

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**2. LÉKAŘSKÁ FAKULTA**

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

**Michael Strych**

**FYZIOLOGICKÉ ZAKŘÍVENÍ PÁTEŘE DÍTĚTE DO  
ČTYŘ LET VĚKU**

Bakalářská práce

Praha 2021

Autor práce: **Michael Strych**

Vedoucí práce: **PhDr. Marcela Šafářová, PhD.**

Oponent práce: **Mgr. Lenka Oplatková**

Datum obhajoby: **2021**

# **Bibliografický záznam**

STRYCH, Michael, *Fyziologické zakřivení páteře dítěte do čtyř let věku*. Praha: Univerzita Karlova, 2. lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství, 2021, 92 s. Vedoucí bakalářské práce PhDr. Marcela Šafářová, Ph.D.

## **Abstrakt**

Vyváženého vzpřímeného držení těla se dosáhne, pokud je páteř, kost křížová a pánev v rovnováze a v takovém nastavení, aby byl minimalizován energetický výdej a zároveň zachována vzpřímená poloha. Zakřivení páteře zvyšuje nejen její pružnost, ale také její pevnost. Cílem této bakalářské práce bylo popsání fyziologického vývoje zakřivení páteře dítěte do čtyř let věku a porovnání zjištěných informací s parametry naměřenými na probandech v rámci praktické části této práce.

Rešeršní část práce popisuje vývoj fyziologického zakřivení páteře dítěte do čtyř let věku dle dostupné literatury rozdělený na vývoj jednotlivých křivek páteře. U každé křivky jsou uvedeny hlavní faktory formující a ovlivňující fyziologické zakřivení páteře a vzájemné vztahy mezi křivkami.

Praktická část je věnována měřením zakřivení páteře dětí z fotografické dokumentace softwarem SCODIAC 2.3. Bylo využito měření sagitálního zakřivení páteře dle Stolinského. Je zkoumána velikost hrudní kyfózy, bederní lordózy a sakrálního sklonu. Studie zahrnovala 10 probandů ve věku od dvou do šesti let (6 dívek a 4 chlapce).

## **Klíčová slova**

sagitální zakřivení páteře, krční lordóza, hrudní kyfóza, bederní lordóza, sakrální kyfóza, dítě do čtyř let věku

## **Bibliographical record**

STRYCH, Michael, *The physiological curvature of the spine at infants in the first four four years of life*. Prague: Charles University, 2nd Faculty of Medicine, 2021, 92 p. Supervisor PhDr. Marcela Šafářová, Ph.D.

## **Abstract**

A balanced upright body holder is achieved when the spine, sacrum and pelvis are in balance and in such a setting that energy expenditure is minimized while maintaining an upright position. The curvature of the spine increases not only its flexibility but also its strength. The aim of this bachelor thesis was to describe the physiological development of the curvature of the spine of a child under four years of age and to compare the processed information with the parameters measured on probands in the practical part of this work.

The research part of the thesis describes the development of physiological curvature of the spine of a child under four years of age according to the available literature divided into the development of individual curves of the spine. For each curve, the main factors shaping and influencing the physiological curvature of the spine and the interrelationships between the curves are given.

The practical part is devoted to measuring the curvature of the spine of children from the photographic documentation of SCODIAC 2.3 software. The measurement of sagittal curvature of the spine according to Stolinsky was used. The size of thoracic kyphosis, lumbar lordosis and sacral slope is investigated. The study included 10 probands aged two to six years (6 girls and 4 boys).

## **Keywords**

sagittal spine curvature, spine alignment, cervical lordosis, thoracic kyphosis, sacral kyphosis, child under four years of age

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně pod vedením PhDr. Marcely Šafářové Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 2. 5. 2021

Michael Strych

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval PhDr. Marcele Šafářové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, za cenné rady, zkušenosti, připomínky a veškerou pomoc. Moc bych chtěl poděkovat všem probandům, kteří se účastnili studie v rámci praktické části, a hlavně jejich rodičům, pro jejich trpělivost a ochotu pomoci.

# OBSAH

<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>9</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>1. PÁTEŘ.....</b>	<b>11</b>
1.1 Biomechanika páteře .....	12
1.2 Křivky páteře .....	13
1.2.1 Krční a bederní lordóza .....	14
1.2.1.1 Krční lordóza .....	14
1.2.1.2 Bederní lordóza .....	15
1.2.2 Kyfóza .....	17
1.2.2.1 Hrudní kyfóza .....	17
1.2.2.1 Sakrální kyfóza .....	18
1.3 Vývoj zakřivení páteře.....	18
1.3.1 Vývoj krční lordózy.....	18
1.3.2 Vývoj hrudní kyfózy .....	20
1.3.3 Vývoj bederní lordózy.....	21
1.3.3.1 Vývoj bederní lordózy od narození do dvou let.....	21
1.3.3.2 Vývoj bederní lordózy od 2 do 4 let .....	23
1.4 Význam ischio-iliacální lordózy pro bipedalismus.....	23
1.5 Význam bederní lordózy pro bipedalismus .....	25
1.6 Vztah sakrálního sklonu a bederní lordózy.....	27
1.6.1 Typy lordóz ve vztahu k sakrálnímu sklonu.....	27
1.6.1.1 Typ 1. (Obrázek 14).....	27
1.6.1.2 Typ 2. (Obrázek 15).....	27
1.6.1.3 Typ 3. (Obrázek 16).....	28
1.6.1.4 Typ 4. (Obrázek 17).....	28
1.7 Vztah pánevní incidence a zakřivení páteře.....	29
1.8 Faktory podílející se na velikosti bederní lordózy .....	30
1.8.1 Věk .....	30
1.8.2 Pohlaví.....	30
1.8.3 Výška a váha .....	30
1.8.4 Těhotenství.....	31
1.8.5 Etnika .....	31
1.8.6 Dědičnost.....	32
1.8.7 Svaly a bederní lordóza .....	32
1.8.8 Sport .....	33
<b>2. PRENATÁLNÍ OBDOBÍ.....</b>	<b>35</b>

2.1 Průběh vývoje .....	35
2.2 Vývoj zakřivení páteře v prenatálním období.....	35
2.2.1 Prenatální vývoj sekundární krční lordózy .....	36
2.2.2 Prenatální vývoj sekundární bederní lordózy – lumbosakrální lordóza.....	37
<b>3. POSTNATÁLNÍ VÝVOJ .....</b>	<b>40</b>
3.1 Vztah zakřivení, rotace páteře a posturální aktivity v období prvního trimenonu.....	40
3.1.1 Vliv autochtonní muskulatury na zakřivení páteře v období prvního trimenonu .....	43
3.2 Vztah posturální aktivity, zakřivení a rotace páteře v druhém trimenonu .....	44
3.2.1 Vliv autochtonní muskulatury na zakřivení páteře v období druhého trimenonu.....	47
3.3 Vztah zakřivení, rotace páteře a posturální aktivity ve třetím trimenonu .....	48
3.4 Vztah zakřivení, rotace páteře a posturální aktivity ve vzpřímené poloze .....	50
3.4.1 Období 12.–24. měsíců.....	50
3.4.2 Období 24.–36. měsíců.....	53
3.4.3 Období 36.–48. měsíců.....	53
<b>4. METODIKA PRÁCE .....</b>	<b>55</b>
4.1 Charakteristika souboru .....	55
4.2 Metodika měření .....	55
4.3 SCODIAC 2.3 .....	55
4.4 Měření sagitálního zakřivení páteře podle Stolinského .....	56
<b>5. CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>58</b>
<b>6. VÝSLEDKY .....</b>	<b>59</b>
<b>7. DISKUZE .....</b>	<b>61</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERENČNÍ SEZNAM .....</b>	<b>74</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>86</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>87</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>88</b>



## SEZNAM ZKRATEK

LL	bederní lordóza
m.	musculus
mm.	musculi
TK	hrudní kyfóza

## ÚVOD

Páteř je osová kostra trupu. Představuje nosnou oporu a pohybový pilíř celého těla. Vyváženého vzpřímeného držení těla se dosáhne, pokud je páteř, kost křížová a pánev v rovnováze a v takovém nastavení, aby byl minimalizován energetický výdej a zároveň zachována vzpřímená poloha (Shefi et al., 2013). Zakřivení páteře zvyšuje nejen její pružnost, ale také její pevnost. Při uspořádání obratlů do 2 kyfóz a 2 lordóz je páteř 17x pevnější, než kdyby ji tvořil jediný oblouk (Dylevský, 2009). Páteřní křivky hrají významnou roli při lokomoci tím, že pohlcují nárazy, protože se přirozeně zplošťují a zvýrazňují (Adams, Dolan, 2015). Proto je podstatné, aby bylo co nejlépe zachováno její fyziologické zakřivení.

Fyziologické zakřivení páteře je základní součástí vzhledu a funkce lidského těla. U některých poruch páteře lze pozorovat poruchu pouze v sagitální rovině (tj. Morbus Scheurmann nebo spondyloistéza), zatímco u jiných, jako u idiopatické skoliózy, může deformovat páteř ve všech třech rovinách. Všechny léčebné metody zaměřené na deformaci páteře by neměly zahrnovat pouze korekci frontální a transverzální roviny, ale i sagitálního zakřivení (Cil et al., 2005).

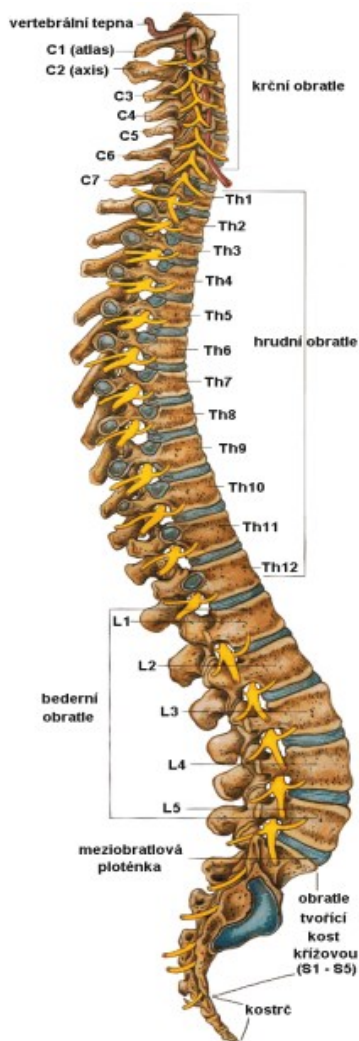
V této bakalářské práci jsou uvedeny dostupné informace o fyziologickém zakřivení páteře dítěte do čtyř let, o vývoji, významu a velikosti jednotlivých křivek. Dále jsou zmíněny základní informace o páteři. V praktické části je hodnocena velikost zakřivení páteře (hrudní kyfóza, bederní lordóza, sakrální sklon) vertikalizovaných dětí do čtyř let a dětí ve věku pěti až šesti let pomocí software SCODIAC 2.3.

# 1. PÁTEŘ

Páteř je osová kostra trupu. Tvoří nosnou oporu a pohybový pilíř celého těla. Páteř je spojena s hrudním košem, na který je fixován pletenec horních končetin, a s pánví, s níž komunikují dolní končetiny. Skládá se z 33–34 obratlů. Dle části páteře, ve které se obratle nacházejí, rozlišujeme jednotlivé segmenty páteře. Dle Čiháka se páteř rozděluje na 7 obratlů krčních, 12 hrudních, 5 bederních, 5 obratlů křížových, které druhotně splývají v kost křížovou, a 4–5 obratlů kostrčních srůstajících v kostrč (Čihák, 2011). Dle Naika je lidská páteř rozdělena na krční (7 obratlů C1–C7), hrudní (12 obratlů T1–T12) a bederní (5 obratlů L1–L5) část nasedající na kost křížovou (Naik et al., 2016).

Páteř bývá dlouhá 70 až 75 centimetrů a tvoří až 40 % délky těla. Na páteř jsou napojena žebra a má tedy významnou roli při dýchání. Nese hmotnost hlavy a celé části těla nad bedry a tuto hmotnost přenáší na pánev a dolní končetiny. Páteřním kanálem prochází mícha a mezi obratli vystupují míšní nervy (Vokurka, 2004).

Páteř je složená z obratlů navzájem propojených pevnými, avšak pohyblivými spoji. Sama o sobě by páteř byla volná a nestabilní věž, která by se bez dynamické podpory sítě vazů a svalů zhroutila. Obratle se skládají z těla tvořícího nosnou část a zadních prvků, které chrání míchu a umožňují uchycení svalů a vazů (Naik et al., 2016).



Obrázek 1 – Anatomie páteře (Čihák, 2011)

## 1.1 Biomechanika páteře

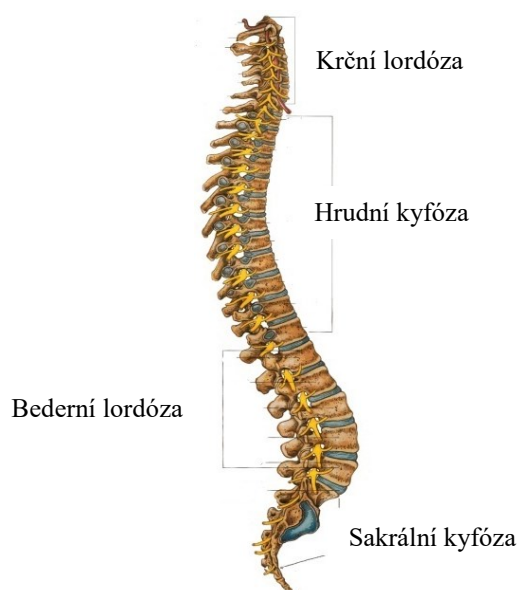
Páteř má 3 hlavní funkce – nosnou, pohybovou a protektivní. Funkční spinální jednotka je tvořena dvěma přilehlými obratli, meziobratlovou ploténkou, vazy a v oblasti hrudní páteře kostovertebrálními skloubeními. Páteř se v zatížení chová jako 2 sloupce. Přední kompresní sloupec je tvořen obratlovým tělem a intervertebrálním diskem, který funguje jako tlumič. Zadní sloupec zahrnuje pedikly, oblouky, vazy, kloubní a trnové výběžky, které jsou při zátěži namáhány v tahu. V roce 1983 tuto teorii rozšířil Denis, který rozdělil páteř do 3 sloupců, přičemž rozhodující faktor pro stabilitu páteře a ochranu

nervových struktur přisoudil střednímu sloupci složenému ze zadní části obratlového těla, zadní části disku a ligamentum longitudinale posterius (Dungl, 2014).

Zakřivení páteře zvyšuje nejen její pružnost, ale také její pevnost. Při uspořádání obratlů do 2 kyfóz a 2 lordóz je páteř 17x pevnější, než kdyby ji tvořil jediný oblouk (Dylevský, 2009). Páteřní křivky tedy hrají významnou roli při lokomoci tím, že pohlcují nárazy, protože se přirozeně zplošťují a zvýrazňují. Stabilitu zajišťuje svalstvo trupu. Šlachy těchto svalů mají velkou schopnost ukládat energii a tím šlachy paraspinálních svalů mohou fungovat jako tlumiče nárazů (Adams, Dolan, 2015).

## 1.2 Křivky páteře

Zakřivení páteře můžeme rozdělit na primární a sekundární. Mezi primární zakřivení patří hrudní a sakrální kyfóza a sekundární zakřivení představuje krční a bederní lordóza (Čihák, 2011). Hrudní a sakrální kyfóza jsou označovány jako primární křivky páteře, jelikož jsou přítomné již v prenatálním vývoji (Neumann, 2010).



Obrázek 2 – Fyziologické zakřivení páteře (Čihák, 2011)

### 1.2.1 Krční a bederní lordóza

Lordóza je obloukovité zakřivení směřující dopředu patřící mezi sekundární zakřivení páteře. Rozlišujeme krční a bederní lordózu. Na vývoji lordóz se uplatňuje tah svalů, resp. především zádových svalů. Důležitou roli zaujímá rovněž váha krčních a břišních orgánů, které působí tahem za páteř dopředu a dolů. Dále mají vliv rozdíly ve výšce intervertebrálních disků ve své přední a zadní části (Čihák, 2011). Až do 6 let nejsou lordózy fixovány, proto vleže při přitisknutí těla k podložce mizí (Lippert, 2011). Kompenzací lordóz je mezi nimi nacházející se hrudní kyfóza, která v tomto páteřním úseku přetrvává z novorozeneckého období (Čihák, 2011).

#### 1.2.1.1 Krční lordóza

Krční lordóza se nachází v krčním segmentu páteře (C1–C7) a její průměrná velikost je 20°–35° (Nojiri et al., 2003; Hald et al., 1995). Krční lordóza je úhel mezi obratlem C1 a dolním okrajem obratle C7. Celková krční lordóza je úhel mezi foramen magnum a dolním okrajem C7 (Been et al., 2017). Největší podíl na celkové krční lordóze má její horní část (atlanto-okcipitální skloubení – C2). Spodní část křivky je charakteristická velkou variabilitou. V adolescenci se lordotické zakřivení v horní části zvětšuje a v dolní části se naopak oplošťuje, a proto celkový úhel lordózy zůstává stejný (Abelin-Genevois et al., 2014).

Mění se tvar obratlových těl C3, C4 a C5. Původně byly klínovité s rovnou spodní terminální plochou, v adolescenci se však přibližují tvaru obdélníku s konkávní spodní terminální plochou. Jsou patrné rozdíly ve velikosti krční lordózy mezi pohlavími, přičemž větších hodnot nabývá u chlapců. Příčinou je pravděpodobně vliv pohlavních hormonů na ligamentum longitudinale posterius, jež je u dívek poddajnější, a proto mají větší tendenci

k flexi zejména v oblasti C2–C4 a navíc u nich rozvoj krční páteře začíná dříve (Henriques dos Santos et al., 2010).

### 1.2.1.2 Bederní lordóza

Bederní lordóza (Obrázek 3) se nachází v lumbálním segmentu páteře (L1-L5) a její fyziologický rozsah je mezi 40°–60°. Lumbální lordóza obvykle začíná na úrovni obratlů L1–L2 a postupně se zvyšuje každým kaudálním segmentem směrem ke křížové kosti, přičemž vrchol bederní lordózy je obvykle v úrovni meziobratlové ploténky L3-L4 (Bernhard, Birdwell, 1989). Dle Wambolta a Spencera (1987) je průměrná lordóza 59°, kdy byla měřena v rozsahu od meziobratlové destičky T12 a horní hranou os sacrum. Stagnara et al. (1982) uvádějí rozsah bederní lordózy mezi 33°–79°, měřeno od vrcholu L1 k horní hraně kosti křížové a od 18° do 69° při měření od vrcholu L1 k spodní hraně L5. Propst-Proctor et al (1983) preferovali měření lordózy od vrcholu L1 ke spodní hraně L5 a při tomto měření stanovili fyziologický rozsah od 20° do 60°.

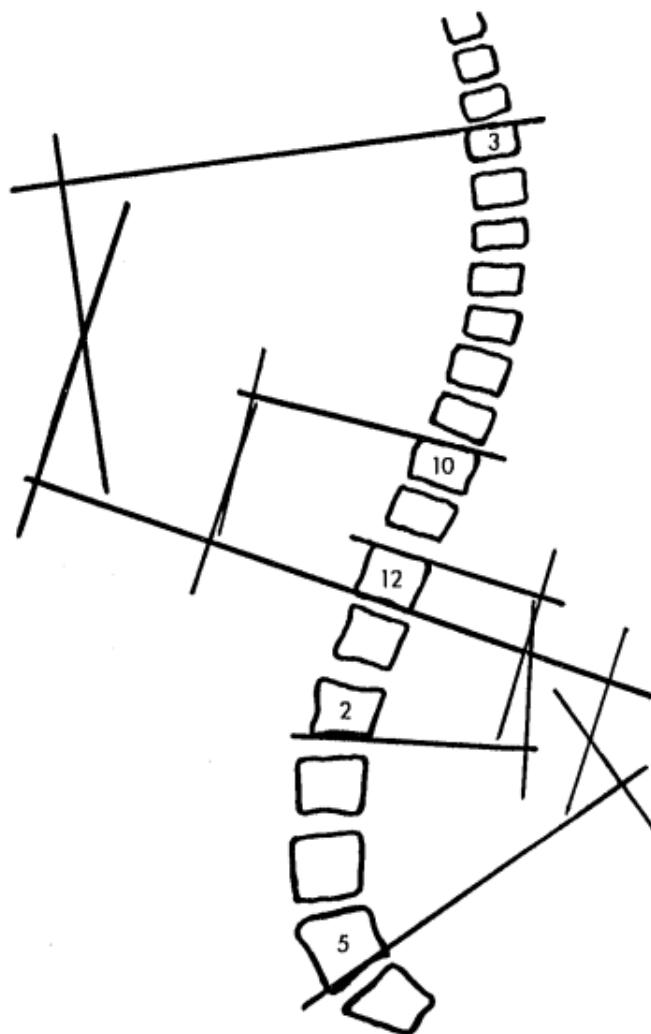
Bederní lordóza je tvořena 5 bederními obratli, přičemž L5 přispívá k celkové lordóze ze 40 %, zatímco obratel L1 se na zakřivení podílí jenom 5 % (Been, Kalichman, 2014). Dorzální klínovitý tvar obratlových těl a meziobratlových plotének (přední část delší než zadní) zvyšuje úhel lordózy, naopak ventrální klínovitý tvar těchto struktur (přední část kratší než zadní) zmenšuje úhel lordózy (Liu H et al., 2016). Větší bederní lordóza je velmi často spojena s větší hrudní kyfózou, s více horizontalizovaným sakrem a větší hodnotou *pelvic tilting*<sup>1</sup> a pánevní incidience<sup>2</sup> (Been, Kalichman, 2014). Byly však popsány případy zvýšené bederní lordózy se sníženou hrudní kyfózou (Roussouly, Nnadi, 2010; Schwab F et al., 2010; Ostrowska et al., 2003). Úhel lordózy rovněž koreluje

---

<sup>1</sup> pelvic tilting = definován jako úhel mezi spojnicí procházející středem sakrální desky (S1) a středem hlavičky femuru a kolmicí procházející středem hlavičky femuru (Legaye et al., 1998)

<sup>2</sup> pánevní incidience je algebraický součet sakrálního sklonu a *pelvic tilting* (Legaye et al., 1998)

s náklonem kloubních ploch processus articularis inferior, které mají při větší lordóze horizontálnější sklon ve vztahu k obratlovým tělům. Rozvoj bederní lordózy probíhá nejintenzivněji do 3. roku života, avšak menším tempem pokračuje až do adolescence (Been, Kalichman, 2014). V raném věku ho ovlivňuje zejména tvar obratlů, později je lordóza určena tvarem meziobratlových destiček – v adolescenci z 80 % a v dospělosti až z 89 % (Shefi et al., 2013). Větší úhel zakřivení lordózy se průměrně vyskytuje častěji u žen a svrchní část křivky je lokalizovaná více dorzálně a její vrchol je umístěn kaudálněji (Hay et al., 2015). Ženy mají lordotičtější tvar obratlových těl než muži (Been et al., 2010).



Obrázek 3 – Znázornění hrudní kyfózy, torakolumbálního přechodu a bederní lordózy při měření dle Cobbovi metody (Bernhard, Birdwell, 1989)



## 1.2.2 Kyfóza

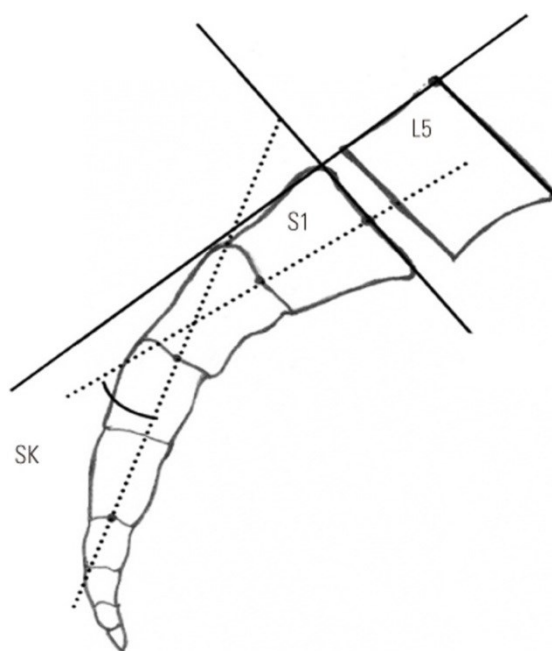
Kyfóza (Obrázek 3) je konvexní zakřivení v sagitální rovině patřící mezi primární zakřivení páteře (Čihák, 2011). Hrudní a sakrální kyfóza jsou označovány jako primární křivky páteře, jelikož jsou přítomné již v prenatálním vývoji (Neumann, 2010). Na rozdíl od lordózy není aktivně utvářena svaly, ale je pozůstatkem po původním kyfotickém zakřivení celé páteře (Čihák, 2011).

### 1.2.2.1 Hrudní kyfóza

Hrudní kyfóza se nachází v hrudním segmentu páteře (T1–T12) a její fyziologický rozsah je mezi 20°–40°. Kyfóza obvykle začíná na úrovni obratlů T1–T2 a postupně se zvyšuje s každým kaudálním segmentem až do úrovně vrcholu kyfózy, který bývá obvykle lokalizovaný kolem disku T6–7. Po dosažení vrcholu se kyfóza postupně snižuje až do úrovně torakolumbálního přechodu, který představuje přechod mezi hrudní kyfózou a bederní lordózou (Bernhardt, Bridwell, 1989). Dorzální klínovitý tvar obratlových těl a meziobratlových plotének (přední část delší než zadní) snižuje úhel kyfózy, naopak ventrální klínovitý tvar těchto struktur (přední část kratší než zadní) zvyšuje úhel kyfózy (Liu H et al., 2016). Hrudní kyfóza je více ovlivněna tvarem obratlů a v menší míře tvarem meziobratlových plotének (Been et al., 2010). Stagnara et al. (1982) stanovili normální rozsah kyfózy mezi 30°–50° s průměrem 37°. Fon et al. (1980) popisují normální rozsah hrudní kyfózy v závislosti dle věku a pohlaví a zjistili, že ženy mají o něco větší kyfózu a také, že kyfóza měla tendenci se s věkem mírně zvětšovat, přičemž horní hranice normální kyfózy u starších dospělých byla až 56°.

### 1.2.2.1 Sakrální kyfóza

Sakrální kyfóza (Obrázek 4) se v průběhu života moc nemění, neboť vzniká srůstem několika sakrálních obratlů v os sacrum (Čihák, 2011). Sakrální kyfóza je definována jako úhel mezi přímkou spojující střed horní a dolní hrany S1 a přímkou spodní hrany S2 a S4 (McKay et al., 2018).



Obrázek 4 – Znázornění sakrální kyfózy (McKay et al., 2018)

## 1.3 Vývoj zakřivení páteře

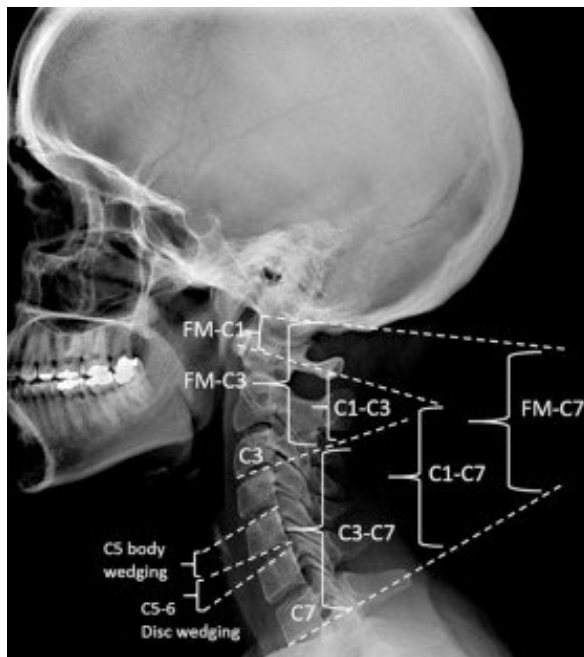
### 1.3.1 Vývoj krční lordózy

Vývoj cervikální lordózy začíná již během nitroděložního vývoje (Bagnall et al., 1977). Klinicky se projevuje postnatálně ve 3. měsíci a nejvýrazněji se projevuje ve věku 9 měsíců při sezení. Cervikální lordóza obvykle klesá od 1 roku do 9 let a poté se zvyšuje v reakci na zvýšenou hrudní kyfózu (Been et al., 2017). Ve věku 14-15 let dosahuje úhel lordózy C3–C7 úhlů podobných dospělým. Ve většině studií (Tecco, Festa, 2007; Juhl et al., 1962; Kasai et al., 1996) nebylo zjištěno rozdíly ve velikosti cervikální lordózy mezi

muži a ženami u mladých a dospělých věkových skupin. Avšak bylo navrženo, že ačkoli celková lordóza (úhel foramen magnum – C7) je u žen a mužů podobná, existují významné rozdíly mezi pohlavími v horní a dolní krční lordóze (Been et al., 2014).

Přestože je celková cervikální lordóza (foramen magnum – C7) u dětí a dospělých jedinců podobná, vnitřní architektura lordózy odhalila některé významné rozdíly mezi těmito dvěma skupinami. Děti mají vyšší cervikální lordózu (C1–C7) než dospělí, ale více kyfotičtější úhel mezi foramen magnum a obratlem C1. Součet klínovitého zakřivení obratlových těl byl u dětí kyfotičtější než u dospělých, zatímco součet klínovitého zakřivení meziobratlových plotének u dětí byl významně více lordotičtější než u dospělých. Během vývoje se meziobratlové ploténky stávají méně lordotickými a zrcadlově se obratlová těla stávají méně kyfotická (Been et al., 2017).

Podobný obraz vidíme u celkové cervikální lordózy u mužů a žen. Hodnoty cervikální lordózy byly podobné, ale lišila se její vnitřní architektura. Ženy měly vyšší horní krční lordózu (foramen magnum – C3, C1–C3) než muži, zatímco muži měli vyšší dolní krční lordózu (C3–C7) než ženy. Vyšší dolní lordóza může odrážet vyšší hrudní kyfózu a vyšší ventrální sklon prvního hrudního obratle. Muži i ženy měli kyfotický klínovitý tvar obratlového těla, avšak muži měli více lordotický tvar meziobratlové ploténky než ženy. Některé z těchto rozdílů byly patrné již u dětí. Dívky měly vyšší horní krční lordózu (foramen magnum – C3, C1–C3) než chlapci, zatímco chlapci již vykazují tendenci k vyšší dolní krční lordóze (C3–C7). Na druhé straně nebyl žádný rozdíl v klínovitém tvaru meziobratlových plotének mezi chlapci a dívkami (Been et al., 2017).



Obrázek 5 – Boční rentgenový snímek znázorňující jednotlivé měřené segmenty cervikální lordózy (Been et al., 2017)

### 1.3.2 Vývoj hrudní kyfózy

Kyfotická křivka hrudní páteře se s věkem zvyšuje zejména v důsledku změn probíhajících v měkkých tkáních a snižováním denzity kostí s přibývajícím věkem. Zvyšování kyfózy souvisí také se zvýšením tlaku na klínovitý tvar obratlů a následné zúžení meziobratlových plotének (Fon et al., 1980).

Bylo prokázáno zvýšení hrudní kyfózy u starší věkové skupiny. Zvýšení hrudní kyfózy se však lišilo mezi pohlavími. Vyšší míra zvětšení kyfózy byla zjištěna u žen. Zjistilo se, že zvýšení kyfózy mezi pohlavími ve starší věkové skupině nebylo způsobeno rozdílem ve stupni klínovitého tvaru jednotlivých obratlů. Existovaly další proměnné související s věkem, které přispívaly ke zvětšení kyfózy, jakožto špatné držení těla a stárnutí měkkých tkání s následnou ztrátou svalového tonu. Další předpoklad je relativní fyzická nečinnost u žen pravděpodobně související s povoláním, která může vést ke snížení

napětí vazů a svalů. Povislá prsa také mohou zvýraznit kyfotickou křivku (Roussouly et al., 2005).

### **1.3.3 Vývoj bederní lordózy**

#### **1.3.3.1 Vývoj bederní lordózy od narození do dvou let**

Byla provedena studie, která se podrobněji zabývala vývojem bederní lordózy v dětském věku. Na základě provedené studie byly znázorněné křivky bederní páteře rozděleny do 5 skupin. U prvního typu křivky (Obrázek 8) byl výrazný lumbosakrální úhel s plynulou, ale výraznou bederní kyfózou. Druhý typ (Obrázek 6) zakřivení měl výrazný lumbosakrální úhel s rovnou bederní páteří s kyfózou začínající v horních segmentech. Třetí typ (Obrázek 7) byl rovný nebo jen mírně kyfotický tvar bederní páteře s výrazným lumbosakrálním úhlem (Obrázek 21). U čtvrtého typu (Obrázek 10) byla již patrná mírná bederní lordóza s výrazným lumbosakrálním úhlem. U pátého typu (Obrázek 9) byla bederní páteř výrazně lordotická s výrazným lumbosakrálním úhlem (Reichmann, Lewin, 1970).

V období od narození do 7 týdnů bylo zjištěno nejvíce probandů s 3. typem. Čtvrtý typ, tedy první náznak bederní lordózy, se poprvé objevil ve věkové skupině 2–6 měsíců a tento typ převažoval až do 14. měsíce. 5. typ se poprvé objevil v rozmezí 7–14 měsíce (Reichmann, Lewin, 1970).

Form I



Obrázek 8 – 1. typ  
(Reichmann, Lewin, 1970)

Form II



Obrázek 6 – 2. typ  
(Reichmann, Lewin, 1970)

Form III



Obrázek 7 – 3. typ  
(Reichmann, Lewin, 1970)

Form IV



Obrázek 10 – 4. typ  
(Reichmann, Lewin, 1970)

Form V



Obrázek 9 – 5. typ  
(Reichmann, Lewin, 1970)

### 1.3.3.2 Vývoj bederní lordózy od 2 do 4 let

Obecně platí, že vyšší segmenty bederní páteře (L1–L3) přispívají méně, zatímco spodní segmenty (L4–L5) více k bederní lordóze. Ve věkové skupině od 2 do 4 let celkově vzroste bederní lordóza v poloze na zádech z 30° na 44° při měření v poloze na zádech. Bylo zjištěno, že nedochází ke změně klínovitého tvaru obratlových těl kaudálních segmentů (L3–L5) s narůstajícím věkem od 2–4 let. (Shefi et al., 2013).

Klínovitý tvar těl obratlů s věkem mírně klesá, naopak klínovitý tvar meziobratlové ploténky narůstá a pozitivně koreluje s věkem. Meziobratlové ploténky jsou čím dál více lordotičtější, a proto mají vliv na bederní lordózu, když dítě roste. Ve věku od 2 do 4 let je příspěvek klínovitého tvaru těl obratlů a disků téměř stejný (53 % obratlová těla:47 % meziobratlové ploténky), avšak u starších věkových skupin přispívají disky 3,5 krát více než těla k bederní lordóze (Shefi et al., 2013).

Vyváženého vzpřímeného držení těla se dosáhne, pokud je páteř, kost křížová a pánev v rovnováze a v takovém nastavení, aby byl minimalizován energetický výdej a zároveň zachována vzpřímená poloha. Sousední anatomické oblasti páteře a pánve jsou vzájemně závislé a jejich vztahy mají za následek stabilní a vyvážené držení těla. Pokud tomu tak není, může dojít ke změně rovnováhy páteře (Shefi et al., 2013).

## 1.4 Význam ischio-iliacální lordózy pro bipedalismus

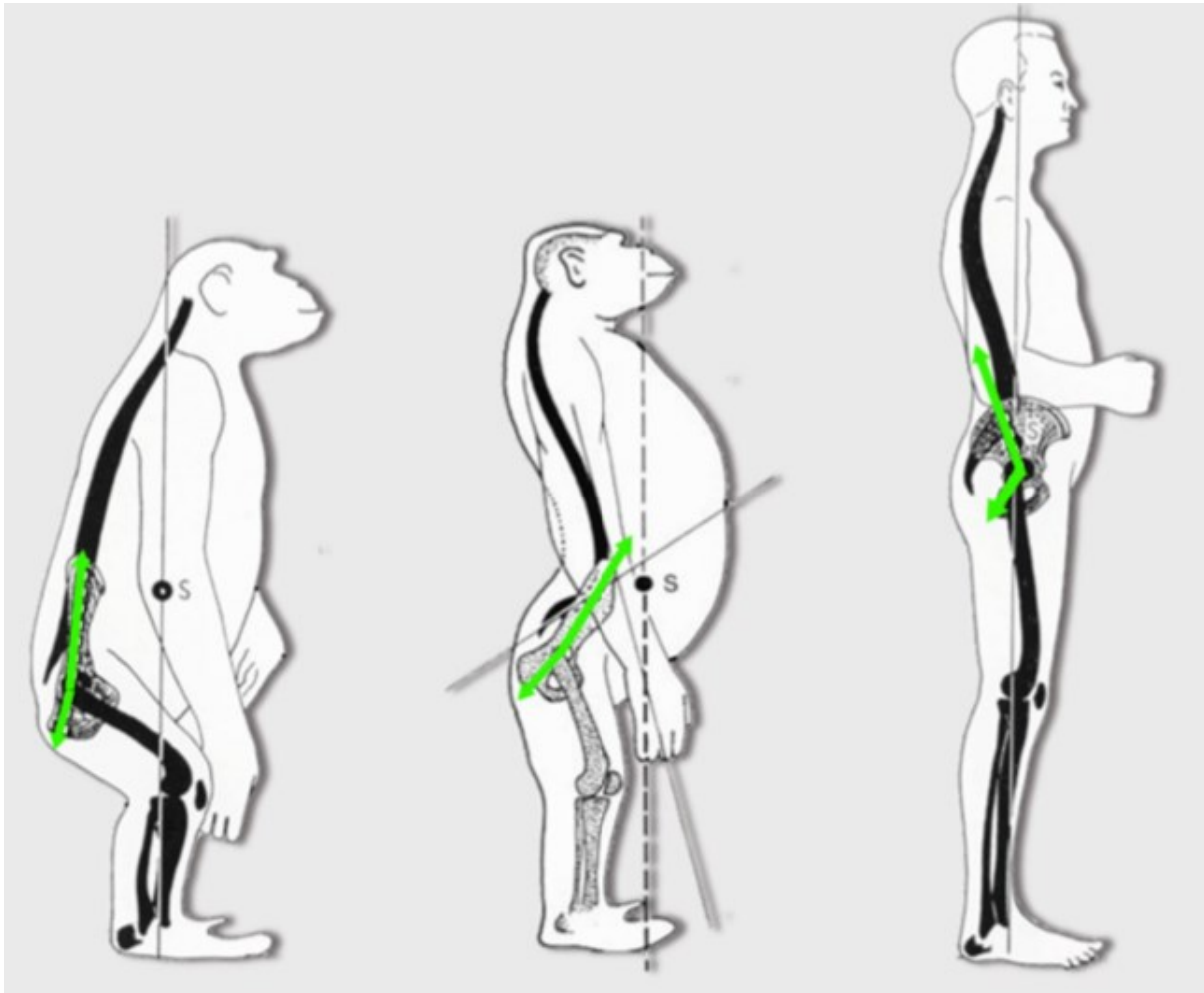
Lidský bipedalismus je jedinečný tím, že člověk chodí vzpřímeně. Vzpřímená bipedální chůze je spojena s kývavým pohybem končetin a současnou extenzí kyčle a kolene. Tyto pohybové komponenty lidského bipedalismu vedly ke vzniku napřímené páteře ve tvaru dvojitého S. Již u raných homiditů bylo zjištěno, že lordotické zakřivení kyčelní kosti vzhledem k ischium v kombinaci se zkrácením kosti kyčelní umožnilo

rovnovážnou svislou polohu lidské páteře. Váha horní části těla byla nesena přímo nad pánví, zatímco potenciál pro extenzi femuru byl zachován nezměněnou orientací ischia (Schlösser et al., 2014).

Dokonce ani u nejbližších příbuzných člověka není téměř žádné lordotické zakřivení mezi ischiem a iliem. Pokud se primát snaží stát vzpřímeně, trup se jednoduše otáčí nad hlavicemi stehenních kostí do bodu, kdy ischium směřuje téměř kolmo dolů. Ischium však představuje rameno páky pro ischiofemorální svaly a hraje důležitou roli při extenzi v kyčli. Ve vzpřímené poloze s ischiem směřujícím kolmo dolů, dochází k vyčerpání extensorů v době, kdy je stehenní kost vertikálně. Pro příležitostnou bipedální lokomoci potřebují primáti typické držení těla s flektovanými kyčlemi a koleny, což vede k tomu, že trup je před hlavicemi stehenních kostí za účelem umístění těžiště horní části těla nad podpěrnými nohami. Pro energeticky efektivní bipedální lokomoci člověka byla lordotické zakřivení kosti kyčelní vzhledem k ischium předpoklad, aby bylo možné chodit vzpřímeně, zatímco byla zachována dostatečná extenze femuru (Schlösser et al., 2014).

Sagitální morfologické parametry pánve, ischio-ilioacální úhel a pánevní incidence, se výrazně zvyšují během pediatrického dospívání a v dospělosti se stávají relativně konstantními. Vzhledem ke vztahu mezi ischio-iliakálním zakřivením a pánevní incidencí a dříve zjištěnému vztahu mezi pánevní incidencí a bederní lordózou, ischio-iliakální lordóza může být považována za harmonickou návaznost na bederní lordózu (Schlösser et al., 2014).





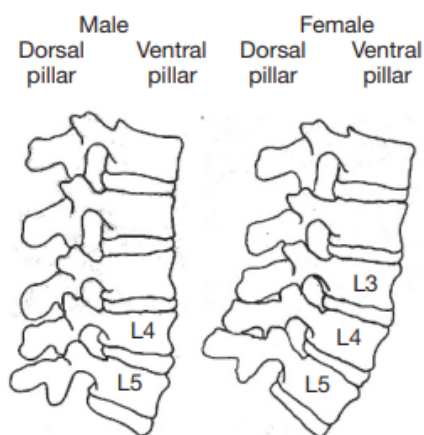
Obrázek 11 – Znárodnění vzpřimené polohy u homiditů a člověka (Schlosser et al., 2014)

## 1.5 Význam bederní lordózy pro bipedalismus

Lidská osová kostra vykazuje mnoho adaptací pro bipedalismus včetně prodloužení bederní oblasti a to jak v počtu obratlů a jejich délky, tak i v zadním konkávním klínovitém tvaru bederních obratlů, známém jako bederní lordóza. Lordóza stabilizuje horní část těla nad dolní končetiny v bipedální pozici umístěním těžiště trupu nad kyčelní klouby (Whitcome et al., 2007).

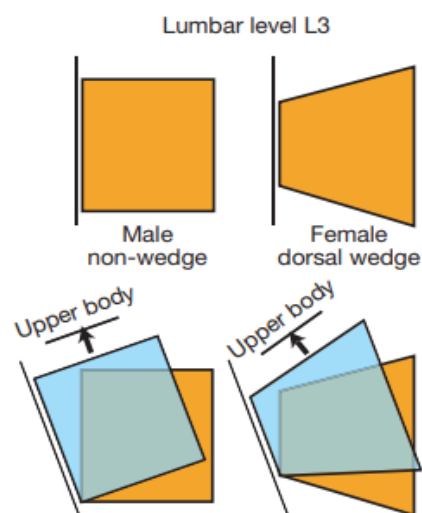
V oblasti bederní páteře spatřujeme lidský bederní sexuální dimorfismus. Jeden z hlavních rysů je stupeň a vzor dorzálního klínovitého tvaru bederních obratlů, které tvoří bederní lordózu a vyplývá z neúměrně kratšího dorzálního okraje obratlového těla.

Klínovitý tvar obratlů se výrazně liší dle pohlaví od segmentu L1 do L4. Kompletní lordotická sekvence dorzálního klínovitého tvaru obratlů u mužů zahrnuje jen dva obratle, předposlední a poslední bederní obratel (Obrázek 12a). Naproti tomu u žen tento vzor zahrnuje tři obratle, L3, L4, L5 (Obrázek 12b). Ženy mají prospěch z klínovitého tvaru obratle L3 během těhotenství, protože jim to umožňuje zvýšit lordózu s menší meziobratlovou rotací (Obrázek 13). Další dva klíčové rysy lidského bederního sexuálního dimorfismu jsou zahrnuty v zadním páteřním sloupci. Zaprvé povrch zygapofyzálních kloubů je o 14 % větší vzhledem k velikosti obratle u žen než u mužů, což odpovídá většímu podílu zatížení páteře podél dorsálních struktur během těhotenství. Zadruhé kloubní plochy prezygapofyzálních kloubů u žen jsou více orientovány frontálně, v průměru o 13 % více než u mužů (Whitcome et al., 2007).



Obrázek 12a  
(Whitcome et al., 2007)

b



Obrázek 13 (Whitcome et al., 2007)  
Obrázek 13. – (Whitcome et al., 2007)

## 1.6 Vztah sakrálního sklonu a bederní lordózy

Vzájemné vztahy mezi sakrálním sklonem a bederní lordózou jsou považovány za podstatnou součást fyziologického a vyváženého zakřivení páteře v sagitální rovině. Horní oblouk bederní lordózy je relativně konstantní. Variace dolního oblouku lordózy jsou určeny sakrálním sklonem. Když se zvyšuje sakrální sklon, zvyšuje se spodní oblouk lordózy a zvyšuje se také globální zakřivení lordózy. Když se snižuje sakrální sklon, mohou nastat dvě vzájemné změny v dolním oblouku lordózy. Dolní oblouk lordózy se může zmenšit, tím že se vrchol lordózy pohybuje kaudálně, nebo se spodní oblouk může zploštit v důsledku zvýšeného poloměru zakřivení. Dívky vykazují větší sakrální sklon než chlapci v mladistvém období a naopak chlapci vykazují větší sakrální sklon než dívky po 15. roku života (Roussouly et al., 2005).

### 1.6.1 Typy lordóz ve vztahu k sakrálnímu sklonu

#### 1.6.1.1 Typ 1. (Obrázek 14)

Sakrální sklon je menší než  $35^\circ$ , což je obvykle spojeno s nízkou hodnotou pánevní incidence. Vrchol lumbální lordózy je umístěn ve středu obratlového těla L5. Dolní oblouk lordózy je minimální a klesá směrem k nule, když se sakrální sklon přibližuje k horizontále. Inflexní bod<sup>3</sup> je umístěn kaudálně a dorzálně, což vytváří krátkou bederní lordózu se záporným úhlem sklonu lordózy. Horní páteř je výrazně kyfotická v torakolumbálním spojení (Roussouly et al., 2005).

#### 1.6.1.2 Typ 2. (Obrázek 15)

Sakrální sklon je menší než  $35^\circ$ . Vrchol lumbální lordózy je umístěn na spodní části těla obratle L4. Dolní oblouk lordózy je relativně plochý. Inflexní bod je více kraniálně

---

<sup>3</sup> Inflexní bod je místo, kde hrudní kyfóza přechází v lumbální lordózu (Roussouly et al., 2005)

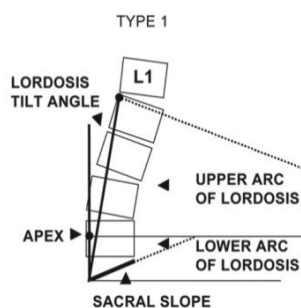
a ventrálně, což snižuje úhel sklonu lordózy, ale zvyšuje počet těl obratlů zahrnutých do lordózy. Celá páteře je relativně hypolordotická a hypokyfotická (Roussouly et al., 2005).

### 1.6.1.3 Typ 3. (Obrázek 16)

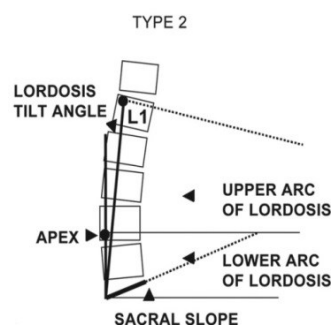
Sakrální sklon je mezi  $35^\circ$  a  $45^\circ$ . Vrchol lumbální lordózy je ve středu obratlového těla L4. Dolní oblouk lordózy se zvýrazňuje. Inflexní bod je umístěn na torakolumbálním spojení a úhel sklonu lordózy je téměř nulový. Oblouk lordózy tvoří v průměru čtyři obratle. Páteř je celkově dobře vyvážená (Roussouly et al., 2005).

### 1.6.1.4 Typ 4. (Obrázek 17)

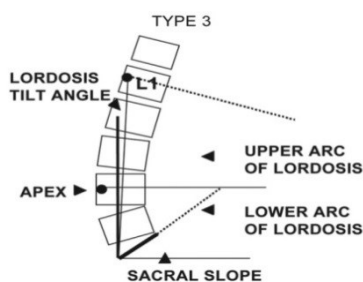
Sakrální sklon je větší než  $45^\circ$ , což je spojeno s vysokou pánevní incidencí. Vrchol lumbální lordózy je umístěn na spodní části těla obratle L3 nebo výše. Spodní oblouk lordózy je výrazný a úhel sklonu lordózy je nulový nebo kladný. Počet obratlů v lordotické křivce je větší než 5 a existuje stav segmentální hyperextenze (Roussouly et al., 2005).



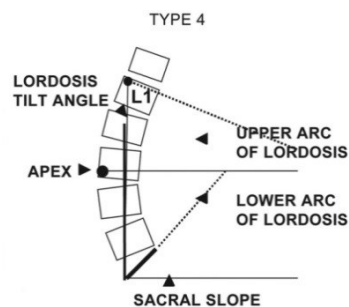
Obrázek 14 – (Roussouly et al., 2005)



Obrázek 15 – (Roussouly et al., 2005)



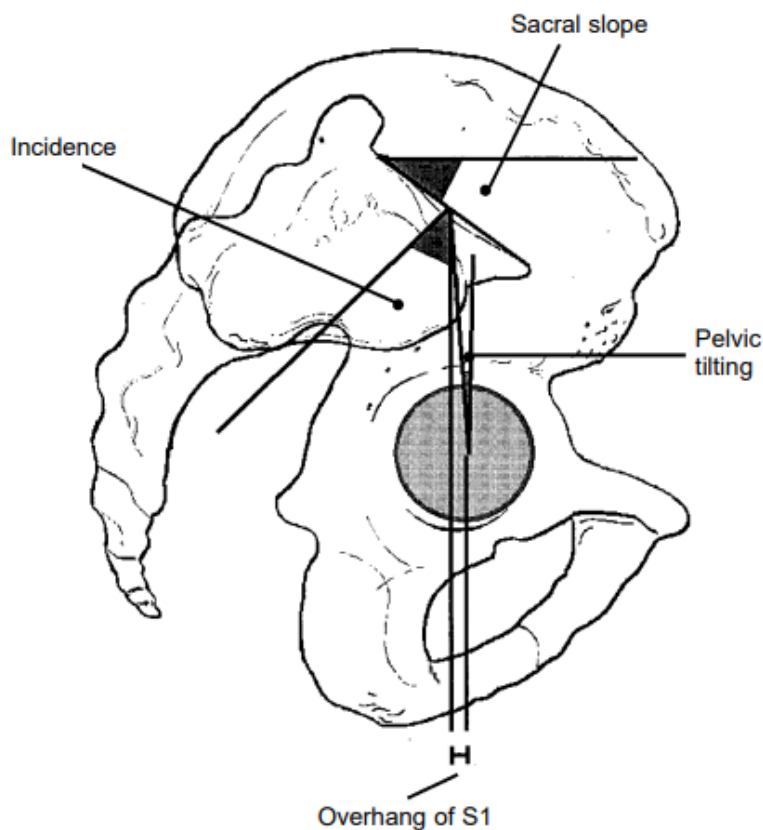
Obrázek 16 – (Roussouly et al., 2005)



Obrázek 17 – (Roussouly et al., 2005)

## 1.7 Vztah pánevní incidence a zakřivení páteře

Rovnováha páteře je koncipována jako výsledek optimálního lordotického umístění obratlů nad správně orientovanou pánví. Anatomický parametr incidence je algebraický součet sakrálního sklonu a *pelvic tilting*. Orientace pánve je určena polohou sakrální desky ve vztahu k hlavicím femuru a je přizpůsobená pro každého jedince anatomickými parametry pánevní incidence. Bederní lordóza úzce souvisí s orientací pánve, která je vyjádřena sakrálním sklonem, jenž je silně ovlivněn pánevní incidencí. Pozorujeme úzký vztah mezi pánevními a páteřními parametry. Pánevní incidence je jediný nezávislý anatomický parametr podílející se na určení orientace pánve a velikosti bederní lordózy. Nízké hodnoty pánevní incidence vedou ke zploštělé bederní lordóze a vysoké naopak k výrazné bederní lordóze (Legaye et al., 1998).



Obrázek 18 – Znázornění parametrů pánevní incidence, sakrální sklon, *pelvic tilting*, poloha sakrální desky (S1) (Legaye et al., 1998)

## **1.8 Faktory podílející se na velikosti bederní lordózy**

### **1.8.1 Věk**

Bederní lordóza se při problémech s páteří, zejména degenerativními změnami souvisejícími s věkem, zplošťuje (Murrie et al., 2003). Studie (Kalichman et al., 2011; Murrie et al., 2003; Naido M., 2008; Youdas JW et al., 2000; Youdas JW et al., 1996) však tuto souvislost nenašly. Nebyla nalezena žádnou souvislost mezi věkem a klínovitým tvarem těl obratlů a meziobratlových plotének (Kalichman et al., 2011). Studie (Tüzün C et al., 1999; Amonoo-Kuofi HS, 1992) však tvrdí, že bederní lordóza se zvyšuje s věkem a naopak klesá až po šesté dekádě.

### **1.8.2 Pohlaví**

Při studii (Kalichman et al., 2011), která hodnotila lordózu v poloze na zádech, bylo zjištěno, že úhel bederní lordózy se mezi pohlavími neliší. Middleditch a Oliver zjistili rozdíly ve velikosti bederní lordózy u mužů a žen do středního věku (Middleditch A, Oliver J, 2005). V těchto studiích (Vialle et al., 2005; Murrie et al., 2003; Youdas JW et al., 2000; Fernand, Fox, 1985; Gelb et al., 1995) zjistili, že ženy mají výrazně větší lordózu než muži. Ženy mají zřejmě větší bederní lordózu v závislosti na jejich větší velikosti hýždí (Staganara et al., 1982; Mosner et al., 1989).

### **1.8.3 Výška a váha**

Většina vědců souhlasí s názorem, že obezita a zejména centrální (abdominální) obezita zvyšuje úhel lordózy. Bederní lordóza je významně větší u jedinců s vysokým BMI (Murrie et al., 2003) a BMI vyšší než 24 může zvýšit úhel bederní lordózy (Guo et al., 2008). Hyperlordóza bederní páteře u obézních jedinců slouží ke zlepšení rovnováhy (Moore, Dalley, 2009). U dětí ve věku 3-14 let s vysokým BMI byla zjištěna hyperlordóza

či nestabilní postura (Smith et al., 2011). Studie (Naser et al., 2010; Mellwraith, 1996; Naido M., 2008) však zjistily slabou korelaci mezi bederní lordózou a BMI. Naido našel významnou souvislost mezi výškou osoby a úhlem bederní lordózy (Naido M., 2008). Vysoké osoby mají více zatíženou bederní oblast, což způsobuje zvýšenou bederní lordózu (Pietilä et al., 2001).

#### **1.8.4 Těhotenství**

Zvýšení bederní lordózy v těhotenství má několik možných vysvětlení. Kompenzační záklon slouží ke zlepšení rovnováhy v důsledku zvýšené hmotnosti břicha (Colliton J., 1996). Svalová nerovnováha způsobená přetížením slabých břišních svalů může přispívat ke zvýšení lordózy u žen s vyšším počtem prodělaných těhotenství. V posledním trimestru může dojít k významnému zvýšení kloubní laxicity, což může vést ke zvětšení bederní lordózy (Calguneri et al., 1996; Marnach et al., 2003). Je možné, že tato hyperlaxicita umožňuje zvýšení bederní lordózy „změkčením“ paraspinálních vazů a následně tento získaný úhel lordózy přetrvává i po porodu (Been, Kalichman, 2013).

#### **1.8.5 Etnika**

Cunningham již na konci 19. století uvedl, že rozdíly v úhlech bederních lordózy jsou etnicky podmíněné (Cunningham, 1886). Fahrni a Trueman objevili menší lordotické úhly u mrtvol domorodých Američanů při srovnání s bělochy (Fahrni, Trueman, 1965). Patrick zjistil o 20 % vyšší úhly lordózy v nigerijské populaci ve srovnání s Evropany (Patrick, 1976) a Hanson et al. a Lonner et al. zjistili, že lordóza u Afroameričanů byla v průměru o 4° větší než u bělochů (Hanson et al., 1998; Lonner et al., 2010). Studie (Lonner et al., 2010) je považována v této oblasti za nejhodnotnější studii, ale jelikož autoři použili probandy z populace adolescentních skoliotiků, výsledky nemusí být tedy použitelné pro obecnou populaci. Na druhou stranu mnohé studie našly podobnost ve

stupni lordotického zakřivení mezi populacemi. Mosner et al. a Goldberg a Chiarello zjistili podobné úhly bederní lordózy u bělochů a Afroameričanů (Mooser et al., 1989; Goldberg, Chiarello, 2001). Chen porovnal úhly lordóz 16 zdravých čínských mužů s evropskými a nenalezl žádné mezirasové rozdíly (Chen, 1999). Mosner et al. dospěl k závěru, že z klinického hlediska Afroameričani mají větší lordózu než běloši v důsledku výraznějších hýždí (Mooser et al., 1989).

### **1.8.6 Dědičnost**

Dryden et al. provedl studii, která hodnotila rodinné korelace normálních páteřních křivek, a zjistil významnou pozitivní rodinnou korelaci při měření bederní lordózy. Sourozenci stejného pohlaví měli větší korelaci než sourozenci různých pohlaví (Dryden et al., 2008).

### **1.8.7 Svaly a bederní lordóza**

Je všeobecně známo, že břišní a zádové svalstvo ovlivňuje sklon pánve a bederní páteře při statické vzpřímené poloze těla (Jull, Janda V., 1987; Walker et al., 1987). Mnoho studií (Youdas JW et al., 2000; Youdas JW et al., 1996; Cailliet, 1995; Polly et al., 1966) navrholo, že bederní lordóza a funkce břišních svalů spolu souvisejí. Oslabené břišní svaly a silné zádové svaly vedou k anteflexi pánve a vzniku hyperlordózy a na druhou stranu silné břišní svaly a slabé zádové svaly mohou způsobit retroflexi pánve a snížit lordózu (Been, Kalichman, 2013). Některé studie (Youdas JW et al., 1996; Walker et al., 1987; Heino et al., 1990) zkoumaly souvislost mezi silou břišních svalů a úhlem lordózy, ale nenašly žádný přesvědčivý důkaz. Dle Kima et al., který zkoumal vztah mezi silou trupu (břišní vs. zádové svaly) a bederní lordózou bylo zjištěno, že poměr točivého momentu extenzorů k točivému momentu flexorů byl výrazně spjat s výslednou hodnotou lordotického úhlu. Relativně silné extenzory páteře a slabé flexory páteře byly spojeny s vyšší bederní



lordózou a naopak (Kim et al., 2005). Nerovnováha mezi ventrální a dorzální trupovou muskulaturou může významně ovlivnit lordotickou křivku bederní páteře.

Svaly kyčle, jako například musculus (m.) iliopsoas a hamstringy, by mohly ovlivňovat bederní lordózu ve statické vzpřímené poloze. Tyto svaly jsou schopné pohybovat pánví v sagitální rovině – anteflexe a retroflexe. Retroflexe může být výsledkem kontrakce nebo zkrácení hamstringů, což vede k horizontálnějšímu postavení křížové kosti a hyperlordóze (Been, Kalichman, 2013). I když tedy teoreticky kyčelní svaly mohou ovlivňovat velikost bederní lordózy, důkazy v literatuře jsou zatím neprůkazné. Studie (McCarthy, Betz , 2000) našla těsnou souvislost mezi zkrácenými hamstringy a hyperlordózou, zatímco jiné (Naseri et al., 2010; Avanzi et al., 2007; Hennessey et al., 1993) nenašly žádnou korelaci. Dalším názorem je, že m. psoas major stabilizuje lordotické zakřivení bederní páteře ve vzpřímené poloze přizpůsobením kontrakce, aby byl zachován momentální stupeň lordózy způsobený jinými faktory (Nachemson A., 1968; Penning L., 2000).

### **1.8.8 Sport**

Bylo provedeno několik studií, které zkoumaly vztah mezi úhlem lordózy a sportovní aktivitou. Wojtys et al. provedl studii 2270 dětí ve věku od 8 až 18 let a zjistil, že sportovci mají větší úhel lordózy než nespportující děti. Dále byla zjištěna korelace mezi větší lordózou a dlouhodobým soustavným tréninku (Wojtys et al., 2000). Avšak vztah mezi sportovní aktivitou a vývojem lordózy není zcela znám.

Uetake a Ohtsuki zkoumali úhel lordózy u sportovců podle jejich sportu a zjistili, že běžci na dlouhé vzdálenosti a sprinteři vykazovali větší než průměrné hodnoty lordózy, ragbisté a fotbalisté vykazovali průměrné hodnoty a plavci a kulturisté vykazovali nižší než

průměrné hodnoty bederní lordózy. Běžci na střední a dlouhé vzdálenosti musí mít kvalitní dechový stereotyp a i silné dýchací svalstvo, navzdory jejich nízké tělesné hmotnosti a malému obvodu hrudníku. Proto musí mít vzhledem ke své konstituci velkou plicní kapacitu. Sprinteři musí mít silné svalstvo nejen dolních končetin, ale i horních končetin, aby běželi rychle. Tyto faktory přispívají ke zvýšené bederní lordóze. Důvody hodnot bederní lordózy u ragbistů a fotbalistů odpovídajících normálu nejsou přesně zjištěny (Uetake T, Ohtsuki F, 1993).

Plavci ve vodě plavou buď tváří směrem dolů či vzhůru a musí udržovat tělo v efektivním nastavení, aby mohli plavat rychle. K dosažení tohoto cíle většinou využívají tréninkový plán zaměřený na posílení břišního a zádového svalstva. Kulturisti naopak využívají tréninkové plány na posílení svalstva celého těla. Využívají těžké cviky typu mrtvý tah, kde je nutné napřímenou páteř dostat do vertikální polohy, a proto kulturisté potřebují mnohem silnější zádové svalstvo, zejména v bederní oblasti. Uvedené požadavky na výkon u plavců a kulturistů ovlivňují konfiguraci páteře (Uetake T, Ohtsuki F, 1993).

## 2. PRENATÁLNÍ OBDOBÍ

### 2.1 Průběh vývoje

Prenatální období nám ohraničuje začátek vývoje jedince od okamžiku splynutí pohlavních buněk až po narození dítěte. Vývoj je rozdělen na tři fáze: období zárodečné, embryonální a fetální (Vacek, 1992).

Tkáňovým základem pro všechny druhy pojivových tkání (vazivo, chrupavka, kost) podílejících se na stavbě skeletního systému je mezenchym (Vacek, 1992).

Mezenchym je složen z buněk s dlouhými výběžky a je ve skupenství polotekutém a postupně se přeměňuje v mezibuněčnou hmotu vaziva, chrupavky nebo kosti. Patří mezi tkáň sekundární. Při vývoji v děloze vznikají pomocí mezodermy prvosegmenty (Vacek, 1992).

Vývoj páteře lze rozdělit na tři období: membránový vývoj, chondrifikace a osifikace. Při vývoji axiálního skeletu se nejprve začnou tvořit meziobratlové ploténky, z nichž se spojením s dalším úsekem stává obratel. Je tvořen „předchrupavkovou“ hmotou, která se ve 4. týdnu mění na chrupavkovitou. K osifikaci obratlů dochází, když je zárodek 50 mm dlouhý, tj, asi v 9. týdnu, a dokončena je později okolo 25. roku života. Osifikace začíná u obratlů krčních, pokračuje u torakolumbální oblasti a nakonec jsou osifikovány oblouky bederních a kostrčních obratlů (Vacek, 1992).

### 2.2 Vývoj zakřivení páteře v prenatálním období

Zakřivení páteře můžeme rozdělit na primární a sekundární. Mezi primární zakřivení patří hrudní a sakrální kyfóza a sekundární zakřivení představuje krční a bederní lordóza

(Čihák, 2011). Většina literatury popisující vývoj páteře lidského plodu, zmiňuje, že páteř v prenatálním období obsahuje pouze primární zakřivení tzv. globální kyfózu (Dimeglio A, Bonnel F, 1990; Kolář, 2009).

### 2.2.1 Prenatální vývoj sekundární krční lordózy

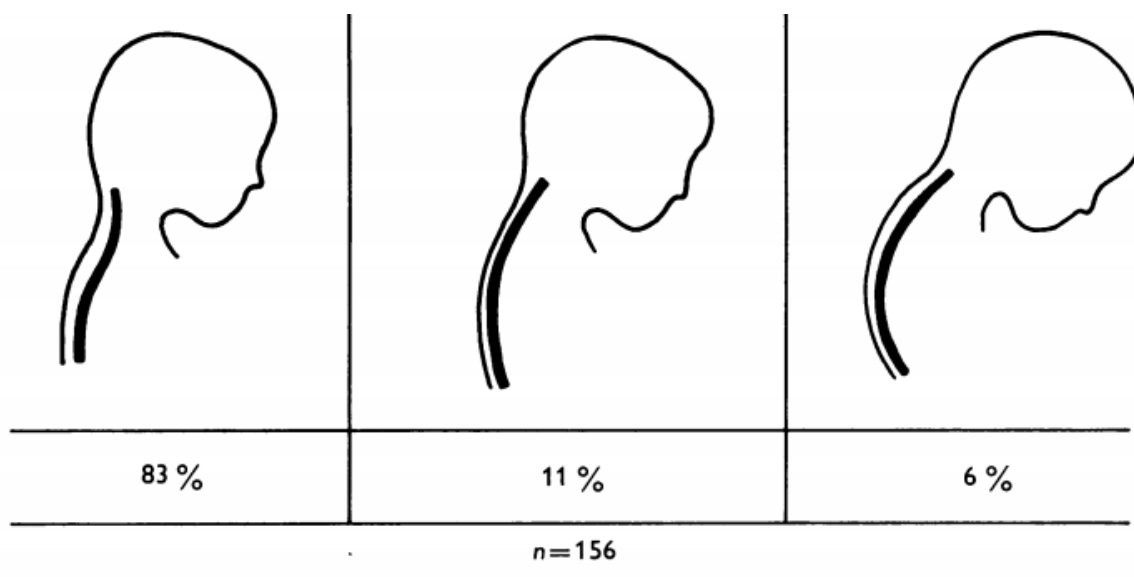
Dle *Gray's Anatomy* se krční lordóza objevuje v pozdním intrauterinním vývoji, ale je zvýrazněna, když je dítě schopné zvednout hlavu (3.–4. měsíc života postnatálně) a sedět vzpřímeně (okolo 9. měsíce života) (Bagnall et al., 1977).

Bagnall et al. provedl studium 195 lidských plodů v prenatálním věku od 8 do 23 týdnu. Dle rentgenových snímků se hodnotila přítomnost či nepřítomnost krční křivky (Bagnall et al., 1977).

Dle věku byly plody rozděleny do tří skupin podle rozsahu zakřivení krční páteře. V 83 % bylo dobře rozpoznatelné sekundární zakřivení krční páteře, v 11 % byla krční páteř rovná a v 6 % se zakřivení krční páteře zdálo jako pokračování primárního zakřivení hrudní oblasti (Obrázek 19). Studie uvádí, že dobře definovatelné sekundární zakřivení krční páteře lze prokázat od devátého a půltého týdne prenatálního vývoje. Zakřivení lze jasně rozeznat, jakmile se osifikační centra pro krční páteř stávají radioprůhledná, ale stejně jako při hodnocení sekundárního zakřivení krční páteře po narození musí být zohledněna mírná flexe hlavy (Bagnall et al., 1977).

Přítomnost sekundárního zakřivení krční páteře může souviset s pohyby plodu, a to zejména s pohyby hlavy, jelikož bylo prokázáno, že končetiny, hlava a trup jsou schopné pohybu v 6. týdnu prenatálního vývoje. Plod je schopen se pohybovat v tekutém prostředí více než u postnatálních pohybů, které jsou tlumeny účinkem gravitace. Svou roli mohou hrát také respirační pohyby, které jsou důležitou součástí spontánních fetálních pohybů.

Pohyby nutné k dýchání se tedy vyvíjejí velmi brzy. První reflex, tzv. lapání po dechu, se má objevit v šestém a půltém týdnu prenatalního vývoje. Jeho dvě důležité komponenty jsou extenze hlavy a flexe předních končetin. Tyto komponenty mohou přispívat ke vzniku sekundárního zakřivení krční páteře. Časný vývoj sekundárního zakřivení krční páteře může také korelovat s časnou osifikací týlní kosti, která poskytuje dostatečnou plochu pro úpon šíjových svalů a následným časným vývojem svalů zodpovědných za extenzi hlavy (Bagnall et al., 1977).

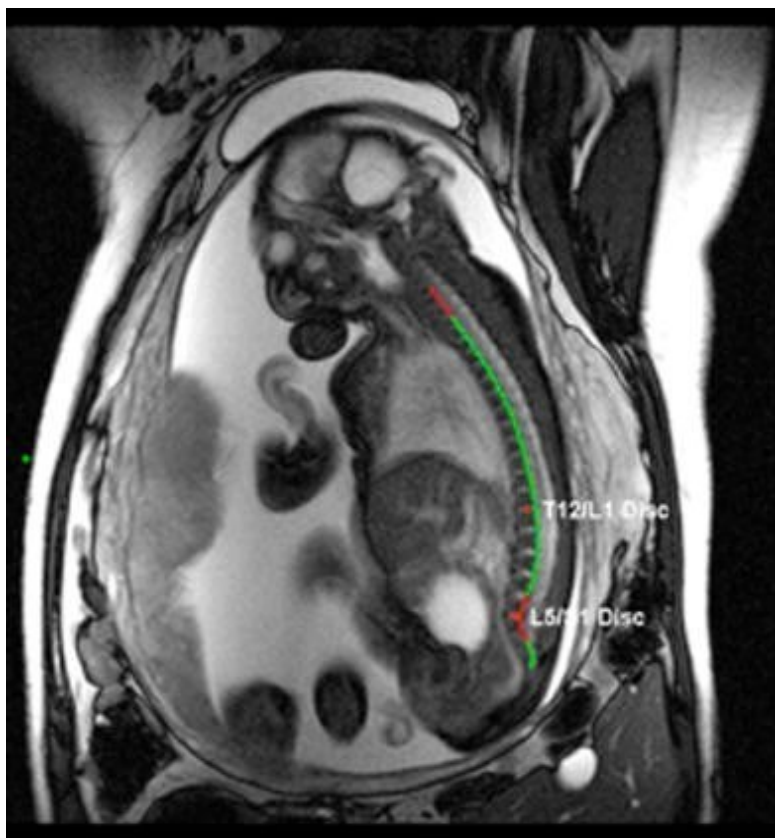


Obrázek 19 – Znázornění zakřivení páteře dle rozdělení do třech skupin (Bagnal et al., 1977)

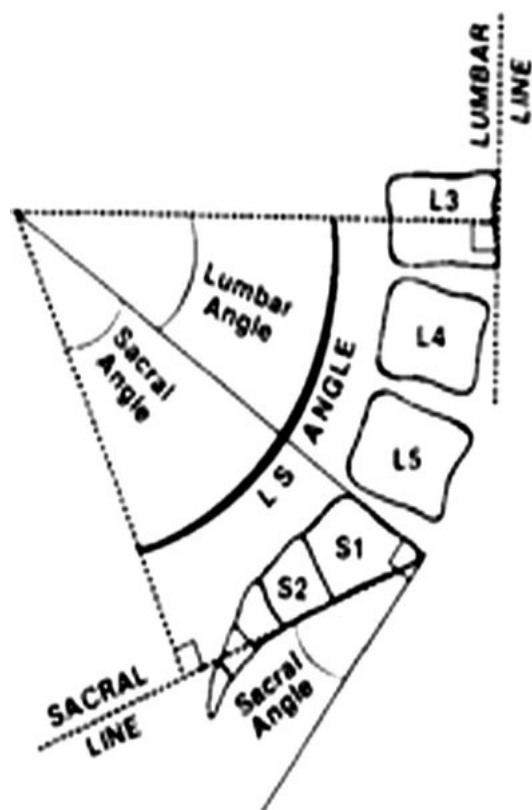
### 2.2.2 Prenatální vývoj sekundární bederní lordózy – lumbosakrální lordóza

Kost křížová homo sapiens je při narození umístěna ventrálně a její dorzální posun se vyvíjí až během prvních let života jako reakce na postupné vzpřímené držení těla a vývoj bipedální lokomoce. Není však známo, jsou-li tyto parametry přítomny i u plodu in utero (Choufani et al., 2009).

Byla provedena biometrická studie lumbosakrální lordózy in utero, která monitorovala přítomnost lumbosakrální křivky (Obrázek 21), případně její změny v průběhu vývoje ve fetálním období daleko před vzpřimováním postavy a počátku bipedální lokomoce. Bylo provedeno 45 MRI plodů ve věku 23–40 gestačního týdne. Na základě studie byla vizuálně zjištěna přítomnost lumbosakrální lordózy u 60 % případů (Obrázek 20) a statická analýza neprokázala žádnou korelaci mezi gestačním věkem a lumbosakrálním zakřivením, a tím byla vyloučena hypotéza zvyšování lumbosakrální lordózy s gestačním věkem, ale byla připuštěna možnost, že při formování lumbosakrálního úhlu hraje významnou roli genetika. Roli mohou hrát i mechanické faktory (pozice plodu v děloze, flexe kyčle a páteře) (Choufani et al., 2009).



Obrázek 20 – Plod ve 32. týdnu s viditelnou lumbosakrální lordózou (Choufani et al., 2009)



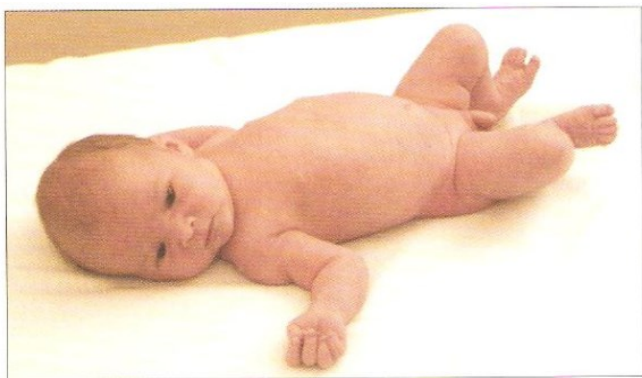
Obrázek 21 – Lumbosakrální úhel (Choufani et al., 2009)

### 3. POSTNATÁLNÍ VÝVOJ

#### 3.1 Vztah zakřivení, rotace páteře a posturální aktivity v období prvního trimenonu

V asymetrické poloze na zádech (Obrázek 23) u novorozence je celá páteř v lateroflexi, většinou konvexně zakřivena k čelistní straně a hlava je otočena ke konvexní straně a je reklinována a ukolněná ke konkávní straně páteře (Vojta, Peters, 2010).

V asymetrické poloze na břiše (Obrázek 22) u novorozence je páteř v konvexním oblouku k čelistní straně a nachází se v hyperlordóze nebo hyperkyfóze a dále je přítomno reklinační držení krční páteře, ale musí jít o stav přechodně změnitelný (Vojta, Peters, 2010).



Obrázek 23 - Vzor držení novorozence: asymetrická poloha na zádech (Kolář, 2009)



Obrázek 22 – Vzor držení novorozence: asymetrická poloha na břiše (se souhlasem Rehabps)



Při symetrické opoře těla kojence o předloktí (Obrázek 24) v období 4.–6. týdne je páteř více napřímená a úklon již není tak zřetelně viditelný a hlava je za současné optické orientace více zvednutá s více napřímenou šíjí (Vojta, Peters, 2010).

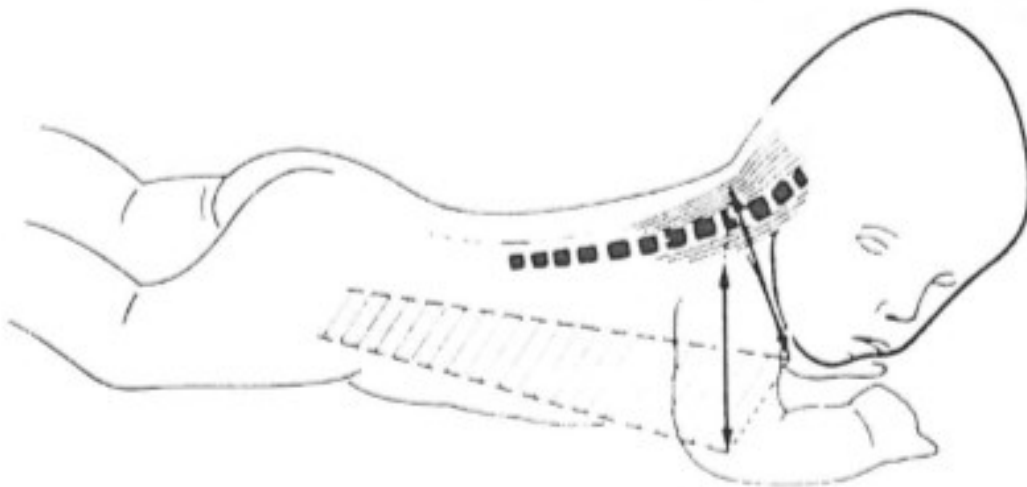


Obrázek 24 – Vzor držení kojence od 4. nebo 6. týdne: symetrická opora o předloktí (Vojta, Peters, 2010)

V období prvního trimenonu se začíná formovat krční lordóza. Tato křivka se vytváří v období, kdy dítě začne zvedat hlavu od podložky, nejprve při krátkodobé opoře o předloktí. Dojde k tomu v důsledku diferenciací svalových funkcí, které se manifestují vzpřimovacími funkcemi a tvoří základ pro všechny následující vzpřimovací funkce až k volné bipedální chůzi. Za vzpřimováním hlavy a krční páteře je automatické motorické dění, jehož centrálně nervově řídicí mechanismus je nastartován touhou po orientaci a zvědavostí dítěte a je dědičně zakotveno v posturální onotgenezi. Zvednutí hlavy od podložky slouží nejen k formování krční lordózy a zesilování posturálních svalů, ale také napomáhá zlepšování optické orientace. Zlepšená vizuální perspektiva přispívá k dalším milníkům jako například uchopení a prostorová orientace. Vzpřimování hlavy se tedy

začíná vyvíjet společně s optickou orientací od 6. týdne a je dokončeno ve 3. měsících (Vojta, Peters, 2010; Vojta, 1993).

Zvednutí hlavy od podložky ve 3. měsíci je uskutečněno prostřednictvím antigravitační funkce ventrální muskulatury ramenního pletence, trupu a současně svalovou synergií mezi extensory a hlubokými flexory krku. Hlavní nároky jsou kladeny na kontrakci *m. longus coli* a *m. longus capitis* a břišní svalové řetězce. Hlava dítěte má vzhledem k jeho tělu velkou hmotnost a pouze za předpokladu vzniku nové opěrné báze, která nahradí úložnou plochu s centrem v oblasti pupku, je kojenec ve věku kolem 12. týdnů schopen držení hlavy vně opěrné báze při extendované krční páteři (Obrázek 25) (Vojta, Peters, 2010; Vojta, 1993).



Obrázek 25 – Symetrická opora o lokty (Vojta, 1993)

Hlava je jako nositelka smyslových orgánů (očí a uší) schopna volného pohybu ve službách orientace. Otáčení a držení hlavy je při symetrické opoře o lokty rozloženo ekonomicky na oblast celé krční páteře a není redukováno pouze na kraniocervikální přechod, jak tomu je v průběhu motorického vývoje kolem 6. týdne věku. Hlavní příčinou tohoto omezení je neaktivita ventrálního svalstva krku, zejména *m. longissimus coli*.

Obratle se nemohou otáčet proti sobě, je-li krční páteř při pokusu o rotaci v reklinaci. Při otáčení krčních obratlů je předpokládán napřímený držení krční páteře. Otáčení v horní a střední hrudní páteře předpokládá plnou funkci opěrného trojúhelníku a ovládání těch částí těla, které se nacházejí mimo tento opěrný trojúhelník (Vojta, 1993).

### **3.1.1 Vliv autochtonní muskulatury na zakřivení páteře v období prvního trimenonu**

Autochtonní muskulatura zajišťuje napřímení šíje a podílí se na vývoji fyziologické krční lordózy. Předpokladem pro napřímení krční páteře je vyvážená svalová koordinace v cervikální oblasti, která je synergicky řízena dorzálně, ventrálně a laterálně. K extenzorům šíje patří pars descendens m. trapezii, m. iliocostalis cervicis, m. splenius capitis et cervicis, m. semispinalis capitis et cervicis a m. longissimus capitis. Hmotu ventrální muskulatury mnohonásobně převažuje hmota dorzální muskulatury. K ventrální muskulatuře patří m. sternocleidomastoideu, m. longus capitis, m. longus colli a infrahyoidní svaly, přičemž předpokladem pro napřímení krční páteře je především funkce zmíněné ventrální krční muskulatury a to především m. longus colli a m. longus capitis, kteří se aktivují především v synergii s m. semispinalis capitis. Mezi dorzální extenzory a současně rotátory krční páteře se řadí m. semispinalis cervicis et capitis, které patří k šikmému systému autochtonní muskulatury. Tyto dorzálně uložené svaly fungují však jen tehdy, když ventrální muskulatura svou kontrakcí zabrání reklinaci hlavy, protože je-li porušen jemný koordinační regulační proces napřímení šíje, vniká na základě nevyvážené svalové hmoty a převaze dorzálních svalů reklinace hlavy. Jelikož dorzální extenzory krční páteře, s vysoce diferencovanou svalovou funkcí, leží šikmo k podélné ose páteře, mají vedle extenčního vlivu na hlavu a šíjí také současně rotační funkci (Vojta, Peters, 2010)

## **3.2 Vztah posturální aktivity, zakřivení a rotace páteře**

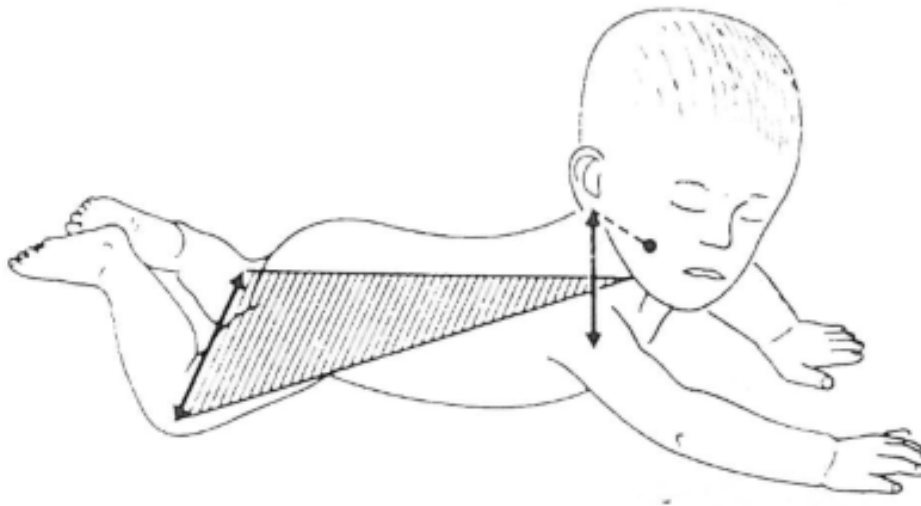
### **v druhém trimenonu**

Při držení těla kojence v symetrické opoře na loktech v období třetího měsíce je páteř napřimená až k torakolumbálnímu přechodu a je intersegmentálně potencionálně volně rotabilní (Vojta, Peters, 2010).

Při axiálně extendované páteři se bederní páteř nachází v nulovém postavení vzhledem sagitální rovině (Vojta, Peters, 2010). Napřimení osového orgánu je zajištěno rovnovážnou aktivací mezi extenční funkcí autochtonní muskulatury v celém jejím rozsahu (od kosti týlní až po kost křížovou) a flexory osového orgánu (flexory uložené na přední straně krku a horní hrudní páteře) a nitrobřišním tlakem, který je v posturální funkci zajišťovaný bránicí, břišními svaly a svaly pánevního dna (Kolář, 2009).

Bederní lordóza se začíná formovat v období druhého trimenonu v poloze na zádech a to v důsledku působení vnitřních sil na oblast bederní páteře při zvedání dolních končetin nad podložku (Kolář, 2009; Lippert, 2011). V poloze na zádech je dítě schopno na začátku druhého zvednout dolní končetiny od podložky a sáhnout si rukama na genitál, třísla. V polovině druhého trimenonu přechází opora v poloze na zádech na úroveň torakolumbálního přechodu, který je současně svalově stabilizován a dítě je schopno zvednout pánev nad podložku a sáhnout si na kolena, koordinace noha - noha probíhá již mezi mediálními plochami nohou (Kolář, 2009). Na konci druhého trimenonu je opora v poloze na zádech na úrovni dolních úhlů lopatek, dítě je schopno elevovat pánev a sáhnout si oběma rukama na nohy, přičemž koordinace noha-noha se vyznačuje kontaktem obou plosek (Kolář, 2009).

Při opoře na jednom lokti (Obrázek 26) u kojence v polovině druhého trimenonu je krční a hrudní páteř intersegmentálně rotována k úchopové paži a bederní páteř se nastavuje konvexně k záhlavní straně. V průběhu laterálního úchopu dochází současně s otočením hlavy také k intersegmentální rotaci axiálně napřimené páteře. Hlava, těla krčních a hrudních obratlů rotují na stranu uchopující horní končetiny. Rozsah rotace je větší v kraniální oblasti (hlava) než v oblasti kaudální (páteř) (Vojta, Peters, 2010).

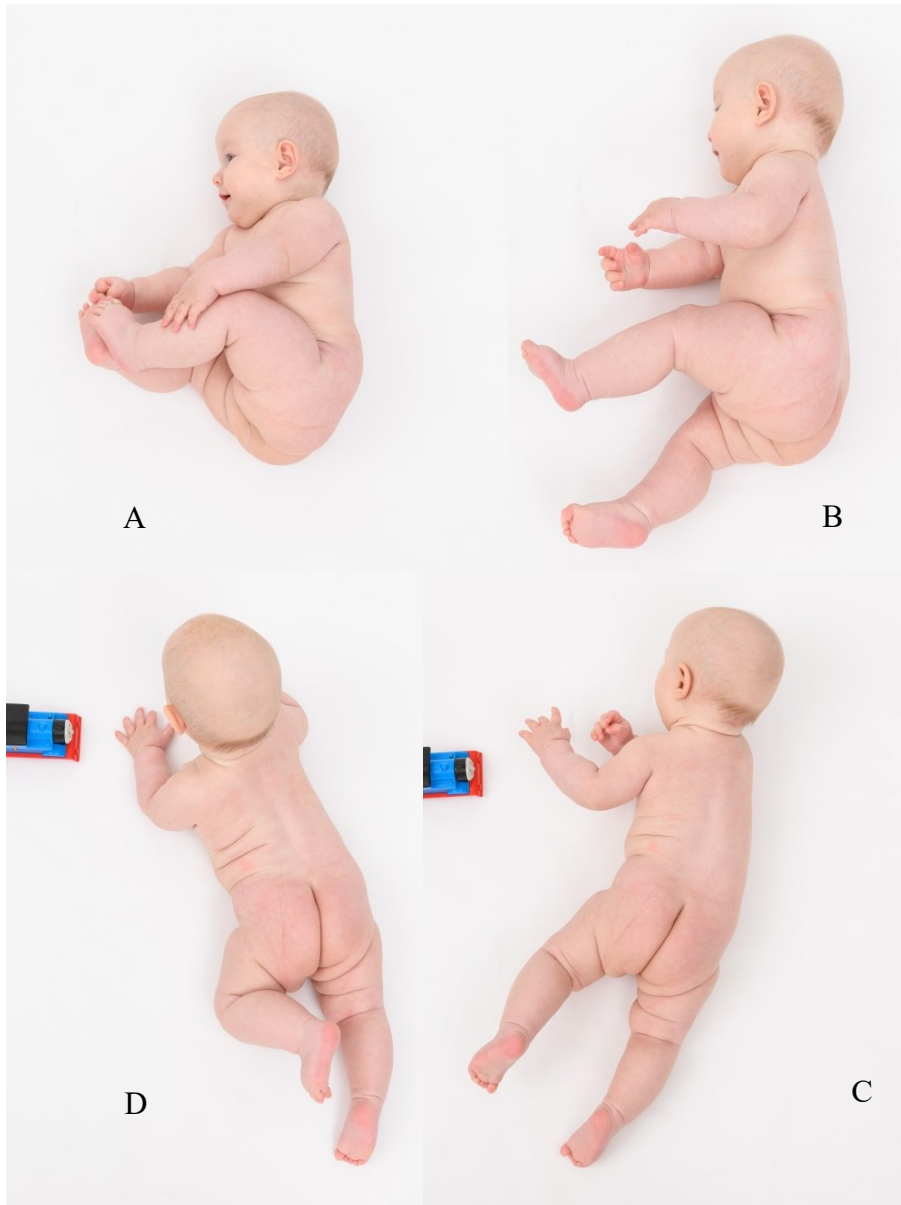


Obrázek 26 – Opora o jeden loket (Vojta, 1993)

V průběhu otáčení z polohy na zádech do polohy na břicho (Obrázek 27) dochází k axiálnímu napřimení a intersegmentální rotaci páteře za současné konvexní polohy bederní páteře ke straně naléhající (Vojta, Peters, 2010).

Rotační mechanismy při napřimené páteři jsou v poloze na břiše i na zádech nutnou přípravou pro bipedální koordinovaný pohyb vpřed. Rotační funkce autochtonní muskulatury se v motorickém vývoji objevuje nejpozději ve 4,5 měsících při opoře o jeden

loket a radiálním úchopu. Ve stejnou dobu přebírá m. serratus posterior inferior rotaci dolní poloviny těla proti hrudníku v oblasti mezi 8.–12. žebrem. Těžištěm rotačních funkcí páteře jsou tři oblasti, které můžeme označit jako rotační body. Leží v kranicoervikálním, cervikotorakálním, torakolumbálním přechodu (Vojta, Peters, 2010).



Obrázek 27 – A, B, C, D – Průběh otáčení dítěte ze zad na břicho (se souhlasem Rehabps)

### **3.2.1 Vliv autochtonní muskulatury na zakřivení páteře v období druhého trimenonu**

Na napřímení, extenzi hrudní páteře se podílejí muscoli (mm.) rhomboidei a m. trapezius pars transversa et pars ascendens a pars transversa m. latissimi dorsi, jejichž kontrakce vede k aktivaci autochtonní muskulatury, jelikož vlastními extenzory a rotátory obratlů jsou autochtonní svaly. K nim patří laterální trakt (m. iliocostalis, m. longissimus), trakt mediální (přímý autochtonní systém s mm. interspinales a m. spinalis), který ovlivňuje postavení jednotlivých obratlů a při vzpřímení osového orgánu je zodpovědný za segmentální nastavení intervertebrálních kloubů, a šikmý systém (mm. rotatores, m. multifidus, m. semispinalis). Krátké svaly přímého a šikmého systému autochtonní muskulatury spojují jednotlivé obratle přímo mezi sebou nebo přeskakují jeden či dva obratle a ovlivňují tak celou páteř přes jednotlivé segmenty (Vojta, Peters, 2010).

Pro napřímení v oblasti bederní páteře je předpokládána aktivace dorzálně uložených extenzorů trupu v lumbální oblasti a synergická brzdná kontrakce antigravitačně působící ventrální muskulatury a tím je zaručeno střední postavení lumbální páteře v sagitální rovině. Současně tato oblast zůstává napřímena i ve frontální rovině díky vyvážené funkci oboustranně ležící laterální muskulatury trupu – m. latissimus dorsi a m. quadratum lumborum (Vojta, Peters, 2010).

### 3.3 Vztah zakřivení, rotace páteře a posturální aktivity ve třetím trimenonu

V poloze šikmého sedu (Obrázek 28) se krční a hrudní páteř otáčí intersegmentálně ke straně pohledu a k uchopující ruce a bederní páteř je konvexně nastavena k zatížené straně (Vojta, Peters, 2010).



Obrázek 28 – Vzor držení u dítěte v 7.–8. měsících: šikmý sed (se souhlasem Rehabps)

Při lezení po čtyřech (Obrázek 29) v období 8.–10. měsíce se krční a hrudní páteř intersegmentálně otáčí ke straně horní končetiny, která jde vpřed. Bederní páteř se nastaví konvexně k zatížené dolní končetině a těla obratlů celé páteře se pohybují ve stejném směru k horní končetiny, která jde vpřed, přičemž v oblasti hrudní páteře pomocí intersegmentální rotace a v oblasti bederní páteře pomocí intersegmentálního úklonu (Vojta, Peters, 2010).



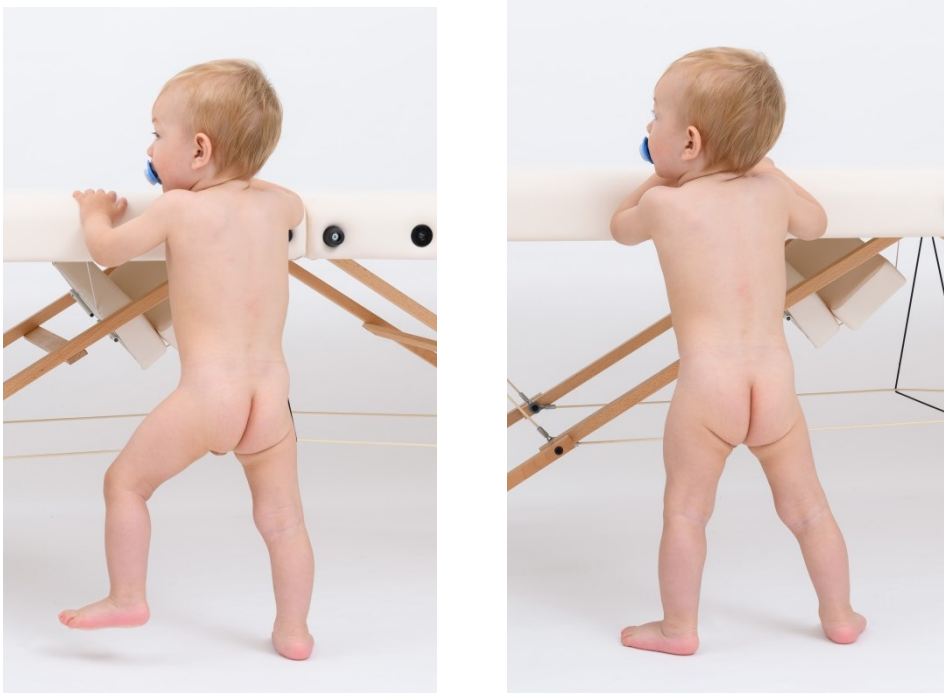


Obrázek 29 - Lezení po čtyřech v 9. – 10. měsíci (se souhlasem Rehabps)

## 3.4 Vztah zakřivení, rotace páteře a posturální aktivity ve vzpřímené poloze

### 3.4.1 Období 12.–24. měsíců

V období čtvrtého trimenonu se u dítěte objevuje vertikalizace do stoje. Jedná se o kontralaterální lokomoční model. Ze stoje se nejdříve vyvíjí chůze ve frontální (Obrázek 30) a na ni navazuje mezi 12. a 14. měsícem života samostatná bipedální lokomoce (Obrázek 31) (Kolář, 2009). Nezávislá chůze začíná zhruba mezi 10. a 17. měsícem života (Zeininger et al., 2018).



Obrázek 30 – Chůze ve frontální rovině (se souhlasem Rehabps)



Obrázek 31 – Bipedální chůze ve čtvrtém trimenonu (se souhlasem Rehabps)

Kroky jsou zpočátku neobratné, nekonstantní rychlosti. Flekční pohyb v kyčli ve švihové fázi je nedokonalý. Dítě našlapuje na zevní okraj špičky s následným došlápnutím na patu (Vlach, 1979), jelikož m. tibialis anterior nemá dostatečnou svalovou sílu, aby udržel dorzální flexi nohy během švihové fázi chůze (Rose, Gamble, 2006; Zeiniger et al., 2018). Ve čtvrtém trimenonu se dítě na začátku švihové fáze neodráží od palce, neboť není schopno vytvořit dostatečný točivý moment v hlezenním kloubu pro pohyb do švihu (Hallemans et al., 2005, 2006). Místo odrazu od palce využívá odraz z celého chodidla (Hallemans et al., 2006). Zpočátku při kroku rotuje celý trup i pánev. Chůze je vrávoravá, o široké bázi, nedochází k dostatečné flexi v kolenních kloubech a lokomoce se děje převážně v kyčelních kloubech (Obrázek 31) (Vlach, 1979). Horní končetiny nevykonávají zkřížený souhyb, ale jsou lehce abdukovány v ramenním kloubu, flektovány v loktech a pomáhají udržovat rovnováhu, která je dosud při chůzi velmi nedokonalá (Obrázek 30). Dítě často po několika krocích padá. Na začátku chůze ještě prakticky chybí zkřížená koordinace mezi horními a dolními končetinami. Také rotační složka pohybu trupu při chůzi je velmi nedokonalá. Teprve v dalším vývoji se bude rozvíjet, tak jak se budou zdokonalovat rovnovážné funkce (Bertoti, 2004).

Zdokonalování chůze se projevuje postupným zužováním báze, zdokonalováním krokového mechanismu, zdokonalováním flexe v kyčli ve švihové fázi, k níž se přidruží i rotační složka. Dochází ke zdokonalování flekčně extenčního mechanismu kolene ve stojné fázi s postupným rozvojem našlápnutí na patu (Bertoti, 2004). Ke skutečnému našlápnutí na patu dochází v průměru v 18.–24. měsíci postnatálního života (Sutherland et al., 1980; Bertsch et al., 2004). Spolu se zdokonalením stereotypu chůze dochází také k napřímení v trupu a pletence pánevního. Bederní hyperlordóza se zmenšuje, břišní stěna se tonizuje a celé trupové svalstvo se zapojuje do složitého krokového mechanismu.

Postupně se objeví i švihové souhyby horními končetinami a nastoupí dokonalá zkřížená koordinace končetin s rotační složkou při pohybech trupu v jednotlivých fázích kroku. Švihové souhyby horními končetinami se obvykle objevují kolem 18. měsíce (Bertoti, 2004). Při zkříženém vzoru chůze se krční a hrudní páteř intersegmentálně otáčí směrem k horní končetině kráčející vpřed a méně rotabilní bederní páteř se poté nastavuje konvexně k opěrné dolní končetině. Působení sil na páteř je celkově zařízené tak, aby se během chůze samotný trup pohyboval v přímém směru (Vojta, Peters, 2010).

### **3.4.2 Období 24.–36. měsíců**

Mezi druhým a třetím rokem zvládá dítě chůzi do schodů a se schodů. Jednodušší a snadnější je chůze do schodů, proto se jí dítě učí jako první. Zpočátku jde dítě při chůzi do schodů s oporou, nohy nestřídá, jen přisunuje. Později jde do schodů i bez opory, ale ještě bez střídání nohou. Chůze ze schodů se vyvíjí obdobným způsobem (Allen & Marotz, 2002; Lagmeier, Krejčířová, 1998).

Ve třech letech dozrávají chůzové vzory a pohyby v kloubech se podobají dospělým vzorům. Chůze je více podobná dospělé a také obsahuje všechny složky až na zvyšující se tempo a zkracování délky kroku. Objevuje se kvalitativně další fáze bipedální lokomoce, a to letová fáze kroku, která je předpokladem běhu (Bertoti, 2004). Dítě je schopno chodit po schodech nahoru i dolů bez pomoci a střídá nohy. Udrží na malý okamžik rovnováhu na jedné noze, zvládne kopání do většího míče, skáče na místě, jezdí na tříkolce (Allen & Marotz, 2002; Lagmeier, Krejčířová, 1998).

### **3.4.3 Období 36.–48. měsíců**

Ve 3,5 letech má dítě zúženou opěrnou bázi na šířku pánve nebo i méně. Reciproční souhyb paží je pevně zakotven kolem 4. roku (Bertoti, 2004). Dítě ve čtyřech letech umí

chodit po jedné přímce, poskakuje na jedné noze, leze po žebříku a na dětských prolézačkách, přeskočí překážku vysokou 12 až 15 cm, při doskoku dopadá na obě nohy snožmo, skáče do dálky s rozběhem. S lehkostí utíká, zastavuje se, rozebíhá se a pohybuje se podle překážek (Allen & Marotz, 2002; Lagmeier, Krejčířová, 1998).

## **4. METODIKA PRÁCE**

Vyšetření proběhlo formou fotografií, které poskytli rodiče dětí na základě zaslání návodu na vyfotografování dítěte. Návod obsahoval cíl práce a postup měření. Od zákonných zástupců byl získán souhlas o použití naměřených údajů a anonymitě použitých dat.

### **4.1 Charakteristika souboru**

Měření se zúčastnilo 10 dětí ve věku od 2 do 6 let, které byly rozděleny do tří skupin dle věku. První skupinu tvořili probandi ve věku 2 let, druhou skupinu probandi ve věku 4 let, třetí skupinu tvořili probandi ve věku 5–6 let. Při měření byl každý proband vyfocen při vzpřímeném stoji z pravé a levé strany a proveden základní kineziologický rozbor obsahující případné významné odchylky od fyziologického vzpřímeného držení těla. Fotografie byly následně vyhodnoceny v softwaru SCODIAC 2.3.

### **4.2 Metodika měření**

Měření sagitálního zakřivení páteře se provedlo pomocí softwaru SCODIAC 2.3. Vyšetřovaný proband byl vyfocen pomocí fotoaparátu ve vzpřímeném uvolněném stoji z pravé a levé strany. Při pořizování fotografií proband byl ve spodním prádle s vlasy staženými, aby nezakrývaly oblast zad, horní končetiny v mírné flexi v ramenním a loketním kloubu, aby nebylo zakryto zakřivení páteře v sagitální rovině (Obrázek 33).

### **4.3 SCODIAC 2.3**

SCODIAC 2.3 je volně dostupný software vyvinutý pro hodnocení terapie skolióz, jehož autory jsou Lukasz Stolinski, Ph.D. a Ing. Pavel Černý, Ph.D. V této bakalářské práci jsem se zaměřil na hodnocení sagitálního zakřivení dle Stolinského.

Získané fotografie z testování byly vloženy do softwaru a změřeny. Měření probíhá na digitálních fotografiích, kde je vyfocena horní část těla z levé a pravé strany. Hodnotí se kvantitativní 2D sagitální zakřivení páteře.

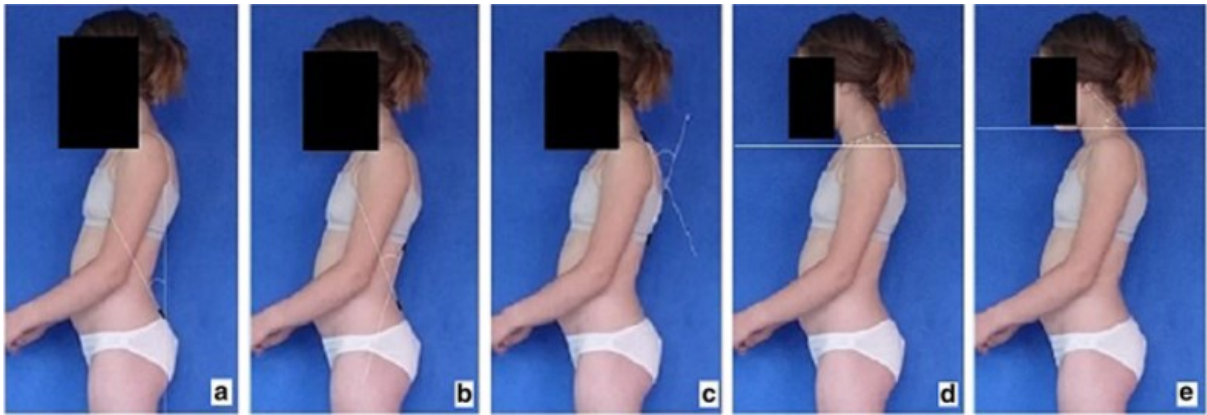
Výhodou je, že tato metoda snažící se o objektivní posouzení sagitálního zakřivení páteře ve vzpřímené poloze, je neinvazivní, snadná, levná a rychlá.

#### **4.4 Měření sagitálního zakřivení páteře podle Stolinského**

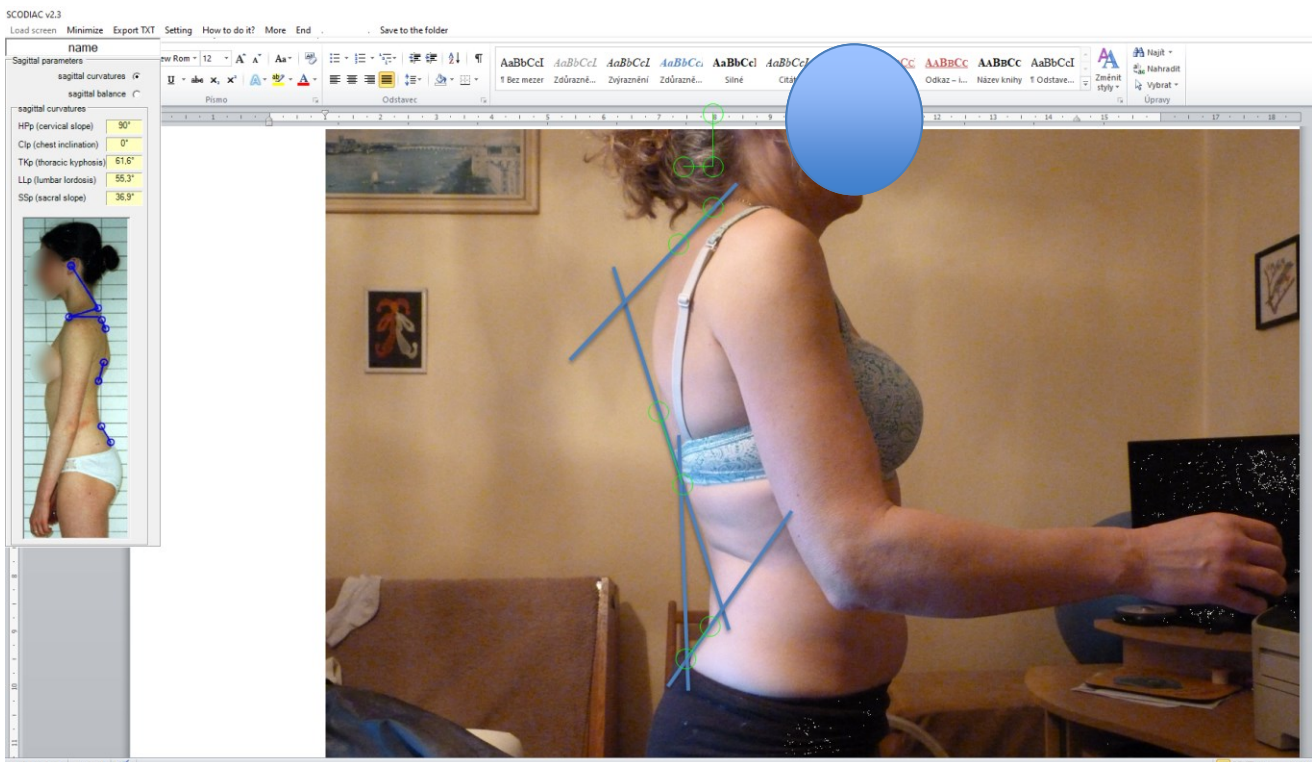
Při měření sagitálního zakřivení páteře dle Stolinského v softwaru SCODIAC 2.3 se měří sakrální sklon, bederní lordóza, hrudní kyfóza, inklinace hrudníku a protrakce hlavy. Na tuto bakalářskou práci jsem využil měření hrudní kyfózy, bederní lordózy a sakrálního sklonu.

Sakrální sklon je úhel mezi přímkou spojující střed horní a dolní hrany S1 a přímkou spodní hrany S2 a S4. Bederní lordóza je měřena jako úhel mezi tečnou těl obratlů Th12–L1 na úrovni processus spinosus a tečny těl obratlů L5–S1 na úrovni processus spinosus. Hrudní kyfóza je měřena jako úhel mezi tečnou těl obratlů C7–Th1 v úrovni processus spinosus a tečny těl obratlů Th12–L1 v úrovni processus spinosus. Protrakce hlavy je měřena jako úhel mezi vodorovnou přímkou a přímkou spojující horní okraj hrudní kosti a processus spinosus C7. Inklinace hrudníku je úhel mezi vodorovnou přímkou a přímkou spojující processus spinosus C7 a meatus acusticus externus (Obrázek 32) (Stolinski et al., 2017).





Obrázek 32 – Znázornění měření sagitálního zakřivení dle Stolinského a, sakrální sklon; b, bederní lordóza; c, hrudní kyfóza; d, inklinace hrudníku; e, protrakce hlavy (Stolinski et al., 2017)



Obrázek 33 – Znázornění vzorového měření hrudní kyfózy, bederní lordózy a sakrálního sklonu v softwaru SCODIAC 2.3 (foto autor)

## 5. CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je popsání vývoje fyziologického zakřivení páteře v období do čtyř let života dle dostupné literatury a porovnání zjištěných informací s parametry naměřenými na probandech v rámci praktické části této práce. Měření v rámci praktické části byly provedeny na fotografickém materiálu pomocí softwaru SCODIAC 2.3.

## 6. VÝSLEDKY

Věkovou skupinu číslo jedna tvořili 4 probandi (4 ženy) ve věku dvou let. U tří probandů byla přítomna anteverze pánve. Tři probandi měli 3. typ bederní lordózy a jeden 2. typ dle klasifikace Roossouly et al. (2005) (viz. str. 27,28). Průměrná hodnota hrudní kyfózy byla  $43^{\circ} \pm 5,5$ . Průměrná velikost bederní lordózy byla  $49^{\circ} \pm 9,8$ . Průměrná velikost sakrálního sklonu byla  $37^{\circ} \pm 6,6$  (Příloha 1).

Věková skupina číslo dva byla tvořena třemi probandy ve věku čtyř let (2 ženy a 1 muž). U jednoho probanda byla přítomna anteverze pánve. Dva probandi měli 2. typ bederní lordózy a jeden 1. typ dle klasifikace Roussouly et al. (2005). Průměrná hodnota hrudní kyfózy byla  $43^{\circ} \pm 9,7$ . Průměrná hodnota bederní lordózy byla  $41^{\circ} \pm 4,6$ . Průměrná hodnota sakrálního sklonu byla  $25^{\circ} \pm 3,3$  (Příloha 2).

Věkovou skupinu číslo tři tvořili 3 probandi (3 muži) ve věku pěti a šesti let. U dvou probandů byla přítomna anteverze pánve. Všichni probandi měli 2. typ bederní lordózy dle klasifikace Roussouly et al. (2005). Průměrná hodnota hrudní kyfózy byla  $46^{\circ} \pm 13,1$ . Průměrná hodnota bederní lordózy byla  $51 \pm 7$ . Průměrná hodnota sakrálního sklonu byla  $31^{\circ} \pm 3,9$  (Příloha 3).

Průměrná hodnota hrudní kyfózy vypočtená ze všech věkových skupin byla  $44^{\circ} \pm 1,4$ . Průměrná hodnota bederní lordózy vypočtená ze všech věkových skupin byla  $47^{\circ} \pm 4,3$ . Průměrná hodnota sakrálního sklonu vypočtená ze všech věkových skupin byla  $31^{\circ} \pm 4,9$  (Příloha 3).

Průměrná hodnota hrudní kyfózy chlapců vypočtená ze všech věkových skupin byla  $38^{\circ} \pm 8$ . Průměrná hodnota bederní lordózy chlapců vypočtená ze všech věkových skupin

byla  $45^{\circ} \pm 6$ . Průměrná hodnota sakrální sklonu chlapců vypočtená ze všech věkových skupin byla  $30^{\circ} \pm 1$  (Příloha 3).

Průměrná hodnota hrudní kyfózy děvčat vypočtená ze všech věkových skupin byla  $46^{\circ} \pm 3$ . Průměrná hodnota bederní lordózy děvčat vypočtená ze všech věkových skupin byla  $46^{\circ} \pm 3,5$ . Průměrná hodnota sakrální sklonu děvčat vypočtená ze všech věkových skupin byla  $30^{\circ} \pm 7$  (Příloha 3).

## 7. DISKUZE

Práce je zaměřena na fyziologické zakřivení páteře dítěte do 4 let věku. Na první pohled se předpokládá, že toto téma je do hloubky prozkoumané. Skutečnost je taková, že fyziologické zakřivení páteře dítěte do čtyř let věku je téma, které stále není důkladněji prozkoumáno. V literatuře spíše nacházíme prosté zákonitosti, kterými je fyziologické zakřivení páteře dítěte popisováno. Pojmem prosté zákonitosti jsou myšleny informace, které zmiňuje Čihák (2011), že zakřivení páteře dělíme na primární a sekundární, kdy primární zakřivení (kyfózy) jsou vyvinuty již při porodu a sekundární zakřivení (lordózy) vznikají v průběhu života.

Z literatury většinou plyne, že se novorozenec narodí pouze s primárním zakřivením páteře, které nazýváme tzv. globální kyfóza. Toto tvrzení, ale již v roce 1977 vyvrátil ve své studii Bagnall et al. (1977), který zjistil u 83 % plodů výskyt krční lordózy a uvedl, že přítomnost krční lordózy dobře definovat od devátého a půltého týdne prenatalního vývoje. Choufani et al (2009) ve své studii prokázal přítomnost lumbosakrální lordózy u plodů ve 23–40 týdnu těhotenství. Čihák (2011) zmiňuje, že „Páteř novorozence je zakřivena v jedné, téměř plynulé kyfóze s málo výrazným promontoriem a s nepatrnými náznaky příštích lordóz.“ Lordózy tedy nejsou primárně získány během doby, kdy se dítě učí stát a chodit, ale není vyvráceno, že vzpřimování nehraje žádnou roli při vývoji. Otázkou je zdali můžeme lordózu nazývat sekundární zakřivení, jelikož je přítomna již v prenatalním vývoji. Proto je dle mého názoru rozdělení zakřivení páteře na primární a sekundární zakřivení velice matoucí.

V dostupné literatuře můžeme nalézt studie, které se zabývají fyziologickým zakřivením jednotlivých křivek páteře, avšak názory ohledně fyziologického rozsahu se

velice rozcházejí a především záleží na zvoleném způsobu měření zakřivení jednotlivých křivek. Zatím nejsou známy přesné hodnoty, které by byly fyziologické pro dané věkové období, především pak pro období od jednoho roku do čtyř let života. Hlavní důvod přikládám tomu, že vývoj zakřivení páteře je značně variabilní a stanovit přesné rozmezí fyziologických hodnot je velice obtížné a mnoho studií se tomu dosud nevěnovalo, či jsem nebyl schopen se svými schopnostmi najít odpovídající materiály.

Názory na začátek a průběh vývoje cervikální lordózy se liší. Kolář (2009), Vojta, Peters (2010) uvádějí začátek vývoje krční lordózy v období prvního trimenonu. Bagnall et al. (1977) uvedl, že přítomnost krční lordózy dobře definovat od devátého a pátého týdne prenatalního vývoje. Co je však myšleno pod termínem začátek vývoje či formování krční lordózy? Dle *Gray's Anatomy* se krční lordóza objevuje již v pozdním intrauterinním vývoji a je zvýrazněna až když je dítě schopné zvedat hlavu a sedět vzpřímeně. Tuto informaci zmiňuje ve své studii i Been et al. (2017), který uvádí začátek vývoje cervikální lordózy během nitroděložního vývoje a klinický projev datuje k 3. měsíci a nejvýrazněji manifestuje ve věku 9. měsíce postnatálně při sezení. I tato informace je velice obecná, neboť nelze jednoduše říci, že lordóza se zvýrazňuje, když je dítě schopné zvednout hlavu. Kolář (2009), Vojta, Peters (2010) uvádějí, že krční lordóza se začíná formovat, když dítě začne poprvé zvedat hlavu v období 4 – 6 týdne postnatálního života při krátkodobé opoře o předloktí. Avšak dodávají, že za vzpřimováním hlavy a krční páteře je odpovědné automatické motorické dění, jenž je nastartováno touhou po orientaci a zvědavostí dítěte a je dědičně zakotveno v posturální ontogenezi. Dále je důležité zmínit, že zvednutí hlavy je možné pouze za předpokladu vzniku nové opěrné báze, která nahradí úložnou plochu s centrem v oblasti pupku. V závislosti na vzniku na nové opěrné báze je kojeneček ve 12. týdnu schopen držení hlavy vně opěrné báze při napřimění krční páteře.

Zvednutí hlavy od podložky ve 3. měsíci je uskutečněno prostřednictvím antigravitační funkce ventrální muskulatury ramenního pletence, trupu a současně svalovou synergií mezi extensory a hlubokými flexory krku (Vojta, Peters, 2010; Vojta, 1993). Otáčení a držení hlavy je při symetrické opoře o lokty rozloženo ekonomicky na oblast celé krční páteře a není redukováno pouze na kraniocervikální přechod, jak tomu je v průběhu motorického vývoje kolem 6. týdne věku (Vojta, 1993). Všechny tyto zmíněné faktory přispívají k vývoji krční lordózy a mají své opodstatnění a je otázkou co považovat za začátek vývoje krční lordózy. Na základně dosavadních studií bych se přikláněl k tvrzení, že krční lordóza se začíná formovat již v nitroděložním vývoji a v průběhu postnatálního života se zvýrazňuje.

V dalším průběhu vývoje cervikální lordózy není stále zcela vyřešena otázka fyziologického rozsahu pro jednotlivá věková období postnatálního života. Nojiri et al. (2003) a Hald et al. (1995) uvádí fyziologický rozsah cervikální lordózy (C1–C7) 20°–35°. Tento údaj se může zdát v celku velkého rozsahu, jelikož rozdíl mezi dolní a horní hranicí je 15°. Avšak odpovídalo by to zjištění, že cervikální lordóza se v průběhu života mění a pokud bychom brali zjištění ze studie Been et al. (2017) který uvedl, že cervikální lordóza (C1–C7) obvykle klesá od 1 roku do 9 let života a následně se zvyšuje v reakci na zvýšenou hrudní kyfózu, dalo by se říci, že by to odpovídalo danému rozsahu a pojmovalo by to variabilitu velikosti krční lordózy. Zároveň, ale zmiňuje fakt, že i přes to, že děti mají vyšší cervikální lordózu, budeme-li brát v potaz celkovou cervikální lordózu (foramen magnum-C7), tak mají kyfotičtější úhel mezi foramen magnum a obratlem C1. Celková krční lordóza je tedy u dětí a dospělých velice podobná a mění se především vnitřní architektura (Been et al., 2017). Toto tvrzení potvrzuje i Abelin-Genevois et al. (2014), který uvádí, že v adolescenci se lordotické zakřivení v horní části zvětšuje a v dolní

části naopak oplošťuje, a proto celkový úhel lordózy zůstává stejný. Been et al. (2017) uvádí důvody změn vnitřní architektury krční lordózy změnami klínovitého tvaru obratlových těl a meziobratlových destiček.

Na základě dostupných studií lze říci, že určení fyziologického rozsahu krční lordózy je značně obtížné a je veliký rozdíl, zdali se bavíme o celkové krční lordóze, anebo pouze o celkové lordóze. Budeme-li se bavit o fyziologickém vývoji, můžeme říci, že určité zákonitosti jsou již známy, ale v období věku dítěte do čtyř let jsou informace stále značně omezené a jsou vztaženy spíše na období dětství či adolescence.

Henriques dos Santos et al. (2010) uvádí, že jsou patrné rozdíly ve velikosti krční lordózy mezi pohlavími, přičemž větších hodnot nabývá u chlapců. Příčinu tomuto rozdílu přisuzuje vlivu pohlavních hormonů na ligamentum longitudinale posterius, jenž je u dívek poddajnější, a proto mají větší tendenci k flexi, zejména v oblasti C2–C4 a také navíc zmiňuje, že u nich rozvoj krční páteře začíná dříve. Pohlavní rozdíly popírají studie (Tecco, Festa, 2007; Juhl et al., 1962; Kasai et al., 1996). Bylo však navrženo, že ačkoli celková lordóza (foramen magnum–C7) u žen a mužů je podobná, existují významné rozdíly mezi pohlavími v horní a dolní krční lordóze. Těmito změnami se zabýval Been et al. (2017) a zjistil, že ženy měly vyšší horní krční lordózu (foramen magnum – C3, C1–C3) než muži, zatímco muži měli vyšší dolní krční lordózu (C3–C7) než ženy. Uvádí, že vyšší dolní lordóza může odrážet vyšší hrudní kyfózu a vyšší ventrální sklon prvního hrudního obratle. Pokud se budeme zabývat dětstvím, tak některé z rozdílů byly patrné i v tomto období. Dívky měly vyšší horní krční lordózu (foramen magnum – C3, C1–C3) než chlapci, zatímco chlapci již vykazují tendenci k vyšší dolní krční lordóze (C3–C7). Na druhé straně nebyl žádný rozdíl v klínovitém tvaru meziobratlových plotének mezi chlapci a dívkami (Been et al., 2017).



Většina autorů se shoduje na začátku a průběhu vývoje hrudní kyfózy. Hrudní kyfóza patří mezi primární zakřivení páteře, znamená to tedy, že je přítomna již v prenatálním vývoji (Neumann, 2010). V průběhu života se však mění. Kyfotická křivka hrudní páteře se s věkem zvyšuje zejména v důsledku změn probíhajících v měkkých tkáních a snižováním denzity kostí s přibývajícím věkem (Fon et al., 1980). Been et al. (2010) dodává, že hrudní kyfóza je více ovlivněna tvarem obratlů a v menší míře tvarem meziobratlových plotének. Zvyšování kyfózy souvisí také se zvýšením tlaku na klínovitý tvar obratlů a následné zúžení meziobratlových plotének (Fon et al., 1980). Toto tvrzení potvrzuje Roussouly et al. (2005), který prokázal zvýšení hrudní kyfózy u starší věkové skupiny a zjistil také rozdíly mezi pohlavími. Vyšší míru zvětšení zjistil u žen, ale tato změna nebyla způsobena rozdílem ve stupni klínovitého tvaru jednotlivých obratlů. Avšak názory na fyziologický rozsah křivky v průběhu života se různí. Dosud nejsou přesně stanovené rozsahy pro věkovou skupinu od narození do čtyř let, ale Fon et al. (1980) popisuje normální rozsah hrudní kyfózy v závislosti dle věku a pohlaví a zjistil, že ženy mají o něco větší kyfózu a také, že kyfóza měla tendenci se s věkem mírně zvětšovat, přičemž horní hranice normální kyfózy u starších dospělých byla až  $56^\circ$ . Nejmladší věková skupina v uvedené studii byla od dvou do devíti let, spodní hranice tedy zasahuje do věkového rozmezí, kterým se zabývá tato práce. Průměrná velikost hrudní kyfózy u žen byla  $23,87^\circ$ , u mužů  $20,88^\circ$  při měření dle Cobba (Fon et al., 1980).

Choufani et al. (2009) udává za začátek vývoje bederní lordózy již prenatální období, jelikož ve své studii prokázal přítomnost lumbosakrální lordózy u plodů ve 23–40 týdnu těhotenství. Uvedl, že na velikosti lumbosakrálního úhlu může hrát roli genetika i mechanické faktory (pozice plodu v děloze, flexe kyčle a páteře). Pravdou však je, že v intrauterinním vývoji je patrná pouze lumbosakrální lordóza, tedy lordotický úhel mezi

obratlem L5–S1, zbylá část bederní lordózy zatím lordotická není. Avšak obratel L5 přispívá k celkové bederní lordóze ze 40 % (Been, Kalichman, 2014), lumbosakrální úhel tedy tvoří významný základ bederní lordózy a můžeme tedy tvrdit, že v prenatalním období začíná vývoj bederní lordózy. Toto zjištění nepřímo navazuje na studii Reichmann, Lewin (1970), která se zabývala vývojem bederní lordózy v dětském věku. Znázornění křivky bederní páteře bylo rozděleno do pěti skupin. V období od narození do 7 týdnů bylo zjištěno nejvíce probandů s variantou, která zahrnovala mírně kyfotický tvar bederní páteře s výrazným lumbosakrálním úhlem (Obrázek 7). Dovolím si tvrdit, že toto zjištění potvrzuje výsledky studie Choufani et al. (2009), jelikož v období od narození do 7 týdnů života je zahrnuto novorozenecké období, kdy převažují morfologické parametry páteře, které dítě vykazuje již na konci intrauterinního vývoje. Zároveň Reichmann, Lewin (1970) uvedl, že v období od 2–6 měsíců postnatálního života převažovala mírná bederní lordóza s výrazným lumbosakrálním úhlem (Obrázek 10). Tento údaj by částečně koreloval s názorem, který uvádějí Kolář (2009), Lippert (2011), že bederní lordóza se začíná formovat v období druhého trimenonu, a to v důsledku působení vnitřních sil na oblast bederní páteře při zvedání dolních končetin nad podložku v poloze na zádech. Z toho by mohlo vyplívat, že na vývoji bederní lordózy by mělo vliv napřimění v oblasti bederní páteře (str. 45) a svalová stabilizace torakolumbálního přechodu. Částečnou korelaci je myšleno to, že pokud bychom si pojem „formace“ vynaložili jako začátek vývoje, tak tento fakt již vyvrátil Choufani et al (2009), ale i on uznává, že další vývoj bederní lordózy pokračuje v postnatálním období.

V rozmezí 7.–14. měsíce postnatálního života je bederní páteř výrazně lordotická s výrazným lumbosakrálním úhlem (Obrázek 9) (Reichmann, Lewin, 1970). Toto zjištění potvrzuje Been, Kalichman (2014), který uvádí, že rozvoj bederní lordózy probíhá

nejintenzivněji do 3. roku života. Bederní lordóza se vyvíjí také s vertikalizací dítěte, neboť bederní lordóza stabilizuje horní část těla nad dolní končetiny v bipedální pozici umístěním těžiště trupu nad kyčelní klouby (Whitcome et al., 2007). V období 12.–24. měsíce postnatálního života je při vzpřímeném stoji a chůzi přítomna hyperlordóza a antevertze pánve. Na konci druhého roku života se bederní lordóza a antevertze pánve zmenšuje, břišní stěna se tonizuje a celé trupové svalstvo se zapojuje do složitého krokového mechanismu (Bertoti, 2004). Potvrzuje to všeobecně známý fakt, že břišní a zádové svalstvo ovlivňuje sklon pánve a bederní páteře při vzpřímené poloze těla (Jull, Janda V., 1987; Walker et al., 1987). Oslabené břišní svaly a silné zádové svaly vedou k antevertzi pánve a vzniku hyperlordózy a na druhou stranu silné břišní svaly a slabé zádové svaly mohou způsobit retrovertzi pánve a snížit lordózu (Been, Kalichman, 2013). Další studie (Youdas JW et al., 1996; Walker et al., 1987; Heino et al., 1990) zkoumaly souvislost mezi silou břišních svalů a úhlem lordózy, ale nenašli žádný přesvědčivý důkaz. Rozvoj bederní lordózy v raném věku je ovlivněn zejména tvarem obratlů, později je lordóza určena tvarem meziobratlových destiček. Ve věku od 2 do 4 let je podíl klínovitého tvaru těl obratlů a disků téměř stejný (53 % obratlová těla:47 % meziobratlové ploténky), avšak u starších věkových skupin se disky podílejí 3,5 krát více než těla na bederní lordóze (Shefi et al., 2013). Klínovitý tvar těl obratlů s věkem mírně klesá, naopak klínovitý tvar meziobratlové ploténky narůstá a pozitivně koreluje s věkem. Bylo zjištěno, že nedochází ke změně klínovitého tvaru obratlových těl kaudální segmentů (L3-L5) s narůstajícím věkem od 2–4 let. (Shefi et al., 2013). Kalichman et al. (2011) nenalezl žádnou souvislost mezi věkem a klínovitým tvarem těl obratlů a meziobratlových plotének. Kalichman et al. (2011) také uvedl, že úhel bederní lordózy se mezi pohlavími neliší. Tomuto zjištění odporují studie (Hay et al., 2015; Middledith A, Oliver J, 2005; Vialle et al., 2005; Murrie et al., 2003; Youdas JW et al., 2000; Fernand, Fox, 1985; Gelb et al.,

1995), které našly rozdíly ve velikosti bederní lordózy mezi muži a ženami. Hay et al. (2015) uvedl, že větší úhel zakřivení bederní lordózy vyskytuje častěji u žen a svrchní část křivky je lokalizovaná více dorzálně a její vrchol je umístěn kaudálněji. Ženy a muži mají tedy rozdílnou vnitřní architekturu bederní lordózy. Toto zjištění podporuje Whitcome et al. (2017), který pronesl, že v oblasti bederní páteře spatřujeme lidský bederní sexuální dimorfismus. Klínovitý tvar obratlů se výrazně liší dle pohlaví od segmentu L1 do L4. Kompletní lordotická sekvence dorzálního klínovitého tvaru obratlů u mužů zahrnuje jen dva obratle, předposlední a poslední bederní obratel (Obrázek 12). Naproti tomu u žen tento vzor zahrnuje tři obratle, L3, L4, L5 (Obrázek 12).

Podstatná součást fyziologického a vyváženého zakřivení páteře v sagitální rovině je vzájemný vztah mezi sakrálním sklonem a bederní lordózou. Rossouly et al. (2005) uvedl, že horní oblouk bederní lordózy je relativně konstantní, avšak variace dolního oblouku jsou určeny sakrálním sklonem. Pokud se zvyšuje sakrální sklon, zvyšuje se spodní oblouk lordózy, pánevní incidence a globální zakřivení lordózy. Toto zjištění potvrzuje Been, Kalichman (2014), kteří uvádějí, že větší bederní lordóza je velmi často spojena s více horizontalizovaným sakrem, větší hodnotou *pelvic tilting* a pánevní incidencí a také s větší hrudní kyfózou. Když se snižuje sakrální sklon, mohou nastat dvě vzájemné změny v dolním oblouku lordózy. Dolní oblouk lordózy se může zmenšit, tím že se vrchol lordózy pohybuje kaudálně, nebo se spodní oblouk může zploštit v důsledku zvýšeného poloměru zakřivení. Obě varianty jsou spojeny s nízkou hodnotou pánevní incidence. Na základě těchto zjištění uvedl Rossouly et al. (2005) čtyři typy lordóz ve vztahu k sakrálnímu sklonu. Vztah pánevní incidence a velikosti bederní lordózy potvrzuje studie Legaye et al. (1998), který uvedl, že pánevní incidence je jediný nezávislý anatomický parametr podílející se na určení orientace pánve a velikosti bederní lordózy. Nízké hodnoty pánevní

incidence vedou ke zploštělé bederní lordóze a vysoké naopak k výrazné bederní lordóze (Legaye et al., 1998). Na základě dosud zjištěných informací můžeme tedy říci, že bederní lordóza se vyvíjí, mění vnitřní architekturu a zvyšuje se s věkem, avšak její velikost a konfigurace u jednotlivých lidí silně závisí také na pohlaví, sakrálním sklonu, pánevní incidenci a hodnotě *pelvic tilting*.

V praktické části této práce jsem provedl měření zakřivení páteře v sagitální rovině probandů pomocí softwaru SCODIAC 2.3. V softwaru SCODIAC 2.3 bylo využito měření sagitálního zakřivení páteře dle Stolinského, které obsahuje měření protrakce hlavy, inklinace hrudníku, hrudní kyfózy, bederní lordózy a sakrálního sklonu. Z toho měření jsem využil měření hrudní kyfózy, bederní lordózy a sakrálního sklonu.

Věková skupina číslo jedna byla tvořena čtyřmi probandy ve věku 2 let. Tuto věkovou skupinu tvořily pouze ženy. Průměrná velikost hrudní kyfózy odpovídala fyziologickým hodnotám, které uvádí Stagnara et al. (1982), Fon et al. (1980), avšak neodpovídá hodnotě, které uvádí Bernhardt, Bridwell (1989). Průměrná velikost bederní lordózy odpovídá fyziologickým hodnotám, které uvádí Bernhardt, Bridwell (1989), Wambolta a Spencera (1987), Propst-Proctor et al. (1983). Dle rozdělení bederní lordózy na 4 typy ve vztahu k sakrálnímu sklonu dle studie Roussouly et al. (2005) zde byli 3 probandi s typem 3. a jeden s typem 2. Typ 3. byl spojen s anteverzí pánve. Studie Laouissat et al. (2018) zmiňuje, že při anteverzii pánve je často přítomna vyšší hodnota sakrálního sklonu a malá hodnota pánevní incidence, stejně jako u 3. typu lordózy dle klasifikace Roussouly et al. (2005) – (viz. str. 27, 28).

Druhá věková skupina byla tvořena třemi probandy (dvě ženy a jeden muž) ve věku 4 let. Průměrná velikost hrudní kyfózy odpovídala fyziologickým hodnotám, které uvádí Stagnara et al. (1982), Fon et al. (1980), avšak neodpovídá hodnotě, které uvádí Bernhardt,

Bridwell (1989). Průměrná velikost bederní lordózy odpovídá fyziologickým hodnotám, které uvádí Bernhardt, Bridwell (1989), Wambolta a Spencera (1987), Propst-Proctor et al. (1983). Budeme-li porovnávat hodnoty hrudní kyfózy a bederní lordózy mezi mužem a průměrnou hodnotou dvou žen, zjistíme, že hodnoty hrudní kyfózy a bederní lordózy žen v této věkové skupině jsou větší a potvrzovalo by to zjištění ze studií (Rossouly et al., 2005, Fon et al., 1980) ohledně velikosti hrudní kyfózy a studií (Vialle et al., 2005; Murrie et al., 2003; Youdas JW et al., 2000; Fernand, Fox, 1985; Gelb et al., 1995) ohledně bederní lordózy. Dle rozdělení bederní lordózy na 4 typy ve vztahu k sakrálnímu sklonu dle studie Roussouly et al. (2005) zde byli 2 probandi s typem 2. a jeden s typem 1., avšak u jednoho probanda s typem 2. byla přítomna anteverze pánve, což částečně nekoreluje se studií Laouissat et al. (2018), která spojuje anteverzi pánve s 3. typem bederní lordózy dle klasifikace Roussouly et al. (2005). Částečně proto, že 2. typ bederní lordózy dle klasifikace Roussouly et al. (2005) - (viz. str. 27, 28) je spojen s nízkou hodnotou pánevní incidence, ale i s nízkou hodnotu sakrálního sklonu ( $<35^\circ$ ), což typ 3. není.

Věkovou skupinu číslo tři tvořili tři probandy mužského pohlaví ve věku 5–6 let. Průměrná velikost hrudní kyfózy odpovídala fyziologickým hodnotám, které uvádí Stagnara et al. (1982), Fon et al. (1980), avšak neodpovídá hodnotě, které uvádí Bernhardt, Bridwell (1989). Jeden proband měl vyšší hodnotu hrudní kyfózy, než kterou uvádí za fyziologickou Stagnara et al (1982), Fon et al. (1980) i Bernhardt, Bridwell (1989). Průměrná velikost bederní lordózy odpovídá fyziologickým hodnotám, které uvádí Bernhardt, Bridwell (1989), Wambolta a Spencera (1987), Propst-Proctor et al. (1983). Dle rozdělení bederní lordózy na 4 typy ve vztahu k sakrálnímu sklonu dle studie Roussouly et al. (2005) zde všichni tři probandi měli typ 2., avšak u dvou probandů byla přítomna anteverze pánve, což částečně nekoreluje se studií Laouissat et al. (2018), která spojuje

anteverzi pánve s 3. typem bederní lordózy dle klasifikace Roussouly et al. (2005). Částečně proto, že 2. typ bederní lordózy dle klasifikace Roussouly et al. (2005) - (viz. str. 27, 28) je spojen s nízkou hodnotou pánevní incidence, ale i s nízkou hodnotu sakrálního sklonu ( $<35^\circ$ ), což typ 3. není.

Porovnáme-li průměrné hodnoty hrudní kyfózy mezi první a druhou věkovou skupinou bez ohledu na pohlaví, zjistíme, že hodnoty se neliší. Avšak porovnáme-li průměrné hodnoty hrudní kyfózy první a druhé věkové skupiny s třetí věkovou skupinou, vidíme nepatrný nárůst. To by mohlo potvrzovat zjištění studie Fon et al. (1980), že hrudní kyfóza se zvyšuje přibývajícím věkem, rozdíl je však pouze  $3^\circ$ . Průměrná hodnota bederní lordózy mezi první a druhou věkovou skupinou se zmenšila o  $8^\circ$ . Toto zjištění nepodporuje studii Shefi et al. (2013), která uvedla, že hodnota bederní lordózy ve věkové skupině 2–4 roky vzrostla z  $30^\circ$  na  $44^\circ$ , avšak měření probíhalo v poloze na zádech, což může velice zkreslovat výsledky, neboť Lippert (2011) uvádí, že lordózy v poloze na zádech nejsou do 6 let fixovány. Dle studie Shefi et al. (2013) tedy lze říci, že bederní lordóza zcela v poloze na zádech nevymizí, ale je možné, že velikost křivky bude menší. Pokud ale porovnáme průměrné hodnoty bederní lordózy první a druhé věkové skupiny bez ohledu na pohlaví s třetí věkovou skupinou, zjistíme zvětšení bederní lordózy. To by potvrzovalo zjištění studií (Tüzün C et al., 1999; Amono-Kuofi HS, 1992), které udávají zvětšování bederní lordózy s přibývajícím věkem. Vypočteme-li průměrnou hodnotu hrudní kyfózy (TK), bederní lordózy (LL) ze všech věkových skupin, vyjde nám  $TK=44^\circ \pm 1,4$ ,  $LL=47^\circ \pm 4,3$  a tyto hodnoty se přibližují hodnotám, které uvádí Cil et al. (2005) ve své studii pro věkovou skupinu 3–6 let a to  $TK=44,9^\circ \pm 11,4$ ,  $LL=44,3^\circ \pm 11,0$ . Porovnáme-li průměrnou hodnotu hrudní kyfózy vypočtenou ze všech probandů mužského pohlaví s průměrnou hodnotu hrudní kyfózy vypočtenou ze všech probandů ženského pohlaví,

zjistíme u žen vyšší hodnotu hrudní kyfózy, což by potvrzovalo zjištění studií (Rossouly et al., 2005, Fon et al., 1980), které uvádějí vyšší hodnoty hrudní kyfózy u žen. Porovnáme-li průměrnou hodnotu bederní lordózy vypočtenou ze všech probandů mužského pohlaví s průměrnou hodnotu bederní lordózy vypočtenou ze všech probandů ženského pohlaví, zjistíme u mužů a žen téměř identickou hodnotu, pouze o jeden stupeň vyšší hodnotu bederní lordózy u mužů. Nepotvrzovalo by to tedy studie (Vialle et al., 2005; Murrie et al., 2003; Youdas JW et al., 2000; Fernand, Fox, 1985; Gelb et al., 1995), které uvádějí vyšší bederní lordózu u žen. Porovnáme-li průměrnou hodnotu sakrálního sklonu vypočtenou ze všech probandů mužského pohlaví s průměrnou hodnotu sakrálního sklonu vypočtenou ze všech probandů ženského pohlaví, dostaneme u obou pohlaví průměr  $30^\circ$ , což by neodpovídalo zjištění studie Roussouly et al. (2005), která zmiňuje, že dívky mají větší skloní sakrální než chlapci v mladistvém období (do 15 roku života).

Limity práce jsou: 1, počet probandů; 2, přesnost měření z fotografií. Největším limitem praktické části práce je především počet probandů. Aby výsledky byly statisticky významné, bylo by primárně potřeba větší počet probandů a sekundárně také přibližně stejný počet mužů a žen. Vezmeme-li v potaz přesnost měření pomocí softwaru SCODIAC 2.3 tak Stolinski et al. (2017) uvádí, že rozdíly v přesnosti mezi SCODIAC 2.3 a Rippsteinovo plurimetrem byly minimální. Avšak nenalezl jsem studie, které by porovnávaly měření plurimetrem či softwarem SCODIAC 2.3 s měřením ze snímků RTG. Předpokládám, že měření sagitálního zakřivení páteře ze snímků RTG je přesnější. Přesnost měření je limitována fotografiemi, které na základě instrukcí pořizovali rodiče dětí. Přestože se snažili postupovat co nejpřesněji podle návodu, nebyly vždy zachovány stejné podmínky u všech probandů při pořizování fotografií. Naměřené hodnoty a vypočtené průměrné hodnoty byly zaokrouhleny na celé stupně.



## ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo popsat vývoj fyziologického zakřivení páteře dítěte do čtyř let věku dle dostupné literatury. Rešeršní část práce je rozdělena na vývoj jednotlivých křivek, u kterých jsou uvedeny hlavní faktory formující a ovlivňující fyziologické zakřivení páteře a vzájemné vztahy mezi křivkami. Z literatury většinou vyplývá, že se novorozenec narodí pouze s primárním zakřivením páteře, které nazýváme tzv. globální kyfóza. Některé studie ale poukazují na fakt, že krční a bederní lordóza se začíná formovat již v nitroděložním vývoji a v průběhu postnatálního života se zvyrazňuje.

V rámci praktické části práce jsem provedl měření zakřivení páteře v sagitální rovině vertikalizovaných dětí do čtyř let a dětí ve věku pěti až šesti let pomocí softwaru SCODIAC 2.3 z fotografického materiálu. Studie se zúčastnilo 10 probandů (6 dívek a 4 chlapci). Cílem bylo porovnání zjištěných informací z dostupné literatury s parametry naměřenými na probandech. Hodnoty hrudní kyfózy a bederní lordózy se zvyšovaly přibývajícím věkem. U sakrálního sklonu nebyla zjištěna závislost na věku.

Fyziologické zakřivení páteře je součástí vzhledu a funkce lidského těla. Proto je podstatné znát co nejdůkladněji vývoj fyziologického zakřivení páteře, abychom mohli určit případné odchylky a následně zvolit adekvátní terapii. SCODIAC je jedním z možných způsobů měření zakřivení páteře v sagitální rovině. Měření je snadno proveditelné, levné a rychlé, má však i své limity.

## REFERENČNÍ SEZNAM

- ABELIN-GENEVOIS, K., A, IDJEROUIDENE, P. ROUSSOULY, J. M. VITAL a C. GARIN. Cervical spine alignment in the pediatric population: a radiographic normative study of 150 asymptomatic patients. *European Spine Journal* [online]. 2014, **23**, 1442-1448 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: doi:10.1007/s00586-013-3150-5
- ADAMS, Michael A. a Patrick DOLAN. Spine biomechanics. *Journal of Biomechanics* [online]. 2005, **38**(10), 1972-1983 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: doi:10.1016/j.jbiomech.2005.03.028
- ALLEN, K. E. a L. R. MAROTZ. *Přehled vývoje dítěte od prenatálního období do 8 let*. Praha: Portál, 2002. ISBN 80-7178-614-4.
- AMONOO-KUOFI, U.S. Changes in the Lumbosacral Angle, Sacral Inclination and the Curvature of the Lumbar Spine during Aging. *Acta Anat* [online]. 1992, **145**, 373-377 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1159/000147392
- AVANZI, Osmar, Lin Yu CHIH, Robert MEVES, Maria Fernanda SILBER CAFFARO a José Henrique PELLEGRINI. Thoracic kyphosis and hamstring: an aesthetic-functional correlation. *Acta Ortopédica Brasileira* [online]. 2007, **15**(2), 93-96 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: https://www.scielo.br/pdf/aob/v15n2/en\_v15n2a07.pdf
- BAGNALL, K M, P F HARRIS a P R Jones JONES. A radiographic study of the human fetal spine. 1. The development of the secondary cervical curvature. *Journal of Anatomy* [online]. 1977, **127**(3), 777-782 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1234734/
- BEEN, Ella, Alon BARASH, Hayuta PESSAH a Smadar PELEG. A New Look at the Geometry of the Lumbar Spine. *Spine* [online]. 2010, **35**(20), 1014-1017 [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: doi:10.1097/BRS.0b013e3181ddd433
- BEEN, Ella a Leonid KALICHMAN. Lumbar lordosis. *The Spine Journal* [online]. 2014, **14**(1), 87-97 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.07.464
- BEEN, Ella, Hayuta PESSAH, Laurence BEEN, Arie TAWIL a Smadar PELEG. New Method for Predicting the Lumbar Lordosis Angle in Skeletal Material. *The Anatomical Record*

[online]. 2007, **290**(12), 1568-1573 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1002/ar.20607](https://doi.org/10.1002/ar.20607)

BEEN, Ella, Sara SHEFI, Lisa RAVIV ZILKA a Michalle SOUNDACK. Foramen Magnum Orientation and Its Association with Cervical Lordosis: A Model for Reconstructing Cervical Curvature in Archeological and Extinct Hominin Specimens. *Advances in Anthropology* [online]. 2014, **4**(3), 133-140 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: [doi:10.4236/aa.2014.43017](https://doi.org/10.4236/aa.2014.43017)

BEEN, Ella, Sara SHEFI a Michalle Soudack. Cervical lordosis: the effect of age and gender. *The Spine Journal* [online]. 2017, **17**(6), 880-888 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1529943017300748>

BERNHARD, Mark a Keith H. BIRDWELL. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. *Spine* [online]. 1989, **14**(7), 717-721 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: [doi:10.1097/00007632-198907000-00012](https://doi.org/10.1097/00007632-198907000-00012)

BERTOTI, D. B. *Functional Neurorehabilitation Through the Life Span*. Philadelphia: F. A. Davis Company, 2004. ISBN 978-0-8036-1107-8.

BERTSCH, Carola, Heidi UNGER, Winfried WINKELMANN a Dieter ROSENBAUM. Evaluation of early walking patterns from plantar pressure distribution measurements. First year results of 42 children. *Gait & Posture* [online]. 2004, **19**(3), 235-242 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(03\)00064-X](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(03)00064-X)

CAILLIET, R. *Low back pain syndrome*. 5th. Philadelphia: F. A. Davis Company, 1995.

CALGUNERI, M, H A BIRD a V WRIGHT. Changes in joint laxity occurring during pregnancy. *Annals Rheum Dis* [online]. 2003, **41**(2), 126-128 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://ard.bmj.com/content/41/2/126.short>

CIL, Akin, Muharrem YAZICI, Akin UZUMUCUGIL, Utku KANDEMIR, Ahmet ALANAY, Yasemin ALANAY, Emre ACAROGLU a Adil SURAT. The Evolution of Sagittal Segmental Alignment of the Spine During Childhood. *Spine* [online]. 2005, **30**(1), 93-100 [cit. 2021-04-09]. Dostupné z: <https://oce-ovid-com.ezproxy.is.cuni.cz/article/00007632-200501010-00017/HTML>

- COLLITON, Julie. Back Pain and Pregnancy: active management strategies. *The Physician and Sportsmedicine* [online]. 1996, **24**(7), 89-93 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3810/psm.1996.07.1413>
- CUNNINGHAM, DJ. The lumbar curve in man and apes. *Nature*. 1886, **33**, 378-9.
- ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. 3. upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3817-8.
- DIMEGLIO, A a F BONNEL. *Le rachis en croissance: scoliose, taille assise et puberté*. Springer-Verlag, 1990.
- DRYDEN, Ian L., Neil OXBORROW, Robert DICKSON a . Familial relationships of normal spine shape. *Statistics in Medicine* [online]. 2008, **27**(11), 1993-2003 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1002/sim.3162>
- DUNGL, Pavel. *Ortopedie*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-4357-8.
- DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
- FAHRNI, WH a GE TRUEMAN. Comparative radiological study of the spines of a primitive population with North Americans and Northern Europeans. *The Journal of Bone and Joint surgery* [online]. 1965, **47**(3), 552-555 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://online.boneandjoint.org.uk/doi/pdf/10.1302/0301-620X.47B3.552>
- FERNARD, R. a DE FOX. Evaluation of lumbar lordosis. A prospective and retrospective study. *Spine* [online]. 1985, **10**(9), 799-803 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: doi:[10.1097/00007632-198511000-00003](https://doi.org/10.1097/00007632-198511000-00003)
- FON, GT, MJ PITT a AC THIES, JR. Thoracic kyphosis: range in normal subjects. *American Journal of Roentgenology* [online]. 1980, **134**(5), 979-983 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:[10.2214/ajr.134.5.979](https://doi.org/10.2214/ajr.134.5.979)
- GELB, DE, LG LENKE, KH BRIDWELL, K BLANKE a KW MCENERY. An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers. *Spine* [online]. 1995, **20**(12), 1351-1358 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://europepmc.org/article/med/7676332>

- GOLDBERG, Caren A. a Cynthia M. CHIARELLO. Lumbar Sagittal Plane Mobility and Lordosis in the Well Elderly as Related to Gender and Activity Level. *Physical & Occupational Therapy In Geriatrics* [online]. 2001, **19**(4), 17-34 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.1080/J148v19n04\\_02](https://doi.org/10.1080/J148v19n04_02)
- GUO, JM, GQ ZHANG a ALIMUJIANG. Effect of BMI and WHR on lumbar lordosis and sacrum slant angle in middle and elderly women. *China Journal of Orthopaedics and Traumatology* [online]. 2008, **21**(1), 30-31 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://europepmc.org/article/med/19102267>
- HALD, HJ, B DANZ, R SCHWAB, K BURMEISTER a W BÄHREN. Radiographically demonstrable spinal changes in asymptomatic young men. *Rofo*. [online]. 1995, **163**(1), 4-8 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7626752/>
- HALLEMANS, Ann, Dirk DE CLERQ, Bert OTTEN a Peter AERTS. 3D joint dynamics of walking in toddlers: A cross-sectional study spanning the first rapid development phase of walking. *Gait & Posture* [online]. 2005, **22**(2), 107-108 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.is.cuni.cz/science/article/pii/S0966636204001389>
- HALLEMANS, Ann, Dirk DE CLERQ, Stefaan VAN DONGEN a Peter AERTS. Changes in foot-function parameters during the first 5 months after the onset of independent walking: a longitudinal follow-up study. *Gait & Posture* [online]. 2006, **23**(2), 142-148 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.is.cuni.cz/science/article/pii/S096663620500007X>
- HANSON, P, S.P. MAGNUSSON a E.B. SIMONSEN. Differences in Sacral Angulation and Lumbosacral Curvature in Black and White Young Men and Women. *Acta Anat* [online]. 1998, **162**, 226-231 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1159/000046437>
- HEINO, Jacklyn G., Joseph J. GODGES a Charles L. CARTER. Relationship Between Hip Extension Range of Motion and Postural Alignment. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* [online]. 1990, **12**(6), 243-247 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://www.jospt.org/doi/abs/10.2519/jospt.1990.12.6.243>

- HENNESSEY, L a A W WATSON. Flexibility and posture assessment in relation to hamstring injury. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 1993, **27**(4), 243-246 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: doi:<http://dx.doi.org/10.1136/bjism.27.4.243>
- HENRIQUES DOS SANTOS, Marcos Fabio, Rodrigo Lopes DE LIMA, Bernardo DE-ARY-PIRES, Mário Ary PIRES-NETO a Ricardo DE ARY-PIRES. Developmental steps of the human cervical spine: parameters for evaluation of skeletal maturation stages. *Anatomical Science International volume* [online]. 2009, **85**, 105-114 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: doi:[10.1007/s12565-009-0065-7](https://doi.org/10.1007/s12565-009-0065-7)
- CHEN, Yi-Lang. Geometric Measurements of the Lumbar Spine in Chinese Men During Trunk Flexion. *Spine* [online]. 1999, **24**(7), 666-669 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: [https://journals.lww.com/spinejournal/Abstract/1999/04010/Geometric\\_Measurements\\_of\\_the\\_Lumbar\\_Spine\\_in.10.aspx](https://journals.lww.com/spinejournal/Abstract/1999/04010/Geometric_Measurements_of_the_Lumbar_Spine_in.10.aspx)
- CHOUFANI, Elie, Jean-Luc JOUVE, Vincent POMERO, Pascal ADALIAN, Kathia CHAUMOITRE a Michel PANUEL. Lumbosacral lordosis in fetal spine: genetic or mechanic parameter. *European Spine Journal* [online]. 2009, **18**, 1342-1348 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:[10.1007/s00586-009-1012-y](https://doi.org/10.1007/s00586-009-1012-y)
- JUHL, John H., Syney M. MILLER a Gomer W. ROBERTS. Roentgenographic Variations in the Normal Cervical Spine. *Radiology* [online]. 1962, **78**(4) [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1148/78.4.591>
- JULL, GA a V. JANDA. Muscles and motor control in low-back pain: assessment and management. *Physical therapy of the low back*. 1987, , 253-278.
- KALICHMAN, Leonid, David J. HUNTER, Ella BEEN a Ling LI. Association between computed tomography–evaluated lumbar lordosis and features of spinal degeneration, evaluated in supine position. *The Spine Journal* [online]. 2011, **11**(4), 308-315 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.spinee.2011.02.010>
- KASAI, Tokio, Takaaki IKATA, Shinsuke KATOH, Roji MIYAKE a Masahiho TSUBO. Growth of the Cervical Spine With Special Reference to Its Lordosis and Mobility. *Spine* [online]. 1996, **21**(18), 2067-2073 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: [https://journals.lww.com/spinejournal/Fulltext/1996/09150/Growth\\_of\\_the\\_Cervical\\_Spin](https://journals.lww.com/spinejournal/Fulltext/1996/09150/Growth_of_the_Cervical_Spin)

e\_With\_Special.3.aspx?casa\_token=doLoApKWDHcAAAAA:otZ2uTgO-FRO2c94TpgrmagOV-oq6fTJq-w2ZyLIsWTasxQFKo1\_v6kEbfhhfQTpXLMLNmFT1COOP3deGBULIXqIGSrlA

KIM, MS, SW CHUNG, C HWANG, CK LEE a BS CHANG. A Radiographic Analysis of Sagittal Spinal Alignment for the Standardization of Standing Lateral Position. *J Korean Orthop Assoc.* [online]. 2005, **40**(7), 861-867 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://www.jkoa.org/DOIx.php?id=10.4055/jkoa.2005.40.7.861>

KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-657-1.

LAGMEIER, Josef a Dana KREJČÍKOVÁ. *Vývojová psychologie*. Praha: Grada, 1998. ISBN 807169195X.

LAOUISSAT, Féthi, Amer SEBAALY, Martin GEHRCHEN a Pierre ROUSSOULY. Classification of normal sagittal spine alignment: refounding the Roussouly classification. *European Spine Journal* [online]. 2018, **27**, 2002-2011 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00586-017-5111-x>

LEGAYE, J., G. DUVAL-BEAUPÈRE, J. HECQUET a C. MARTY. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *European Spine Journal* [online]. 1998, **7**, 99-103 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3611230/pdf/586\\_1998\\_Article\\_80070099.586.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3611230/pdf/586_1998_Article_80070099.586.pdf)

LIPPERT, Herbert a Désirée HERBOLD. *Lehrbuch Anatomie*. 8.nd. München: Elsevier, 2011. ISBN 106103270.

LIU, Hao, Bing-Ping QIAN, Yong QUI, Yan WANG, Bin WANG, Yang YU a Ze-Zhang ZHU. Vertebral body or intervertebral disc wedging: which contributes more to thoracolumbar kyphosis in ankylosing spondylitis patients? *Medicine (Baltimore)* [online]. 2016, **95**(38) [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:10.1097/MD.0000000000004855

LONNER, Baron, Joshua AUERBACH, Paul SPONSELLER, Amar RAJADHYAKSA a Peter NEWTON. Variations in Pelvic and Other Sagittal Spinal Parameters as a Function of Race in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* [online]. 2010, **10**(35), 374-377 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: doi:10.1097/BRS.0b013e3181bb4f96

- MARNACH, Mary L, Kirk D RAMIN, Patrick S RAMSEY, Seak-Whan SONG, Jacqueline J STENSLAND a Kai-Nah AN. Characterization of the relationship between joint laxity and maternal hormones in pregnancy. *Obstetrics & Gynecology* [online]. 2003, **101**(2), 331-335 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.1016/S0029-7844\(02\)02447-X](https://doi.org/10.1016/S0029-7844(02)02447-X)
- MCCARTHY, James a Randal BETZ. The Relationship Between Tight Hamstrings and Lumbar Hypolordosis in Children With Cerebral Palsy. *Spine* [online]. 2000, **25**(2), 211 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: [https://journals.lww.com/spinejournal/Fulltext/2000/01150/The\\_Relationship\\_Between\\_Tight\\_Hamstrings\\_and.11.aspx?casa\\_token=xWBn11bFQ-UAAAAA:xSRIJOcwLTT2kgUy9IPZH58rHEcBiKauItGk0JXWmsfjnkTOqJbHfHspQZrBlznlrV5UTAUxHtyfWoBDHTAe87EmfjgyfA](https://journals.lww.com/spinejournal/Fulltext/2000/01150/The_Relationship_Between_Tight_Hamstrings_and.11.aspx?casa_token=xWBn11bFQ-UAAAAA:xSRIJOcwLTT2kgUy9IPZH58rHEcBiKauItGk0JXWmsfjnkTOqJbHfHspQZrBlznlrV5UTAUxHtyfWoBDHTAe87EmfjgyfA)
- MCKAY, George, Peter Alexander TORRIE, Georgina DEMPSTER, Wendy BERTRAM a Ian HARDING. The Relationship between Sacral Kyphosis and Pelvic Incidence. *Asian Spine Journal* [online]. 2018, **12**(1), 74-79 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.4184/asj.2018.12.1.74>
- MCLLWRAITH, B. Loss of the lumbar curve in the driving seat: a twenty person study. *British Osteopathic Journal*. 1996, **29**, 19-23.
- MIDDLEDITCH, Alison a Jean OLIVER. *Functional Anatomy of the Spine*. 2nd Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2005. ISBN 9780750627177.
- MOORE, Keith L., Arthur F. DALLEY a Anne M. R. AGUR. *Clinically oriented anatomy*. Sixth edition. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2009. ISBN 978-0781775250.
- MOSNER, EA, JM BRYAN, MA STULL a R SHIPPEE. A comparison of actual and apparent lumbar lordosis in black and white adult females. *Spine* [online]. 1989, **14**(3), 310-314 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: doi:[10.1097/00007632-198903000-00011](https://doi.org/10.1097/00007632-198903000-00011)
- MURRIE, V.L., A.K. DIXON, W. HOLLINGWORTH a T.A.C DOYLE. Lumbar lordosis: Study of patients with and without low back pain. *Clinical Anatomy* [online]. 2003, **16**(16), 144-147 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1002/ca.10114>



- NACHEMSON, Alf. The Possible Importance of the Psoas Muscle for Stabilization of the Lumbar Spine. *Acta Orthopaedica Scandinavica* [online]. 1968, **39**(1-3), 47-57 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3109/17453676808989438>
- NAIDO, M. *The evolution of radiographic measurements of the lumbar spine in young to middle aged Indian female in Durban*. Durba, South Africa: Durban University of Technology, 2008, 111 s.
- NAIK, Pavankumar, Arun KUMBI a Vishwanath HIREGOUDAR. Literature Survey on Human Spinal Deformities using 3D Reconstruction Techniques. *INTERNATIONAL JOURNAL FOR INNOVATIVE RESEARCH IN MULTIDISCIPLINARY FIELD* [online]. 2016, **2**(10), 450-454 [cit. 2021-04-18]. ISSN 2455-0620. Dostupné z: academia.edu
- NASERI, Nasrin, Zahra FAKHARI, Maryam SENOBARI, Shohreh JALAEI a Mahbobeh BANEJAD. The relationship between pelvic tilt and lumbar lordosis with muscle tightness, and muscle strength in healthy female subjects. *Journal of Modern Rehabilitation* [online]. 2010, **3**(3,4), 48-55 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://mrj.tums.ac.ir/article-1-113-en.html>
- NEUMANN, Donald. *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*. 2nd. St. Louis, Mo.: Mosby/Elsevier, 2010. ISBN 978-0-323- 03989-5.
- NOJIRI, Kenya, Morio MATSUMOTO, Kazuhiro CHIBA, Hirofumi MARUIWA, Masaya NAKAMURA, Takashi NUSHIZAWA a Yoshiaki TOYAMA. Relationship between alignment of upper and lower cervical spine in asymptomatic individuals. *Journal of Neurosurgery* [online]. 2003, **99**(1), 80-83 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.3171/spi.2003.99.1.0080>
- OSTROWSKA, B., K. RÓZEK-MRÓZ a C. GIEMZA. Body posture in elderly, physically active males. *The Aging Male* [online]. 2009, **6**(4), 222-229 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/13685530312331309762>
- PATRICK, JM. Thoracic and lumbar spinal curvatures in Nigerian adults. *Annals of Human Biology* [online]. 1976, **3**(4), 383-386 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03014467600001611>

- PENNING, L. *Psoas muscle and lumbar spine stability: a concept uniting existing controversies* [online]. 2000, **9**, 577-585 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s005860000184>
- PIETILÄ, TA, R STENDEL, Theodoros KOMBOS, Josef RAMSBACHER, Tobias SCHULTE a Mario BROCK. Lumbar Disc Herniation in Patients Up to 25 Years of Age. *Neurologia medico-chirurgica* [online]. 2001, **41**(7), 340-344 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.2176/nmc.41.340](https://doi.org/10.2176/nmc.41.340)
- POLLY, David, Francis KILKELLY, Kathleen MCHALE, Lynn ASPLUND, Michael MULLIGAN a Audrey CHANG. Measurement of Lumbar Lordosis Evaluation of Intraobserver, Interobserver, and Technique Variability. *Spine* [online]. 1996, **21**(13), 1530-1535 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: [https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/1996/07010/measurement\\_of\\_lumbar\\_lordosis\\_evaluation\\_of.8.aspx?casa\\_token=rJrjZk1YzO0AAAAA:SI3zHTup34c\\_KEJt-cAvnQyDM12Uk234A7fY-gSgutFud9BVMB48a56wAigie4BAPVYnV2vTIMRzJKPUZIQLMMPBiKCP4w](https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/1996/07010/measurement_of_lumbar_lordosis_evaluation_of.8.aspx?casa_token=rJrjZk1YzO0AAAAA:SI3zHTup34c_KEJt-cAvnQyDM12Uk234A7fY-gSgutFud9BVMB48a56wAigie4BAPVYnV2vTIMRzJKPUZIQLMMPBiKCP4w)
- PROPST-PROCTOR, SL a EE BLECK. Radiographic determination of lordosis and kyphosis in normal and scoliotic children. *Journal Pediatr Orthop*. 1983, **3**, 344-346.
- REICHMANN, Sven a Thord LEWIN. The development of the lumbar lordosis. *Arch orthop Unfall-Chir* [online]. 1971, **69**, 275-285 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: [doi:10.1007/BF00416265](https://doi.org/10.1007/BF00416265)
- ROSE, Jessica a James GIBSON GAMBLE. *Human walking*. 3rd edn. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006. ISBN 0781759544.
- ROUSSOULY, Pierre, Sohrab GOLLOGLY, Eric BERHONNAUD a Johanes DIMNET. Classification of the Normal Variation in the Sagittal Alignment of the Human Lumbar Spine and Pelvis in the Standing Position. *Spine* [online]. 2005, **30**(3), 346-353 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: [doi:10.1097/01.brs.0000152379.54463.65](https://doi.org/10.1097/01.brs.0000152379.54463.65)
- ROUSSOULY, Pierre a Colin NNADI. Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. *European Spine Journal volume* [online]. 2010, **19**, 1824–1836 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: [DOI 10.1007/s00586-010-1476-9](https://doi.org/10.1007/s00586-010-1476-9)

- SHEFI, Sara, Michalle SOUDACK, Eli KONEN a Ella BEEN. Development of the Lumbar Lordotic Curvature in Children From Age 2 to 20 Years. *Spine* [online]. 2013, **38**(10), 602-608 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:10.1097/BRS.0b013e31828b666b
- SCHLÖSSER, Tom P. C., Michiel M. A. JANSSEN, Tomaz VRTOVEC, Franjo PERNUŠ, F. CUMHUR ÖNER, Max A. VIERGEVER, Koen L. VINCKEN a René M. CASTELEIN. Evolution of the ischio-iliac lordosis during natural growth and its relation with the pelvic incidence. *European Spine Journal* [online]. 2014, **23**, 1433-1441 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:10.1007/s00586-014-3358-z
- SCHWAB, Frank, Ashish PATEL, Benjamin UNGAR, Jean-Pierre FARCY a Virginie LAFARGE. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine* [online]. 2010, **35**(25), 2224-2231 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:10.1097/BRS.0b013e3181ee6bd4
- SMITH, Anne J., Peter Bruse O'SULLIVAN, Darren John BEALES, Nick de KLERK a Leon M. STRAKER. Trajectories of childhood body mass index are associated with adolescent sagittal standing posture. *International Journal of Pediatric Obesity* [online]. 2010, **6**(3), 97-106 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/17477166.2010.530664>
- STAGNARA, P, JC DE MAUROY, GP GORON, G COSTANZO, J DIMNET a A PASQUET. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine* [online]. 1982, **7**(4), 335-342 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: doi:10.1097/00007632-198207000-00003
- STOLINSKI, L., M. KOZINOĞA, D. CZAPROWSKI, M. TYRAKOWSKI, P. CERNI, N. SUZUKI a T. KOTWICKI. Two-dimensional digital photography for child body posture evaluation: standardized technique, reliable parameters and normative data for age 7-10 years. *Scoliosis and Spinal Disorders volume* [online]. 2017, **12**(38) [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: doi:10.1186/s13013-017-0146-7
- SUTHERLAND, D., R. OLSHEN, L. COOPER a S. WOO. The development of mature gait. *The Journal of Bone and Joint surgery* [online]. 1980, **62**(3), 336-353 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: doi:10.2106/00004623-198062030-00004

- TECCO, Simona a Felice FESTA. Cervical spine curvature and craniofacial morphology in an adult Caucasian group: a multiple regression analysis. *European Journal of Orthodontics* [online]. 2007, **29**(2), 204-209 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ejo/article/29/2/204/522578?login=true>
- TÜZÜN, C., I. YORULMAZ, A. CINDAS a S. VATAN. Low Back Pain and Posture. *Clinical Rheumatology* [online]. 1999, **18**, 308-312 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s100670050107>
- UETAKE, Teruo a Fumio OHTSUKI. Sagittal Configuration of Spinal Curvature Line in Sportsmen Using Moire Technique. *Okajimas Folia Anatomica Japonica* [online]. 1993, **70**(2,3), 91-103 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.2535/ofaj1936.70.2-3\\_91](https://doi.org/10.2535/ofaj1936.70.2-3_91)
- VACEK, Zdeněk. *Embryologie pro pediatrii: učebnice pro lékařské fakulty*. Vyd. 2., dopl. Praha: Karolinum, 1992. ISBN 80-7066-562-9.
- VIALLE, Raphaël, Nicolas LEVASSOR, Ludovic RILLARDON, Alexandre TEMPLIER, Wafa SKALLI a Pierre GUIGUI. Radiographic Analysis of the Sagittal Alignment and Balance of the Spine in Asymptomatic Subjects. *The Journal of Bone & Joint Surgery* [online]. 2005, **87**(2), 260-267 [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: doi:[doi:10.2106/JBJS.D.02043](https://doi.org/10.2106/JBJS.D.02043)
- VLACH, Vladimír. *Vybrané kapitoly kojenecké neurologie*. Praha: Avicenum, 1979.
- VOJTA, Václav. *Mozkové hybné poruchy v kojeneckém věku: Včasná diagnóza a terapie*. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-85424-98-3.
- VOJTA, Václav a Annegret PETERS. *Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorické ontogenezi*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2710-3.
- VOKURKA, Martin a Jan HUGO. *Praktický slovník medicíny*. 7., rozš. vyd. Praha: Maxdorf, c2004. ISBN 80-7345-009-7.
- WALKER, Martha L., Jules M. ROTHSTEIN, Sheryl D. FINUCANE a Robert L. LAMB. Relationships Between Lumbar Lordosis, Pelvic Tilt, and Abdominal Muscle Performance. *Physical Therapy* [online]. 1987, **67**(4), 512-516 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ptj/article/67/4/512/2728199?login=true>

- WAMBOLT, A a DL SPENCER. A segmental analysis of the distribution of the lumbar lordosis in the normal spine. *Orthop Trans.* 1987, **11**, 92-93.
- WHITCOME, Katherine K., Liza J. SHAPIRO a Daniel E. LIEBERMAN. Fetal load and the evolution of lumbar lordosis in bipedal hominins. *Nature* [online]. 2007, **450**, 1075-1078 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:10.1038/nature06342
- WOJTYS, Edward M., James A. ASTHON-MILLER, Laura J. HUSTON a Paul J. MOGA. The Association between Athletic Training Time and the Sagittal Curvature of the Immature Spine. *The American Journal of Sport Medicine* [online]. 2000, **28**(4), 490-498 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1177/03635465000280040801
- YOUDAS, James W, Tom R GARRETT, Kathleen S EGAN a Terry M THERNEAU. Lumbar Lordosis and Pelvic Inclination in Adults With Chronic Low Back Pain. *Physical Therapy* [online]. 2000, **80**(3), 261-275 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1093/ptj/80.3.261
- YOUDAS, James W, Tom R GARRETT, Scott HARMSSEN, Vera J SUMAN a James R CAREY. Lumbar Lordosis and Pelvic Inclination of Asymptomatic Adults. *Physical Therapy* [online]. 1996, **76**(10), 1066-1088 [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1093/ptj/76.10.1066
- ZEININGER, Angel, Daniel SCHMITT, Jody L. JENSEN a Liza J. SHAPIRO. Ontogenetic changes in foot strike pattern and calcaneal loading during walking in young children. *Gait & Posture* [online]. 2018, **59**, 18-22 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.09.027

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Anatomie páteře (Čihák, 2011).....	12
Obrázek 2 – Fyziologické zakřivení páteře (Čihák, 2011) .....	13
Obrázek 3 – Znázornění hrudní kyfózy, torakolumbálního přechodu a bederní lordózy při měření dle Cobbovi metody (Bernhard, Birdwell, 1989) .....	16
Obrázek 4 – Znázornění sakrální kyfózy (McKay et al., 2018).....	18
Obrázek 5 – Boční rentgenový snímek znázorňující jednotlivé měřené segmenty cervikální lordózy (Been et al., 2017).....	20
Obrázek 6 – 2. typ (Reichmann, Lewin, 1970).....	22
Obrázek 7 – 3. typ (Reichmann, Lewin, 1970).....	22
Obrázek 8 – 1. typ (Reichmann, Lewin, 1970).....	22
Obrázek 9 – 5. typ (Reichmann, Lewin, 1970).....	22
Obrázek 10 – 4. typ (Reichmann, Lewin, 1970).....	22
Obrázek 11 – Znázornění vzpřímené polohy u hominidů a člověka (Schlosser et al., 2014) .....	25
Obrázek 12a        b (Whitcome et al., 2007).....	26
Obrázek 13 (Whitcome et al., 2007).....	26
Obrázek 14 – (Roussouly et al., 2005) .....	28
Obrázek 15 – (Roussouly et al., 2005) .....	28
Obrázek 16 – (Roussouly et al., 2005) .....	28
Obrázek 17 – (Roussouly et al., 2005) .....	28
Obrázek 18 – Znázornění parametrů pánevní incidence, sakrální sklon, <i>pelvic tilting</i> , poloha sakrální desky (S1) (Legaye et al., 1998) .....	29
Obrázek 19 – Znázornění zakřivení páteře dle rozdělení do třech skupin (Bagnal et al., 1977).....	37
Obrázek 20 – Plod ve 32. týdnu s viditelnou lumbosakrální lordózou (Choufani et al., 2009) .....	38
Obrázek 21 – Lumbosakrální úhel (Choufani et al., 2009).....	39
Obrázek 22 – Vzor držení novorozence: asymetrická poloha na bříse (se souhlasem Rehabps) .....	40
Obrázek 23 - Vzor držení novorozence: asymetrická poloha na zádech (Kolář, 2009).....	40
Obrázek 24 – Vzor držení kojence od 4. nebo 6. týdne: symetrická opora o předloktí (Vojta, Peters, 2010) .....	41
Obrázek 25 – Symetrická opora o lokty (Vojta, 1993).....	42
Obrázek 26 – Opora o jeden loket (Vojta, 1993).....	45
Obrázek 27 – A, B, C, D – Průběh otáčení dítěte ze zad na břicho (se souhlasem Rehabps) .....	46
Obrázek 28 – Vzor držení u dítěte v 7.–8. měsících: šikmý sed (se souhlasem Rehabps).....	48
Obrázek 29 - Lezení po čtyřech v 9. – 10. měsíci (se souhlasem Rehabps) .....	49
Obrázek 30 – Chůze ve frontální rovině (se souhlasem Rehabps).....	50
Obrázek 31 – Bipedální chůze ve čtvrtém trimenonu (se souhlasem Rehabps).....	51
Obrázek 32 – Znázornění měření sagitálního zakřivení dle Stolinského a, sakrální sklon; b, bederní lordóza; c, hrudní kyfóza; d, inklinace hrudníku; e, protrakce hlavy (Stolinski et al., 2017) .....	57
Obrázek 33 – Znázornění vzorového měření hrudní kyfózy, bederní lordózy a sakrálního sklonu v softwaru SCODIAC 2.3 (foto autor) .....	57

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1- Věková skupina č. 1.....	88
Příloha 2 - Věková skupina č. 2.....	89
Příloha 3 - Věková skupina č. 3.....	90
Příloha 4 - Celkové výsledky .....	91

## PŘÍLOHY

### Příloha 1- Věková skupina č. 1

Proband č. 1

Věk:	2 roky
Pohlaví:	Žena
Kineziologický rozbor:	Anteverze pánve
Hrudní kyfóza	35°
Bederní lordóza	40° typ 3.
Sakrální sklon	38°

Proband č. 2

Věk:	2 roky
Pohlaví:	Žena
Kineziologický rozbor:	Anteverze pánve
Hrudní kyfóza	41°
Bederní lordóza	59° typ 3.
Sakrální sklon	44°

Proband č. 3

Věk:	2 roky
Pohlaví:	Žena
Kineziologický rozbor:	Anteverze pánve
Hrudní kyfóza	50°
Bederní lordóza	58° typ 3.
Sakrální sklon	39°



Proband č. 4

Věk:	2 roky
Pohlaví:	Žena
Kineziologický rozbor:	Bez nálezu
Hrudní kyfóza	39°
Bederní lordóza	38° typ 2.
Sakrální sklon	26°

Průměrné hodnoty ve věkové skupině č. 1

Hrudní kyfóza	43° +/- 5,5
Bederní lordóza	49° +/- 9,8
Sakrální sklon	37° +/- 6,6

## Příloha 2 - Věková skupina č. 2

Proband č. 5

Věk:	4 roky
Pohlaví:	Žena
Kineziologický rozbor:	Bez nálezu
Hrudní kyfóza	50°
Bederní lordóza	36° typ 1.
Sakrální sklon	25°

Proband č. 6

Věk:	4 roky
Pohlaví:	Žena
Kineziologický rozbor:	Anteverze pánve
Hrudní kyfóza	49°
Bederní lordóza	47° typ 2.
Sakrální sklon	21°

Proband č. 7

Věk:	4 roky
Pohlaví:	Muž
Kineziologický rozbor:	Bez patologie
Hrudní kyfóza	29°
Bederní lordóza	39° typ 2.
Sakrální sklon	29°

Průměrné hodnoty ve věkové skupině č. 2

Hrudní kyfóza	43° +/- 9,7
Bederní lordóza	41° +/- 4,6
Sakrální sklon	25° +/- 3,3

### Příloha 3 - Věková skupina č. 3

Proband č. 9

Věk:	6 let
Pohlaví:	Muž
Kineziologický rozbor:	Anteverze pánve
Hrudní kyfóza	39°
Bederní lordóza	49°, typ 2.
Sakrální sklon	26°

Proband č. 10

Věk:	5 let
Pohlaví:	Muž
Kineziologický rozbor:	Anteverze pánve
Hrudní kyfóza	64°
Bederní lordóza	60° typ 2.
Sakrální sklon	35°

Proband č. 11

Věk:	5 let
Pohlaví:	Muž
Kineziologický rozbor:	Bez nálezu
Hrudní kyfóza	34°
Bederní lordóza	43° typ 2.
Sakrální sklon	33°

Průměrné hodnoty ve věkové skupině č. 3

Hrudní kyfóza	46° +/- 13,1
Bederní lordóza	51° +/- 7
Sakrální sklon	31° +/- 3,9

## Příloha 4 - Celkové výsledky

Průměrné hodnoty ze všech věkových skupin

	Hrudní kyfóza	Bederní lordóza	Sakrální sklon
Skupina č. 1	43° +/- 5,5	49° +/- 9,8	37° +/- 6,6
Skupina č. 2	43° +/- 9,7	41° +/- 4,6	25° +/- 3,2
Skupina č. 3	46° +/- 13,1	51° +/- 7,0	31° +/- 3,9
Průměrné hodnoty:	44° +/- 1,4	47° +/- 4,3	31° +/- 4,9

Průměrné hodnoty chlapců ze všech věkových skupin

Muži	Hrudní kyfóza	Bederní lordóza	Sakrální sklon
Skupina č. 1	X	X	x
Skupina č. 2	29° +/- 0	39° +/- 0	29° +/- 0
Skupina č. 3	46° +/- 13,1	51° +/- 7	31° +/- 3,9
Průměrné hodnoty:	38° +/- 8,5	45° +/- 6	30° +/- 1

## Průměrné hodnoty děvčat ze všech věkových skupin

Ženy	Hrudní kyfóza	Bederní lordóza	Sakrální sklon
Skupina č. 1	43°±5,5	49°±9,8	37°±6,6
Skupina č. 2	49°±0,5	42°±5,5	23°±2
Skupina č. 3	X	X	x
Průměrné hodnoty:	46°±3	46°±3,5	30°±7

## Minimální a maximální hodnoty TK věkových skupin

	Hrudní kyfóza (min.)	Hrudní kyfóza (max.)
Skupina č. 1	35°	50°
Skupina č. 2	29°	47°
Skupina č. 3	34°	64°

## Minimální a maximální hodnoty SS věkových skupin

	Sakrální sklon (min.)	Sakrální sklon (max.)
Skupina č. 1	26°	47°
Skupina č. 2	21°	29°
Skupina č. 3	26°	35°