsp. 2010). Wykazano istotnie niższe niż u dorosłych średnie wartości PI u ludzkich płodów (30,6°) (Vialle i wsp. 2005), zdrowych dzieci (43,7°) (Vialle i wsp. 2005) i nastolatków (46,9°) (Mac-Thiong i wsp. 2011). Nie znaleziono istotnych różnic w PI pomiędzy płcią żeńską a męską (Duval-Beaupere i wsp. 1992; Mangione i wsp. 1997; Rajnics i wsp. 2001; Marty i wsp. 2002; Vaz i wsp. 2002; Jackson i wsp. 2003; Mac-Thiong 2004; Janssen i wsp. 2009; Mac-Thiong i wsp. 2010) poza jednym badaniem wykazującym istotnie wyższe wartości PI u kobiet (Vialle i wsp. 2005). Stwierdzono istotnie niższe średnie wartości PI u zdrowych osób dorosłych rasy żółtej (44,6°) (Zhu i wsp. 2014) w porównaniu z rasą białą.

Wartości dwóch pozostałych parametrów posturalnych (PT i SS) zależą od warunków anatomicznych (PI) oraz rozkładu sił działających na ciało człowieka w pozycji stojącej (Duval-Beaupere i wsp. 1992). Wartości PT nie przekraczające 20° warunkują optymalne położenie środka ciężkości ciała ponad stawami biodrowymi u zdrowego dorosłego człowieka ze średnią wartością PT w tej grupie wynoszącą 13° (Duval-Beaupere i wsp. 1992, Vialle i wsp. 2005). Przy stałym PI u danej osoby i próbie utrzymania pozycji stojacej najmniejszym nakładem energetycznym (PT < 20°) wartości SS są osobniczo zmienne (zgodnie z przekształconym równaniem: SS = PI − PT). Ponieważ nachylenie

linear correlation between PI and LL was revealed – the higher value of PI is, the bigger LL is recorded (Vialle *et al.* 2005). Thus, PI was claimed to be the fundamental parameter in regulation of the spinal curves (Legaye *et al.* 1998). Rose *et al.* (2009) presented a formula that could be used to predict the desired, LL based on PI and thoracic kyphosis (TK) when the surgical sagittal correction was planned. They revealed that if the condition:

$$PI + LL + TK \leq 45°$$

is fulfilled, there is 91% sensitivity for obtaining the proper sagittal spinopelvic alignment. In everyday clinical practice the formula:

$$LL = PI \pm 10°$$

has been used to predict the LL value.

**Mean values and relationships between the radiographic sagittal spinopelvic parameters in spinal disorders**

The analysis of the sagittal spinopelvic alignment revealed the ethiological or compensatory role of the pelvis in some spinal disorders.

Patients with isthmic spondylolisthesis presented significantly higher PI values ranging from 61° up to 81,3° (Hanson *et al.* 2002; Huang *et al.* 2003; Whitesides *et al.* 2005; Mays 2006; Morel *et al.* 2006; Roussouly *et al.* 2006; Horduna and Legaye 2008).

blaszki granicznej kręgu S1 bezpośrednio wpływa na wartości lordozy lędźwiowej (mierzonej metodą Cobba pomiędzy prolsymalną blaszką graniczną L1 a S1), wykazano również wpływ PI na wielkość lordozy lędźwiowej – im większe PI u danej osoby, tym większa lordoza lędźwiowa (Vialle i wsp. 2005). PI określono jako fundamentalny parametr definiujący krzywizny kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej (Legaye i wsp. 1998). Rose i wsp. (2009) zaproponowali wzór matematyczny pozwalający obliczyć należną wartość lordozy lędźwiowej (LL) oparty o wartości PI i kifozy piersiowej (TK) przy planowaniu osteotomii korekcyjnych kręgosłupa. Autorzy ci wykazali, że spełnienie warunku:

$$PI + LL + TK \leq 45°$$

pozwala z 91% czułością uzyskać optymalną równowagę kręgosłupa i miednicy w płaszczyźnie strzałkowej. Powszechnie, z pewnym uproszczeniem, szacuje się wartość wymaganej lordozy lędźwiowej według równania:

$$LL = PI \pm 10°$$

**Wartości i wzajemne zależności parametrów radiograficznych opisujących równowagę miednicy w płaszczyźnie strzałkowej w wybranych patologiach kręgosłupa**

Analizując kształt i ustawienie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej w poszczególnych jednostkach chorobowych poczyniono obserwacje, których wyniki mogą świadczyć o roli sprawczej bądź kompensacyjnej miednicy w chorobach kręgosłupa.

Wykazano istotnie wyższe średnie wartości PI u osób dorosłych z kręgozmykiem cieśniowym wynoszące od 61° do 81,3° (Hanson i wsp. 2002; Huang i wsp. 2003; Whitesides i wsp. 2005; Mays 2006; Morel i wsp. 2006; Roussouly i wsp. 2006; Horduna

The ethiological role of increased PI in spondylolisthesis has been proposed. Higher values of PI cause increase in SS (with PT < 20°) that induces sharing foces in the isthmus of the vertebral arch. This plays an important role in planning the surgery of patients with spondylolisthesis. Because increased PI can not be reduced, one has to take into consideration the PI and desired lumbar lordosis should be higher than lumbar lordosis in normal subjects. Thus the proper sagittal balance could be achieved.

On the other hand, patients with increased TK of with thoracolumbar kyphosis (congenital, Scheuermann kyphosis, post-inflammatory) presented with significantly lower PI than age-matched normal subjects with negligible correlation between PI and LL (Li *et al.* 2013; Jiang *et al.* 2014; Tyrakowski *et al.* 2014; Tyrakowski *et al.* 2015). It has been suggested that pelvic morphology may play a compensatory role in obtaining and maintaining the nutral sagittal balance in patients with the pathological hyperkyphosis that developed during growth. Tyrakowski *et al.* (2014 and 2015) presented clinical implications of decreased PI in the treatment of patients with Scheuermann kyphosis. If a selective lumbar fusion was planned in a patient with Scheuerman kyphosis (for another reason than Scheuermann kyposis) the PI would not be a proper guide in predicting the ammount of the desired lumbar lordosis. On the other hand, if surgical correction of hyperkyphosis was planned, the decreased PI should be taken into consideration and the corresponding lower than normal lumbar lordosis that should be obtained postoperatively.

i Legaye 2008). Sugerowano rolę etiologiczną zwiększonego PI w powstawaniu kręgozmyku. Zjawisko to tłumaczono wzorstem sił ścinających, działających na cieśni łuków kręgów wynikającym ze zwiększonych wartości SS przy próbie utrzymania PT w granicach 20° (PI = PT + SS). Obserwacja ta niesie za sobą implikację kliniczną istotną podczas planowania leczenia operacyjnego kręgozmyku. PI nie może zostac zmienione, dlatego planując spondylodezę lędźwiową, wyższe wartości PI wymuszają nadanie podczas operacji większych wartości lordozy lędźwiowej, niż wartości uznawane za normatywne dla osób zdrowych, w celu zapewnienia prawidłowej rówowagi ciała w płaszczyźnie strzałkowej.

Przeciwnie, u osób ze zwiększoną TK bądź kifozą piersiowo-lędźwiową (w przebiegu wad wrodzonych kregosłupa, choroby Scheuermanna, w następstwach zapaleń kręgosłupa) wykazano istotnie niższe wartości PI niż w zdrowej populacji, stwierdzając również brak korelacji pomiędzy PI a LL (Li i wsp. 2013; Jiang i wsp. 2014; Tyrakowski i wsp. 2014; Tyrakowski i wsp. 2015). W powyższych badaniach stwierdzono, że kształt miednicy może pełnić rolę kompensacyjną w utrzymaniu prawidłowej równowagi kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej u osób z patologiczną kifozą powstałą w wieku rozwojowym. Tyrakowski i wsp. (2014 i 2015) przedstawili implikacje klinczne zmniejszonych wartości PI u chorych z kifozą Scheuermanna. W przypadku planowania selektywnej spondylodezy lędźwiowej w tej grupie chorych (z innej przyczyny niż choroba Scheuermanna), PI nie jest wystarczajacym parametrem pozwalającym zaplanować wartość należnej LL. Natomiast podczas planowania korekcji kifozy zmniejszone wartości PI powinny być brane pod uwagę przy planowaniu pooperacyjnych wartości LL.

## Conclusions

Sagittal pelvic morphology and alignment may be assessed quantitatively on a lateral standing radiograph by measuring three angular parameters: PI, PT and SS. Analysis of these three parameters seems to be crucial in planning the surgery of sagittal spinal deformities.

## Podsumowanie

Kształt i ustawienie miednicy w płaszczyźnie strzałkowej mogą zostać ocenione ilościowo na zdjęciu rengenowskim, wykonanym w projekcji bocznej w swobodnej pozycji stojącej. Nadmieniona ocena dokonywana jest przez pomiar trzech parametrów kątowych: PI, PT i SS. Określenie wartości wyżej wymienionych parametrów wydaje się być kluczowe w planowaniu leczenia operacyjnego deformacji kręgosłupa w płaszczyźnie strzałkowej.

REFERENCES

**Duval-Beaupère G., Schmidt C., Cosson P.** *A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position*. Annals of Biomedical Engineering 1992; 20,4: 451–462.

**Eddine T., Migaud H., Chantelot C., Cotten A., Fontaine C., Duquennoy A.** *Variations of pelvic anteversion in the lying and standing positions: analysis of 24 control subjects and implications for CT measurement of position of a prosthetic cup*. Surgical and Radiologic Anatomy 2001; 23,2: 105–110.

**Fedorak C., Ashworth N., Marschall J., Paull H.** *Reliability of the visual assessment of cervical and lumbar lordosis: how good are we?* Spine 2003; 28,16: 1857–1859.

**Hanson D., Bridwell K., Rhee J., Lenke L.** *Correlation of pelvic incidence with low-and high-grade isthmic spondylolisthesis*. Spine 2002; 27,18: 2026–2029.

**Harrison D. E., Harrison D. D., Cailliet R., Janik T. J., Holland B.** *Radiographic analysis of lumbar lordosis: centroid, Cobb, TRALL, and Harrison posterior tangent methods.* Spine 2001; 26,11: 235–242.

**Horduna M., Legaye J.** *Influence of the sagittal anatomy of the pelvis on the intercrestal line position.* European Journal of Anaesthesiology 2008; 25,3: 200–205.

**Huang R., Bohlman H., Thompson G., Poe-Kochert C.** *Predictive value of pelvic incidence in progression of spondylolisthesis*. Spine 2003; 28,20: 2381–2385.

**Jackson R., Peterson M., McManus A., Hales C.** *Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients*. Spine 1998; 23,16: 1750–1767.

**Jackson R., Phipps T., Hales C., Surber J.** *Pelvic lordosis and alignment in spondylolisthesis*. Spine 2003; 28,2: 151–60.

**Janssen M., Drevelle X., Humbert L., Skalli W., Castelein R. M.** *Differences in male and female spino-pelvic alignment in asymptomatic young adults: a three-dimensional*

PIŚMIENNICTWO

**Duval-Beaupère G., Schmidt C., Cosson P.** *A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position*. Annals of Biomedical Engineering 1992; 20,4: 451–462.

**Eddine T., Migaud H., Chantelot C., Cotten A., Fontaine C., Duquennoy A.** *Variations of pelvic anteversion in the lying and standing positions: analysis of 24 control subjects and implications for CT measurement of position of a prosthetic cup*. Surgical and Radiologic Anatomy 2001; 23,2: 105–110.

**Fedorak C., Ashworth N., Marschall J., Paull H.** *Reliability of the visual assessment of cervical and lumbar lordosis: how good are we?* Spine 2003; 28,16: 1857–1859.

**Hanson D., Bridwell K., Rhee J., Lenke L.** *Correlation of pelvic incidence with low-and high-grade isthmic spondylolisthesis*. Spine 2002; 27,18: 2026–2029.

**Harrison D. E., Harrison D. D., Cailliet R., Janik T. J., Holland B.** *Radiographic analysis of lumbar lordosis: centroid, Cobb, TRALL, and Harrison posterior tangent methods.* Spine 2001; 26,11: 235–242.

**Horduna M., Legaye J.** *Influence of the sagittal anatomy of the pelvis on the intercrestal line position.* European Journal of Anaesthesiology 2008; 25,3: 200–205.

**Huang R., Bohlman H., Thompson G., Poe-Kochert C.** *Predictive value of pelvic incidence in progression of spondylolisthesis*. Spine 2003; 28,20: 2381–2385.

**Jackson R., Peterson M., McManus A., Hales C.** *Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients*. Spine 1998; 23,16: 1750–1767.

**Jackson R., Phipps T., Hales C., Surber J.** *Pelvic lordosis and alignment in spondylolisthesis*. Spine 2003; 28,2: 151–60.

**Janssen M., Drevelle X., Humbert L., Skalli W., Castelein R. M.** *Differences in male and female spino-pelvic alignment in asymptomatic young adults: a three-dimensional*

*analysis using upright low-dose digital biplanar X-rays*. Spine 2009; 34,23: 826–832.

**Jiang L., Qiu Y., Xu L., Liu Z., Wang Z., Sha S., Zhu Z.** *Sagittal spinopelvic alignment in adolescents associated with Scheuermann's kyphosis: a comparison with normal population.* European Spine Journal 2014; 23,7: 1420–6.

**Lazennec J. Y., Brusson A., Rousseau M. A.** *Hip-spine relations: an innovative paradigm in THR surgery. In: Fokter SK* (*ed*) *Recent advances in arthroplasty.* In Tech, Rijeka, 2012: 70–94.

**Lazennec J. Y., Brusson A., Rousseau M. A.** *Lumbar-pelvicfemoral balance on sitting and standing lateral radiographs.* Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research 2013; 99(1 Suppl): 87–S103.

**Le Huec J. C., Aunoble S., Philippe L., Nicolas P.** *Pelvic parameters: origin and significance*. European Spine Journal 2011: 20 (Suppl 5): 564–571.

**Legaye J., Duval-Beaupère G., Hecquet J., Marty C.** *Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves.* European Spine Journal 1998; 7,2: 99–103.

**Legaye J.** *The femoro-sacral posterior angle: an anatomical sagittal pelvic parameter usable with dome-shaped sacrum.* European Spine Journal 2007; 16,2: 219–225.

**Li W., Sun Z., Guo Z., Qi Q., Kim S. D., Zeng Y., Sun C., Chen Z.** *Analysis of spinopelvic sagittal alignment in patients with thoracic and thoracolumbar angular kyphosis.* Spine 2013; 38,13: E813–E818.

**Mac-Thiong J. M., Berthonnaud E., Dimar J., Betz R. R., Labelle H.** *Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth.* Spine 2004; 29,15: 1642–1647.

**Mac-Thiong J. M., Labelle H., Roussouly P.** *Pediatric sagittal alignment.* European Spine Journal 2011; 20 (Suppl 5): 586–590.

**Mac-Thiong J. M., Roussouly P., Berthonnaud E., Guigui P.** *Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults*. Spine 2010; 35,22: E1193–1198.

*analysis using upright low-dose digital biplanar X-rays*. Spine 2009; 34,23: 826–832.

**Jiang L., Qiu Y., Xu L., Liu Z., Wang Z., Sha S., Zhu Z.** *Sagittal spinopelvic alignment in adolescents associated with Scheuermann's kyphosis: a comparison with normal population.* European Spine Journal 2014; 23,7: 1420–6.

**Lazennec J. Y., Brusson A., Rousseau M. A.** *Hip-spine relations: an innovative paradigm in THR surgery. In: Fokter SK* (*ed*) *Recent advances in arthroplasty.* In Tech, Rijeka, 2012: 70–94.

**Lazennec J. Y., Brusson A., Rousseau M. A.** *Lumbar-pelvicfemoral balance on sitting and standing lateral radiographs.* Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research 2013; 99(1 Suppl): 87–S103.

**Le Huec J. C., Aunoble S., Philippe L., Nicolas P.** *Pelvic parameters: origin and significance*. European Spine Journal 2011: 20 (Suppl 5): 564–571.

**Legaye J., Duval-Beaupère G., Hecquet J., Marty C.** *Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves.* European Spine Journal 1998; 7,2: 99–103.

**Legaye J.** *The femoro-sacral posterior angle: an anatomical sagittal pelvic parameter usable with dome-shaped sacrum.* European Spine Journal 2007; 16,2: 219–225.

**Li W., Sun Z., Guo Z., Qi Q., Kim S. D., Zeng Y., Sun C., Chen Z.** *Analysis of spinopelvic sagittal alignment in patients with thoracic and thoracolumbar angular kyphosis.* Spine 2013; 38,13: E813–E818.

**Mac-Thiong J. M., Berthonnaud E., Dimar J., Betz R. R., Labelle H.** *Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth.* Spine 2004; 29,15: 1642–1647.

**Mac-Thiong J. M., Labelle H., Roussouly P.** *Pediatric sagittal alignment.* European Spine Journal 2011; 20 (Suppl 5): 586–590.

**Mac-Thiong J. M., Roussouly P., Berthonnaud E., Guigui P.** *Sagittal parameters of global spinal balance: normative values from a prospective cohort of seven hundred nine Caucasian asymptomatic adults*. Spine 2010; 35,22: E1193–1198.

**Mangione P., Gomez D., Senegas J.** *Study of the course of the incidence angle during growth.* European Spine Journal 1997; 6,3: 163–7.

**Marty C., Boisaubert B., Descamps H., Montigny J. P., Hecquet J., Legaye J., Duval-Beaupère G.** *The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients.* European Spine Journal 2002; 11,2: 119–125.

**Mays S.** *Spondylolysis, spondylolisthesis, and lumbo-sacral morphology in a medieval English skeletal population.* American Journal of Physical Anthropology 2006; 131,3: 352–362.

**Morel E., Ilharreborde B., Lenoir T., Hoffmann E., Vialle R., Rillardon L., Guigui P.** *Sagittal balance of the spine and degenerative spondylolisthesis.* Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique 2006; 91,7: 615–626.

**Peleg S., Dar G., Medlej B., Steinberg N., Masharawi Y., Latimer B., Jellema L., Peled N., Arensburg B., Hershkovitz I.** *Orientation of the human sacrum: anthropological perspectives and methodological approaches*. American Journal of Physical Anthropology 2007; 133,3: 967–977.

**Rajnics P., Pomero V., Templier A., Lavaste F., Illes T.** *Computer-assisted assessment of spinal sagittal plane radiographs.* Journal of Spinal Disorders & Techniques 2001; 14,2: 135–142.

**Rose P. S., Bridwell K. H., Lenke L. G., Cronen G. A., Mulconrey D. S., Buchowski J. M., Kim Y. J.** *Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy.* Spine 2009; 34,8: 785–791.

**Roussouly P., Gollogly S., Berthonnaud E., Labelle H., Weidenbaum M.** *Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5-S1 isthmic lysis and lowgrade spondylolisthesis.* Spine 2006; 31,21: 2484–2490.

**Schwab F., Lafage V., Boyce R., Skalli W., Farcy J. P.** *Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position.* Spine 2006; 31,25: E959–967.

**Mangione P., Gomez D., Senegas J.** *Study of the course of the incidence angle during growth.* European Spine Journal 1997; 6,3: 163–7.

**Marty C., Boisaubert B., Descamps H., Montigny J. P., Hecquet J., Legaye J., Duval-Beaupère G.** *The sagittal anatomy of the sacrum among young adults, infants, and spondylolisthesis patients.* European Spine Journal 2002; 11,2: 119–125.

**Mays S.** *Spondylolysis, spondylolisthesis, and lumbo-sacral morphology in a medieval English skeletal population.* American Journal of Physical Anthropology 2006; 131,3: 352–362.

**Morel E., Ilharreborde B., Lenoir T., Hoffmann E., Vialle R., Rillardon L., Guigui P.** *Sagittal balance of the spine and degenerative spondylolisthesis.* Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique 2006; 91,7: 615–626.

**Peleg S., Dar G., Medlej B., Steinberg N., Masharawi Y., Latimer B., Jellema L., Peled N., Arensburg B., Hershkovitz I.** *Orientation of the human sacrum: anthropological perspectives and methodological approaches*. American Journal of Physical Anthropology 2007; 133,3: 967–977.

**Rajnics P., Pomero V., Templier A., Lavaste F., Illes T.** *Computer-assisted assessment of spinal sagittal plane radiographs.* Journal of Spinal Disorders & Techniques 2001; 14,2: 135–142.

**Rose P. S., Bridwell K. H., Lenke L. G., Cronen G. A., Mulconrey D. S., Buchowski J. M., Kim Y. J.** *Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy.* Spine 2009; 34,8: 785–791.

**Roussouly P., Gollogly S., Berthonnaud E., Labelle H., Weidenbaum M.** *Sagittal alignment of the spine and pelvis in the presence of L5-S1 isthmic lysis and lowgrade spondylolisthesis.* Spine 2006; 31,21: 2484–2490.

**Schwab F., Lafage V., Boyce R., Skalli W., Farcy J. P.** *Gravity line analysis in adult volunteers: age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters, and foot position.* Spine 2006; 31,25: E959–967.

**Sturesson B., Uden A., Vleeming A.** *A radiostereometric analysis of the movements of the sacroiliac joints in the reciprocal straddle position.* Spine 2000 a; 25,3: 214–217.

**Sturesson B., Uden A., Vleeming A.** *A radiostereometric analysis of movements of the sacroiliac joints during the standing hip flexion test.* Spine 2000 b; 25,3: 364–368.

**Tardieu C., Bonneau N., Hecquet J., Boulay C., Marty C., Legaye J., Duval-Beaupère G.** *How is sagittal balance acquired during bipedal gait acquisition? Comparison of neonatal and adult pelves in three dimensions. Evolutionary implications.* Journal of Human Evolution 2013; 65,2: 209–22.

**Tyrakowski M., Janusz P., Mardjetko S., Kotwicki T., Siemionow K.** *Comparison of radiographic sagittal spinopelvic alignment between skeletally immature and skeletally mature individuals with Scheuermann's disease*. European Spine Journal 2015; 24,6: 1237–1243.

**Tyrakowski M., Mardjetko S., Siemionow K.** *Radiographic spinopelvic parameters in skeletally mature patients with Scheuermann's disease*. Spine 2014; 39,18: E1080–E1085.

**Tyrakowski M., Wojtera-Tyrakowska D., Siemionow K.** *Influence of pelvic rotation on pelvic incidence, pelvic tilt, and sacral slope.* Spine 2014; 39,21: E1276–1283.

**Tyrakowski M., Yu H., Siemionow K.** *Pelvic incidence and pelvic tilt measurements using femoral heads or acetabular domes to identify centers of the hips: comparison of two methods.* European Spine Journal 2015; 24,6: 1259–1264.

**Vaz G., Roussouly P., Berthonnaud E., Dimnet J.** *Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine.* European Spine Journal 2002; 11,1: 80–87.

**Vialle R., Levassor N., Rillardon L., Templier A., Skalli W., Guigui P.** *Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects.* The Journal of bone and joint surgery (American volume) 2005; 87,2: 260–7.

**Vrtovec T., Janssen M. M., Likar B., Castelein R. M., Viergever M. A., Pernuš F.**

**Sturesson B., Uden A., Vleeming A.** *A radiostereometric analysis of the movements of the sacroiliac joints in the reciprocal straddle position.* Spine 2000 a; 25,3: 214–217.

**Sturesson B., Uden A., Vleeming A.** *A radiostereometric analysis of movements of the sacroiliac joints during the standing hip flexion test.* Spine 2000 b; 25,3: 364–368.

**Tardieu C., Bonneau N., Hecquet J., Boulay C., Marty C., Legaye J., Duval-Beaupère G.** *How is sagittal balance acquired during bipedal gait acquisition? Comparison of neonatal and adult pelves in three dimensions. Evolutionary implications.* Journal of Human Evolution 2013; 65,2: 209–22.

**Tyrakowski M., Janusz P., Mardjetko S., Kotwicki T., Siemionow K.** *Comparison of radiographic sagittal spinopelvic alignment between skeletally immature and skeletally mature individuals with Scheuermann's disease*. European Spine Journal 2015; 24,6: 1237–1243.

**Tyrakowski M., Mardjetko S., Siemionow K.** *Radiographic spinopelvic parameters in skeletally mature patients with Scheuermann's disease*. Spine 2014; 39,18: E1080–E1085.

**Tyrakowski M., Wojtera-Tyrakowska D., Siemionow K.** *Influence of pelvic rotation on pelvic incidence, pelvic tilt, and sacral slope.* Spine 2014; 39,21: E1276–1283.

**Tyrakowski M., Yu H., Siemionow K.** *Pelvic incidence and pelvic tilt measurements using femoral heads or acetabular domes to identify centers of the hips: comparison of two methods.* European Spine Journal 2015; 24,6: 1259–1264.

**Vaz G., Roussouly P., Berthonnaud E., Dimnet J.** *Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine.* European Spine Journal 2002; 11,1: 80–87.

**Vialle R., Levassor N., Rillardon L., Templier A., Skalli W., Guigui P.** *Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects.* The Journal of bone and joint surgery (American volume) 2005; 87,2: 260–7.

**Vrtovec T., Janssen M. M., Likar B., Castelein R. M., Viergever M. A., Pernuš F.**

*A review of methods for evaluating the quantitative parameters of sagittal pelvic alignment*. The Spine Journal 2012; 12,5: 433–446. **Whitesides T., Horton W., Hutton W., Hodges L.** *Spondylolytic spondylolisthesis: a study of pelvic and lumbosacral parameters of possible etiologic effect in two genetically and geographically distinct groups with high occurrence.* Spine 2005; 30,6S: S12–21. **Zhu Z., Xu L., Zhu F., Jiang L., Wang Z., Liu Z., Qian B. P., Qiu Y.** *Sagittal alignment of spine and pelvis in asymptomatic adults: norms in Chinese populations*. Spine 39,1;1; 2014: E6–1.

*Author responsible for correspondence: Marcin Tyrakowski, ul. Konarskiego 13, 05-400 Otwock, Polska, tel. 22 779 403, e-mail: marcintyrak@gmail.com*

*A review of methods for evaluating the quantitative parameters of sagittal pelvic alignment*. The Spine Journal 2012; 12,5: 433–446. **Whitesides T., Horton W., Hutton W., Hodges L.** *Spondylolytic spondylolisthesis: a study of pelvic and lumbosacral parameters of possible etiologic effect in two genetically and geographically distinct groups with high occurrence.* Spine 2005; 30,6S: S12–21. **Zhu Z., Xu L., Zhu F., Jiang L., Wang Z., Liu Z., Qian B. P., Qiu Y.** *Sagittal alignment of spine and pelvis in asymptomatic adults: norms in Chinese populations*. Spine 39,1;1; 2014: E6–1.

*Autor do korespondencji: Marcin Tyrakowski, ul. Konarskiego 13, 05-400 Otwock, Polska, tel. 22 779 403, e-mail: marcintyrak@gmail.com*