

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



---

Fakulta  
tělesné kultury

**VARIABILITA POHYBU PÁNVE A TRUPU PŘI CHŮZI U ŽEN  
S PRIMÁRNÍ DYSMENOREOU V PERIOVULAČNÍ A  
MENSTRUČNÍ FÁZI MENSTRUAČNÍHO CYKLU**

Diplomová práce

Autor: Bc. et Bc. Žaneta Brizgalová

Studijní program: Aplikovaná fyzioterapie

Vedoucí práce: MUDr. Světlana Hrachovinová

Olomouc 2024



## **Bibliografická identifikace**

**Jméno autora:** Bc. et Bc. Žaneta Brizgalová

**Název práce:** Variabilita pohybu pánve a trupu při chůzi u žen s primární dysmenoreou v periovulační a menstruační fázi menstruačního cyklu

**Vedoucí práce:** MUDr. Světlana Hrachovinová

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Rok obhajoby:** 2024

### **Abstrakt:**

Cílem této diplomové práce bylo posoudit variabilitu pohybu pánve a trupu při chůzi u žen s primární dysmenoreou v periovulační a menstruační fázi menstruačního cyklu pomocí 3D kinematické analýzy s využitím kamerového systému Vicon. Prevalence žen s primární dysmenoreou je vysoká, a proto je toto téma aktuální. Teoretická část práce obsahuje poznatky o chůzovém cyklu, kinematice pánve a trupu při chůzi a variabilitě lidského pohybu. Dále se práce zabývá menstruačním cyklem, dysmenoreou a jejím vztahem k pohybu pánve a trupu. Závěrečná kapitola teoretické části shrnuje poznatky týkající se variability chůze a dysmenorey. Výzkumný soubor tvořilo 18 žen s primární dysmenoreou ve věku od 20 do 26 let. Variabilita pohybu pánve a trupu byla měřena v periovulační a menstruační fázi cyklu. Hodnocena byla jak absolutní variabilita pohybu pánve a trupu pomocí směrodatné odchylky, tak relativní variabilita pohybu pánve a trupu prostřednictvím variačního koeficientu. Byla zjištěna signifikantně větší variabilita pohybu trupu ve frontální rovině v ovulační fázi menstruačního cyklu u zdravých žen ve srovnání s ženami s primární dysmenoreou. I další trendy ve variabilitě pohybu pánve a trupu naznačují, že primární dysmenorea ovlivňuje pohybový projev ženy v průběhu celého menstruačního cyklu. Výsledky této práce potvrzují zjištění, že primární dysmenorea není problémem pouze v průběhu bolestivé menstruace. V rámci klinické praxe by se u těchto žen mohl uplatnit rozvoj propriocepce a relaxačních technik.

### **Klíčová slova:**

chůze, variabilita, pánev, trup, primární dysmenorea, menstruační cyklus

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

**Bibliographical identification**

**Author:** Bc. et Bc. Žaneta Brizgalová  
**Title:** Variability of movement of the pelvis and trunk during walking in women with primary dysmenorrhea in the periovulatory and menstrual phase of the menstrual cycle

**Supervisor:** MUDr. Světlana Hrachovinová  
**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology  
**Year:** 2024

**Abstract:**

The aim of this master's thesis was to assess the variability of pelvis and trunk movement during walking in women with primary dysmenorrhea in the periovulatory and menstrual phases of the menstrual cycle using 3D kinematic analysis with the Vicon camera system. The prevalence of women with primary dysmenorrhea is high, so it is timely to address this topic. The theoretical part of the thesis includes knowledge about gait cycle, pelvis and trunk kinematics during walking, and human movement variability. Furthermore, the thesis addresses the menstrual cycle, dysmenorrhea, and its relationship to the pelvis and trunk. The concluding chapter of the theoretical part summarizes findings related to gait variability and dysmenorrhea. The research sample consisted of 18 women with primary dysmenorrhea aged 20 to 26 years. The variability of pelvis and trunk movement was measured in the periovulatory and menstrual phases of the cycle. The absolute variability of pelvis and trunk movement was assessed using the standard deviation, and the relative variability of pelvis and trunk movement was evaluated through the coefficient of variation. It was found significantly greater variability in trunk movement in the frontal plane in the ovulatory phase of the menstrual cycle in healthy women compared to women with primary dysmenorrhea. Other trends in pelvis and trunk movement variability also suggest that primary dysmenorrhea affects a woman's movement pattern throughout the menstrual cycle. The results of this study confirm that primary dysmenorrhea is not only a problem during painful menstruation. In clinical practice, the development of proprioception and relaxation techniques could be applied to these women.

**Keywords:**

gait, variability, pelvis, trunk, primary dysmenorrhea, menstrual cycle

I agree the thesis paper to be lent within the library service.



Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracovala samostatně pod vedením MUDr. Světlany Hrachovinové, uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 26. dubna 2024

.....

Děkuji vedoucí mé diplomové práce MUDr. Světlaně Hrachovinové za odborné vedení, ochotu, vstřícný přístup a cenné rady při zpracování této diplomové práce. Dále děkuji za možnost účastnit se výzkumného projektu, v rámci kterého byla tato práce řešena. V neposlední řadě děkuji své rodině a partnerovi za podporu při magisterském studiu a psaní diplomové práce.

## SEZNAM ZKRATEK

CLBP	chronic low back pain (chronická bolestivost dolní části zad)
CNS	centrální nervová soustava
COP	center of pressure (centrum tlaku)
CV	coefficient of variation (variační koeficient)
DST	dynamical systems theory (teorie dynamických systémů)
FSH	folikulostimulační hormon
GC	gait cycle (chůzový cyklus)
GMPT	generalized motor program theory (teorie generalizovaného motorického programu)
km.h <sup>-1</sup>	kilometr za hodinu
LH	luteinizační hormon
LOS	limits of stability (limity stability v náklonu)
m.	musculus
mm.	musculi
MC	menstrual cycle (menstruační cyklus)
m.s <sup>-1</sup>	metr za sekundu
PD	primary dysmenorrhea (primární dysmenorea)
PI	pelvic incidence (pánevní incidence)
PT	pelvic tilt (sklon pánve)
SD	standard deviation (směrodatná odchylka)
SIAS	spina iliaca anterior superior
SIAP	spina iliaca anterior posterior
SIPS	spina iliace posterior superior
SOT	senzory organisation test (senzorický test)
SS	sacral slope (sklon sakra)
UCM	uncontrolled manifold hypothesis (hypotéza nekontrolovaného rozdělení)

## OBSAH

Seznam zkratk.....	7
Obsah.....	8
1 Úvod.....	10
2 Přehled poznatků.....	11
2.1 Chůze.....	11
2.1.1 Chůzový cyklus.....	11
2.1.2 Jednotlivé fáze chůzového cyklu .....	12
2.1.3 Analýza chůze .....	17
2.1.4 Kinematika pánve při chůzi.....	18
2.1.5 Kinematika trupu při chůzi.....	22
2.2 Variabilita lidského pohybu .....	25
2.2.1 Historický vývoj konceptů variability pohybu.....	25
2.2.2 Různé typy variability pohybu .....	28
2.2.3 Vybrané postupy k hodnocení variability chůze.....	29
2.3 Menstruační cyklus .....	29
2.3.1 Ovariální cyklus.....	30
2.3.2 Děložní cyklus .....	32
2.3.3 Vliv menstruačního cyklu na ženské tělo.....	33
2.4 Dysmenorea.....	34
2.4.1 Primární dysmenorea .....	35
2.4.2 Sekundární dysmenorea.....	36
2.5 Interakce pánve, trupu a dysmenorey.....	36
2.5.1 Postavení pánve a dysmenorea.....	37
2.5.2 Zakřivení bederní páteře a dysmenorea.....	40
2.5.3 Posturální stabilita a dysmenorea .....	41
2.6 Variabilita chůze a dysmenorea.....	42
3 Cíle .....	45
3.1 Hlavní cíl.....	45
3.2 Dílčí cíle .....	45

3.3	Výzkumné hypotézy.....	45
4	Metodika .....	47
4.1	Design studie .....	47
4.2	Výzkumný soubor .....	48
4.3	Metody sběru dat .....	49
4.4	Analýza dat .....	52
4.4.1	Zpracování dat.....	52
4.4.2	Statistické zpracování dat.....	52
5	Výsledky.....	53
5.1	Výsledky k hypotéze H1 .....	53
5.2	Výsledky k hypotéze H2 .....	54
5.3	Výsledky k hypotéze H3 .....	55
5.4	Výsledky k hypotéze H4 .....	56
6	Diskuse .....	57
7	Závěry .....	61
8	Souhrn .....	62
9	Summary .....	64
10	Referenční seznam .....	66
11	Přílohy.....	78
11.1	Příloha 1. Vyjádření etické komise FTK UP Olomouc.....	78
11.2	Příloha 2. Informovaný souhlas .....	79
11.3	Příloha 3 Dotazník subjektivního hodnocení .....	80

# 1 ÚVOD

Menstruační cyklus představuje komplexní sérii fyziologických dějů, které se pravidelně opakují u žen v reprodukčním věku. Je klíčovým biologickým procesem, který ovlivňuje zdraví a fyziologii žen (Schmalenberger et al., 2021). Poruchy menstruačního cyklu mohou signalizovat různá zdravotní rizika a potíže. Bolestivá menstruace neboli dysmenorea je jeden z nejčastějších gynekologických problémů u žen (Núñez-Troconis et al., 2021). Primární dysmenorea představuje závažný problém žen, který ovlivňuje mnoho aspektů běžného denního života ženy, včetně chůze. Kromě nepříjemných pocitů a bolesti v období menstruace má primární dysmenorea dopad i na fyzické a psychické zdraví žen během celého cyklu (Bajalan et al., 2019).

Chůze je základní lokomoční stereotyp charakteristický pro každého jedince a vyvíjí se v průběhu ontogeneze na fylogeneticky fixovaných principech. Poruchy pohybového aparátu či nervové soustavy se velmi rychle promítnou do provedení chůze a mohou být na první pohled velmi zřetelné, jelikož se jedná o komplexní pohybovou funkci (Kolář, 2012). Výrazným aspektem, který provedení chůze ovlivňuje, je bolest.

Variabilita pohybu se týká rozmanitosti v provedení pohybu u jedince a poskytuje nám užitečné informace o motorické funkci a adaptabilitě organismu. Studium variability pohybu pánve a trupu při chůzi u žen s primární dysmenoreou může přinést důležité poznatky o biomechanických odchylkách u těchto žen a může vést ke specifické fyzioterapeutické intervenci zaměřené na zlepšení pohybové funkce a redukce bolesti při tak komplexním pohybu, jakým je chůze. V odborné literatuře je mnoho studií (Ducharme & van Emmerik, 2018; Padulo et al., 2023; Van Emmerik, Hamill, et al., 2005; Yen et al., 2012), které zkoumají variabilitu pohybu a různé faktory, které tuto variabilitu ovlivňují. Nicméně, doposud nebyla provedena analýza chůze u žen s primární dysmenoreou.

V diplomové práci byla zkoumána variabilita pohybu pánve a trupu při chůzi u žen s primární dysmenoreou, kde byl pohyb sledován ve všech třech anatomických rovinách. Toto měření bylo provedeno ve dvou fázích menstruačního cyklu, v periovulační a menstruační části cyklu. Přínosem práce je vnesení nových poznatků do tématu ženského zdraví a cykličnosti, které je v laické i odborné veřejnosti aktuálně zkoumanou problematikou.

## 2 PŘEHLED POZNATKŮ

### 2.1 Chůze

Lidská chůze je poměrně unikátní formou pohybu, protože je bipedální. Předpokládá se, že bipedální lokomoce se vyvinula z kvadrupedální lokomoce a pro bipedální lokomoci je typická polarizace lokomoce ve prospěch pánevních končetin (Hosoido et al., 2013). I přestože existují příklady bipedální lokomoce u zvířat, tak u člověka je tato chůze jedinečně efektivní a funkční (Levine et al., 2012). Někteří výzkumníci se domnívají, že evoluce chodidla, která poskytuje stabilní základ pro chůzi po dvou dolních končetinách, byla klíčová pro rozvoj lidských rukou k manuálním činnostem (Rose & Gamble, 2006). Chůze byla sledována už od nepaměti, ale soustavné studie týkající se chůze pocházejí zřejmě až z renesance, z období Leonarda da Vinci, Galilea a Newtona. Nejstarší popis využívající skutečně vědecký přístup publikoval Giovanni Alfonso Borelli v díle *De Motu Animalum* v roce 1682. Borelli určil těžiště těla a popsal, jak je při chůzi udržována rovnováha těla (Levine et al., 2012). Bratři Weberové v Německu v roce 1836 poprvé jasně popsali cyklus chůze.

Lidskou chůzi a běh lze definovat jako „způsob pohybu, při němž se obě nohy střídavě používají k oporám a pohybu“. Abychom vyloučili běh, musíme dodat, že „alespoň jedna noha je neustále v kontaktu se zemí“ (Levine et al., 2012). Kirtley (2006) definuje chůzi jako způsob lokomoce charakterizovaný fázemi zatěžování a nezatěžování dolních končetin.

Chůze využívá opakovanou sekvenci pohybů končetin k současnému pohybu vpřed při zachování stability těla. Jelikož je tento děj poměrně složitý, existují 3 základní přístupy, jak lze chůzový cyklus (gait cycle, GC) rozdělit a následně popsat. Nejjednodušší z nich rozděluje cyklus podle změn vzájemného kontaktu dolních končetin s podlahou. Druhý přístup využívá časoprostorové parametry chůze a třetí přístup rozděluje GC na intervaly, které označuje jako funkční fáze chůze (Perry & Burnfiels, 2020).

#### 2.1.1 Chůzový cyklus

Cyklus chůze je definován jako opakující se sekvence pohybů dolních končetin, které umožňují pohyb těla vpřed s minimální spotřebou energie. GC lze rozdělit na dvě fáze, švihovou (bezoporovou) a stojnou (oporovou) fázi. Při pohybu těla vpřed slouží jedna dolní končetina jako zdroj opory a druhá končetina se přesouvá na nové místo opory. Poté dojde k výměně a dolní končetiny si svoji roli vymění. Stojná fáze je termín, který se využívá pro označení celého období, během něhož je noha v kontaktu s podložkou. Tato fáze zaujímá zhruba 60 % celkového GC. Fáze

švihová označuje dobu, kdy je noha ve vzduchu a nemá tím pádem kontakt s podložkou. Tato fáze tvoří asi 40 % celkového GC. Tato jediná sekvence pohybu dolních končetin se nazývá GC, přičemž jedna akce plynule přechází v další, neexistuje žádný konkrétní počáteční ani koncový bod. Proto může být jako počátek GC zvolena jakákoliv událost (Perry & Burnfiels, 2020).

Přesná délka jednotlivých intervalů GC se liší v závislosti na rychlosti chůze člověka (Perry & Burnfiels, 2020). Proto se popis GC uvádí spíše v procentech než v uplynulém čase (Rose & Gamble, 2006). Změna doby stojné a švihové fáze má inverzní vztah k rychlosti chůze, což znamená, že doba stojné a švihové fáze se bude zvětšovat se snižující se rychlostí chůze (Perry & Burnfiels, 2020). Rozlišujeme také jednooporovou fázi, kde je v kontaktu s podložkou pouze jedna končetina, a fázi dvouoporovou, kde jsou v kontaktu s podložkou obě končetiny zároveň.

### **2.1.2 Jednotlivé fáze chůzového cyklu**

Každý z autorů uvádí jiné dělení GC. Dle Levine et al. (2012) lze GC rozdělit na 7 fází, z nichž 4 se odehrávají ve fázi opory a 3 ve zbývajících švihové fázi. Rose & Gamble (2006) dělí GC do 8 fází kdy stojnou fázi rozdělují na 5 období a švihovou fázi celkem na 3 období. Stejně rozdělení na 8 fází ve své literatuře uvádí i Perry & Burnfiels (2020).

Pro zjednodušení nomenklatury se za počátek GC používá okamžik, kdy se jedna noha dotkne země (tzv. počáteční kontakt; Levine et al., 2012). Tento okamžik je nejnáze definovatelný a při fyziologické chůzi člověk zahajuje kontakt s podlahou právě pomocí paty chodidla (heel strike; Perry & Burnfiels, 2020). Chůze může být ale i patologická, v daném případě člověk nemusí mít schopnost dotknout se patou podložky jako první nebo po počátečním kontaktu chodidla s podlahou nemusí následovat kontakt přední části chodidla se zemí. Proto se v GC používá obecný termín počáteční kontakt (initial kontakt; Perry & Burnfiels, 2020).

Perry & Burnfiels (2020) dělí GC na 8 fází, kdy každá jednotlivá fáze je přesně definována. Přijímání váhy (weight acceptance) je prvním úkolem kroku. Jedná se o nejnáročnější část GC, kdy musí být splněny 3 funkční požadavky. Prvním požadavkem je tlumení nárazu při dopadu, dalším je zajištění počáteční stability končetiny a posledním je zachování pohybu vpřed. Klíčovou úlohou je náhlé přenesení váhy těla na končetinu, která právě dokončila švihovou fázi a není na ní zajištěná plná stabilita. Tento úkol zahrnuje dvě fáze GC – počáteční kontakt a postupné zatěžování (Perry & Burnfiels, 2020; Rose & Gamble, 2006).

**Počáteční kontakt** je první z celkových 8 fází v rámci GC. Jedná se spíše o okamžik než fázi, jelikož z celkového GC zabírá 0–2 % času. Tato fáze zahrnuje okamžik, kdy chodidlo dopadne na



podlahu a okamžitou reakci těla na přenesení váhy těla (Perry & Burnfiels, 2020; Stergiou, 2020). Počáteční kontakt je často nazýván „heelstrike“, protože u normálních jedinců často dochází k výraznému nárazu paty do země. V zahraniční literatuře se lze setkat také s názvy „heel contact“, „footstrike“, nebo „foot contact“ (Levine et al., 2012). Pata se stává opěrným bodem, kolem něhož se pohybují segmenty holeně a chodidla, čímž se zachovává hybnost pro postup vpřed. Normální úder patou může být při počátečním kontaktu nahrazen jedním ze tří patologických vzorů – nízký úder patou, kontakt ploskou chodidla nebo kontakt přední části chodidla. Všechny tři vzory snižují efektivitu GC, kdy dochází ke snížení hybnosti, zkrácení délky kroku a snížení rychlosti (Rose & Gamble, 2006). V okamžiku dopadu chodidla na zem je končetina v optimální poloze, aby absorbovala část nárazu při kontaktu s podlahou a zároveň zachovala posturální stabilitu. Hlezenní a subtalární kloub je v neutrálním postavení, koleno je téměř plně extendované (cca 5° flexe) a kyčelní kloub je flektován cca 20°. Tímto nastavením dolní končetiny se pata nachází nejbližší k podlaze. Druhá končetina je na začátku předšvihů. Trup je v okamžiku počátečního kontaktu přibližně o polovinu délky kroku za vedoucí dolní končetinou. V latero-laterálním směru se trup vychyluje přes střední osu těla ve směru k dolní končetině zaujímavý počáteční kontakt s podložkou. Kontralaterální část trupu společně s kontralaterálním ramenním kloubem a homolaterální pánev se rotují. Míra souhybu paží se u jednotlivých osob značně liší a zvyšuje se také s rychlostí chůze (Levine et al., 2012; Perry & Burnfiels, 2020).

**Přenos zátěže** neboli stádium zatěžování (loading response) je druhou funkční fází GC, odpovídá dvouoporové fázi mezi počátečním kontaktem nohy a odrazem palce kontralaterální končetiny (opposite toe off; Perry & Burnfiels, 2020). Tato fáze je ukončena v okamžiku dosažení plného kontaktu plošky chodidla (foot flat) se zemí. Ke zvednutí palce kontralaterální nohy dochází až během následujícího období střední opory (midstance; Vařeka et al., 2018). Se zvyšující se zátěží dolní končetiny zůstávají rozhodujícími složkami této fáze tlumení nárazu, udržení stability a posunu těla vpřed. V hlezenním kloubu je aktivní mechanismus zhoupnutí paty (heel rocker, první zhoupnutí), které zachovává postup těla vpřed a absorbuje nárazy (Perry & Burnfiels, 2020). Délka této fáze zaujímá od 2–12 % času GC. Během této fáze dochází k přesunu váhy těla na stojnou končetinu a těžiště těla je v této fázi nejnižší, asi 20 mm pod průměrnou úrovní za celý cyklus (Levine et al., 2012). Během tohoto období dochází k plantární flexi v hlezenním kloubu díky excentrické aktivitě m. tibialis anterior. Při pohybu těla vpřed dochází ke změně polohy hlezna z plantární flexe do dorzální flexe. S rostoucí zátěží dochází k subtalární everzi, která napomáhá odemknutí Chopartova kloubu, což umožňuje plosce nohy se lépe přizpůsobit terénu. Při normální chůzi se koleno během reakce na zatížení flektuje cca 10–15°. Flexe kolenního kloubu je řízena excentrickou kontrakcí m. quadriceps femoris

a zmenšuje se také velikost flexe v kyčelním kloubu. Při abnormální reakci může chybět flexe v kolenním kloubu (Rose & Gamble, 2006). Flexe kolenního kloubu zajistí stabilitu daného kloubu a utlumení dopadu. Kyčelní kloub zůstává v sagitální rovině relativně stabilní, dochází ke kontralaterálnímu poklesu pánve zhruba 5° díky silné aktivitě ipsilaterálních abduktorů kyčelního kloubu, jejichž aktivita v této fázi vrcholí. Pánev rotuje asi 5° na stranu stejné končetiny a souhyb horních končetin se odvíjí od kontrarotace horní části trupu (Perry & Burnfiels, 2020).

**Mezistoj** (midstance) je první částí jednoopporové fáze, kdy je celé chodidlo v kontaktu s podložkou, zaujímá z celkového GC 12–31 %. Začíná v okamžiku, kdy kontralaterální špička opustí podložku a váha celého těla se přesune na stojnou končetinu a v kontaktu s podložkou bude pouze jedna dolní končetina. Tato fáze končí se zahájením zdvihu paty stejné končetiny. Ploska chodidla zůstává v průběhu celé fáze v kontaktu s podložkou. V kolenním a kyčelním kloubu přetrvává určitá míra flekčního postavení. Hlezenní kloub přechází do dorzální flexe, jelikož se tibie posouvá přes talus dál do pohybu. Střed otáčení se posouvá z paty na hlezenní kloub a tomuto mechanismu říkáme zhoupnutí v kotníku (ankle rocker, druhé zhoupnutí), což umožňuje posun dolní končetiny přes zafixované chodidlo. Chopartův kloub je při přenosu zatížení uzamknutý. Jak se končetina pohybuje vpřed, dochází k přesunu kritického místa dynamické stability z kolenního kloubu na hlezenní kloub. Zvětšující se dorziflexi v hleznu reguluje excentrická aktivita *m. soleus* a *m. gastrocnemius*. Kontrakce nebo nadměrná činnost plantárních flexorů může způsobit předčasné zvednutí paty a přesunutí osy otáčení na přední část chodidla, aby se zachovala progrese posunu těžiště vpřed. Kolenní kloub je stabilizován nyní koncentrickou aktivitou *m. quadriceps femoris* a flexe kolene se snižuje asi na 5°. Tento proces trvá do doby, než se vektor reakční síly podložky posune před kolenní kloub. V kyčelním kloubu dochází k posunu z flekčního postavení asi 20° do neutrální pozice díky aktivitě *vastus medialis* a *vastus lateralis* *m. quadriceps femoris*, *m. semitendinosus* a *m. semimembranosus*. Pokračující aktivita *vastus medialis* a *vastus lateralis* *m. quadriceps femoris* na začátku mezistoje vede koleno do extenze. Zahájení extenze kolena přispívá k výslednému napětí v hamstringách a k tomu, že se kyčelní kloub současně extenduje. Na konci mezistoje je tato aktivita už minimální a kyčelní kloub je extendován vlivem setrvačné síly. Ve frontální rovině dochází k poklesu pánve na straně švihové dolní končetiny asi o 5° (Perry & Burnfiels, 2020; Rose & Gamble, 2006). V mezistoji se těžiště dostává nejvýš, asi 20 mm nad střední úroveň, a zpomaluje svoji rychlost vpřed, takže je zde nejvyšší riziko vychýlení rovnováhy. Pohyb trupu ze strany na stranu také dosahuje svého největšího vychýlení. V této fázi se dolní končetiny míjí, a to stejné provádí i paže, kdy jedna paže následuje opačný pohyb nohy. Trup je v neutrálním postavení, protože oba ramenní pletence a pánev projdou neutrální pozicí (Levine et al., 2012).

**Konečný stoj** (terminal stance) je druhá část jednooporové fáze, která trvá 31–50 % GC. Začíná zdvihem paty stojné dolní končetiny a končí v okamžiku dotyku kontralaterální paty s podložkou. Hlavičky metatarzů na předonoží a prsty na nohách umožňují vektoru těla pohybovat se neustále vpřed. Předonoží se stává osou otáčení a následuje zhoupnutí předonoží (forefoot rocker, třetí zhoupnutí). Tělo se posouvá vpřed přes přední část chodidla, což zvyšuje nárok na aktivitu plantárních flexorů a vektor reakční síly podložky se posouvá pod hlavičky metatarzů. Tento nárok je kladen především na m. soleus a m. gastrocnemius, kdy jejich excentrická kontrakce brzdí pohyb tibie vpřed a uzamkne hlezenní kloub, zatímco natažení Achillovy šlachy zajišťuje následující pohyb. Dorzální flexe hlezenního kloubu se zvětšuje z 5° na 10°. Peroneální svaly a m. tibialis posterior stabilizují subtalární a Chopartův kloub a dlouhé flexory prstů stabilizují metatarsophalangeální klouby. V subtalárním kloubu dochází k inverzi, která uzamkne Chopartův kloub a tím je zajištěna stabilita hlezenního kloubu (Perry & Burnfiels, 2020). V důsledku koncentrické kontrakci plantárních flexorů hlezenního kloubu dochází k elevaci paty a vektor reakční síly se posouvá před kolenní kloub. Kontrolovaná pohyblivost metatarsophalangeálních kloubů je nezbytná pro optimální odvalení váhy těla vpřed přes přední část chodidla. Pata se postupně zvedá, váha těla postupuje více na přední část chodidla až k prstům a dochází ke zvýšení dorzální flexe v metatarsophalangeálních kloubech. Femur pokračuje v posunu přes stabilní tibii, což má za následek zmenšení flexe v kolenním kloubu na minimum. K zabránění hyperextenze kolenního kloubu přispívá svojí aktivitou m. gastrocnemius, který se výrazně kontrahuje a přispívá ke stabilizaci hlezna a m. popliteus, který začíná zvyšovat svoji aktivitu. Krátká hlava m. biceps femoris je aktivní během terminálního stoji jen u malého procenta lidí, ale může poskytovat ochranu před hyperextenzí kolenního kloubu. Po dosažení maximální extenze v kolenním kloubu následuje okamžitě flexe kolenního kloubu, kdy na konci této fáze je koleno ve flexi 10°. Pánev a trup zůstávají vzpřímené, střed kyčelního kloubu se posouvá dále vpřed a femur je tažen do extenze, kdy je tento pohyb zpomalován excentrickou kontrakcí m. iliopsoas. Terminální fáze končí v momentu, kdy se kontralaterální končetina začne dotýkat podlahy.

**Předšvih** (preswing) je poslední částí stojné fáze, která zaujímá 50–62 % GC. Je to fáze odlehčení zatížené končetiny rychlým přenosem tělesné hmotnosti na druhou končetinu (Svoboda et al., 2020). Perry & Burnfiels (2020) ale uvádí, že pohyb v hlezenním kloubu spíše souvisí s pohybem vpřed než s přenosem váhy těla. Jedná se o druhou fázi dvojí opory v GC. Je započata kontaktem plosky kontralaterální končetiny s podložkou a končí v okamžiku, kdy palec stojné nohy opustí podložku. Během tohoto období se váha rychle přenáší na přední končetinu a vektor reakční síly podložky se přesouvá za kolenní kloub. Nyní už není potřeba silová stabilizace kotníku a chodidla. Hlezenní kloub pokračuje do plantární flexe, kdy aktivita

plantárních flexorů dosahuje svého maxima a chodidlo se pohybuje přes kontakt metatarzů a prstů. Tomuto se říká čtvrté zhoupnutí (toe rocker). Akce plantárních flexorů tlačí tibii dopředu, protože prsty jsou stabilizovány kontaktem s podložkou. Výsledkem je rychlá flexe kolenního kloubu do úhlu 40°. Kyčelní kloub postupuje do neutrální polohy. Tyto změny polohy připravují končetinu na švih. M. tibialis anterior a extenzory prstů zpomalují plantární flexi hlezna. Tím se také připravují tyto svaly na rychlé zvednutí nohy během počátečního švihu. Pokud flexe v kolenním kloubu probíhá moc rychle, tak na to reaguje m. rectus femoris. Tento sval zároveň slouží ke zpomalení nadměrné flexe kolene díky své excentrické kontrakci a k zahájení flexe v kyčli díky své koncentrické kontrakci. K flexi v kyčelním kloubu dochází také díky flekční složce m. adductor longus a m. gracilis. Primárním cílem těchto svalů je zpomalit abdukci způsobenou přenosem váhy na druhou nohu. Kyčelní kloub se díky těmto různým mechanismům dostává do neutrálního postavení (Perry & Burnfiels, 2020; Rose & Gamble, 2006).

**Počáteční švih** (initial swing) začíná v okamžiku, kdy noha opustí podložku, a trvá do maximální flexe v kolenním kloubu. Jeho trvání se udává od 62–75 % GC. Jedná se o první fázi GC, kdy končetina není v kontaktu s podložkou. Úkony prováděné během této fáze vedou k pohybu dolní končetiny vpřed. V okamžiku odlepení chodidla od podložky je v hlezenním kloubu plantární flexe 15° a tibie se nachází za tělem. Je tedy nutné, aby se změnila pozice kotníku z plantární flexe do dorzální flexe, dochází také k dorzální flexi prstů a m. tibialis anterior má nejvyšší aktivitu ve švihové fázi. Pouhá dorzální flexe v kotníku ale nestačí ke zvednutí špičky chodidla a posunu končetiny. Potřebný dodatečný zdvih musí být zajištěn flexí kolenního kloubu do 60°. V této fázi dosahuje flexe v kolenním kloubu maxima. Jedná se o rozhodující okamžik, který zajistí, aby se chodidlo dostalo nad podlahu. Rozhodující je načasování i velikost pohybu. Flexi kolenního kloubu zajišťuje krátká hlava m. biceps femoris, m. sartorius a m. gracilis. Tyto svaly dosahují vrcholu aktivity během počáteční flexe. Kromě toho je hybnost iniciována rychlou flexí v kyčelním kloubu. Počáteční švih přechází v mezišvih v okamžiku, kdy švihová končetina mívá stejnou končetinu (Perry & Burnfiels, 2020).

**Mezišvih** (mid swing) je fáze od 75–87 % času GC. Fáze začíná v okamžiku maximální flexe v kolenním kloubu a končí v okamžiku, kdy je tibie švihové končetiny rovnoběžná s vertikální rovinou. Jakmile se chodidlo přesune před kyčelní kloub, je zajištěno to, že chodidlo se v rámci švihu nesune po podložce, ale mírně nad ní (Perry & Burnfiels, 2020). Průměrná elevace nohy nad podložku se pohybuje kolem 1 cm (Neumannová et al., 2015). Tím pádem se kolenní kloub může volně extendovat. Není nutná žádná činnost extenzorových svalů kolenního kloubu. Pokračuje flexe kyčelního kloubu, kterou zajišťuje m. iliopsoas, kdy zároveň dochází k mírné addukci a vnitřní rotaci. Na konci mezišvihu se aktivita krátké hlavy m. biceps femoris a semisvalů

připravuje na kontrolu rychlosti při extenzi kolenního kloubu v terminálním švihu (Perry & Burnfiels, 2020).

**Konečný švih** (terminal swing) je závěrečnou fází švihu, kdy se končetina připravuje na zahájení stojné fáze v dalším GC a připravuje se na kontakt nohy s podložkou (Neumannová et al., 2015; Svoboda et al., 2020). Tato fáze trvá od 87–100 % GC. Zvýšená činnost peroneálních svalů během závěrečného švihu zajišťuje, že kotník bude v neutrální poloze pro optimální kontakt s patou při následném iniciálním kontaktu. Běžně však dochází k poklesu o 3–5° do plantární flexe. Aktivita svalů v terminálním švihu připravuje svaly dolní končetiny na vyšší nároky, které na ně budou kladeny při následné stojné fázi. Aby se končetina mohla připravit na stojnou fázi, je potřebné, aby se flexe kolenního kloubu změnila na extenzi. Excentrická kontrakce hamstringů zabrání hyperextenzi kolenního kloubu. V druhé polovině terminálního švihu se aktivuje m. quadriceps femoris, aby zajistil plnou extenzi kolena a připravil kolenní kloub na vysoce intenzivní požadavky další fáze. V kyčelním kloubu dochází ke zpomalení pohybu stehna prostřednictvím excentrické kontrakce hamstringů a m. gluteus maximus. V důsledku těchto mnoha akcí je končetina optimálně nastavena pro iniciální kontakt a začátek dalšího GC a zatížení (Perry & Burnfiels, 2020).

### **2.1.3 Analýza chůze**

Základní rozdělení metod pro analýzu pohybu nebo analýzu chůze lze rozdělit na kvalitativní a kvantitativní metody. Analýzu pohybové činnosti lze provádět na několika úrovních v závislosti na typu vyšetření, účelu studie, cílech analýzy, technických podmínkách pracoviště nebo i zkušenostech pracovníků (Janura & Zahálka, 2004).

**Kvalitativní měření** využíváme pro popis a hodnocení pohybu bez měření konkrétních fyzikálních veličin. Toto měření je založeno na subjektivním pozorování vyšetřujícího a na subjektivních informacích od pacienta. Výpovědní hodnota takového pozorování a vyšetření je nízká a záleží především na odborné úrovni vyšetřujícího, na jeho dlouholetých zkušenostech a znalostech o daném pohybovém vzoru. Pro fyzioterapeuta, ale i pro lékaře nebo jakoukoliv další osobu sledující daný pohyb, je to důležitá informace, kterou následně využívá ve své terapii či ošetření (Janura et al., 2012; Janura & Zahálka, 2004). Subjektivní hodnocení chůze má nízkou validitu, reliabilitu a citlivost se specifickostí ve srovnání s objektivnějším hodnocením (Toro et al., 2003). Na základě toho je třeba analýzu chůze objektivizovat a kvantifikovat měřené parametry.

**Kvantitativní měření** udává velikost fyzikálních veličin, takže výstupem jsou pro nás měřitelné číselné veličiny. V tomto případě použití těchto metod vyžaduje technické a přístrojové vybavení. Základní rozdělení kvantitativních metod v biomechanice je na metody kinematické, kdy pohyb hodnotíme bez ohledu na příčiny (síly), které jej způsobují a metody kinetické (dynamické), kdy je měřeným parametrem síla nebo veličiny určené pomocí síly (Janura et al., 2012; Janura & Zahálka, 2004).

**Kinematická analýza** chůze se zabývá především popisem a hodnocením informací o vzájemné poloze jednotlivých segmentů těla a o jejich pohybu v prostoru. Sleduje všechny časoprostorové závislosti pro jednotlivé části pohybujícího se tělesa. Měříme kinematické veličiny, jako jsou dráha (úhel), rychlost (úhlová rychlost), čas. Základní informace jsou získané vyhodnocením polohy jednotlivých bodů umístěných na těle člověka. Díky těmto bodům získáme jejich rovinné souřadnice pro určení základních kinematických veličin. Mezi kinematické metody patří goniometrie (elektrogoniometrie), akcelerometrie, systémy pracující na elektromagnetickém principu, systémy využívající akustické senzory a optoelektrické systémy (Janura & Zahálka, 2004; Neumannová et al., 2015; Svoboda et al., 2020).

**Kinetická analýza** chůze se zabývá měřením velikostí sil, které na člověka působí z vnějšího, ale i vnitřního prostředí a jejich účinků a veličin z nich odvozených. Mezi dynamické metody můžeme zařadit dynamometrii, dynamografii, dynamickou plantografii (pedobarografie) nebo také izokinetickou dynamometrii (Janura et al., 2012).

#### **2.1.4 Kinematika pánve při chůzi**

Evoluční změny tvaru lidské pánve byly nezbytné pro přechod k bipedální lokomoci. Změny v anatomii pánve vedly ke změně svalové funkce, která ovlivnila chůzi. Kromě toho existují i pohlavně specifické odchylky pánve (Lewis et al., 2017). Pánev člověka je přizpůsobena habituální bipedální lokomoci, která má za následek specifický pohyb pánve při chůzi. Tyto pohyby snižují energetickou náročnost chůze (Saunders et al., 1953). Při lokomoci jedince dochází ke koordinaci pohybů pánve a trupu (Rosa et al., 2018; Van Emmerik & Wagenaar, 1996). Pro potřeby analýzy je výhodné definovat na páni 4 body, kterými jsou pravá a levá spina iliaca anterior superior (SIAS) a pravá a levá spina iliaca anterior posterior (SIAP). Pomocí těchto bodů můžeme pánev hodnotit ve všech anatomických rovinách a zároveň jsou tyto kostní struktury velmi dobře hmatné (Svoboda et al., 2020).

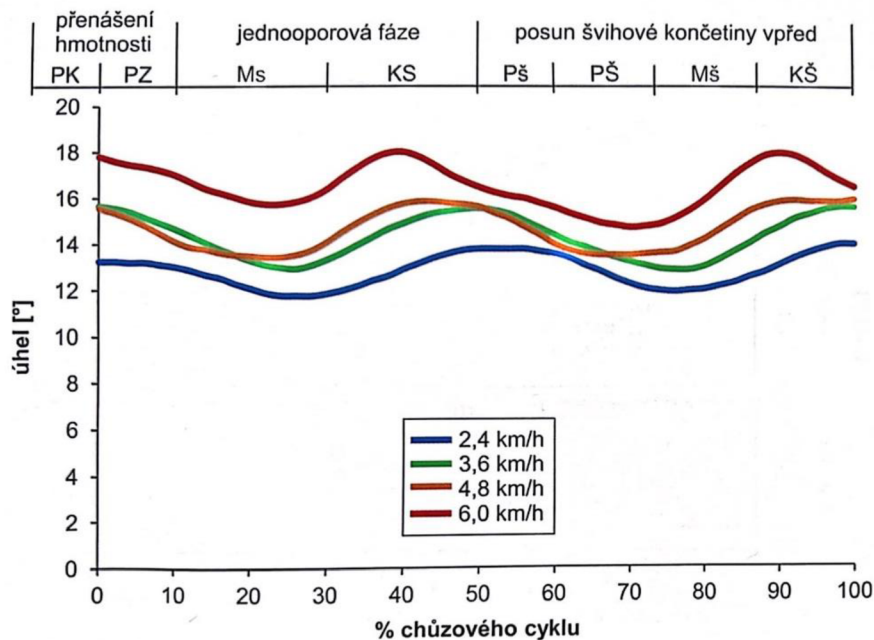
Pohyb pánve je při chůzi charakterizován ve všech třech základních anatomických rovinách. Terminologie pohybů pánve je v literatuře nejednoznačná. V rovině sagitální se pohyb

uskutečňuje kolem mediolaterální osy. Jedná o antevertzi pánve (forward tilt, anterior tilt), kdy se symphysis ossis pubis pohybuje směrem dolů a zvyšuje se bederní lordóza. Opačný směr se nazývá retrovertze pánve (backward tilt, posterior tilt), kdy se pánev pohybuje opačným směrem. V rovině frontální dochází k pohybu kolem předozadní osy a dochází k sešikmení pánve (lateral tilt, pelvic drop, pelvic hike) ve smyslu zvýšení levého nebo pravého pánevního okraje. Jedna strana pánve se tedy pohybuje níž, zatímco druhá strana pánve výš. Tento pohyb je kontrolován abduktory kyčelního kloubu stejné končetiny. Pohyb v rovině horizontální je uskutečňován jako rotace pánve kolem vertikální osy (pelvic rotation). Některá literatura tento pohyb označuje jako přední a zadní rotaci (forward a backward rotation nebo anterior a posterior rotation). Konvence pojmenování vychází z pohybu na kontralaterálním kyčelním kloubu. Pokud bychom stáli na pravé dolní končetině, rotace pánve vpřed probíhá na kontralaterální levé kyčli. Rotace vzad by byla v případě, pokud by se kontralaterální kyčel pohybovala směrem dozadu. V odlišné literatuře lze nalézt také pojem vnitřní a zevní rotace (internal a external rotation). Tyto pohyby jsou pojmenovány stejně jako vnitřní a zevní rotace dolní končetiny (Levangie & Norkin, 2011; Lewis et al., 2017; Neumann, 2017; Neumannová et al., 2015; Svoboda & Janura, 2010; Véle, 2006). Velikost pohybu v jednotlivých osách je závislá na rychlosti chůze, přičemž větší pohyb se vyskytuje při vyšších rychlostech (Bejek et al., 2006; Crosbie et al., 1997a).

**V sagitální rovině** je pánev v anteriorním sklonu  $10^\circ$  v důsledku toho, že SIAS je anatomicky postavena níž, než spina iliaca posterior superior (SIPS). Pozorováním se však pánev zdá být v neutrálním postavení (Perry & Burnfiels, 2020). Murray et al. (1984) ve svém článku uvádí sklon antevertze v rozmezí  $6-7^\circ$ . Herrington (2011) ve své studii pomocí palpačního přístroje PALM (složeného z inklinometru a dvou ramen kaliperu) zjišťoval úhel horizontální linie mezi SIAS a SIPS u 120 zdravých probandů (65 mužů, 55 žen) s průměrným věkem 24 let. Zjistil, že u 85 % mužů a 75 % žen byla zjištěna antevertze pánve, která se průměrně pohybovala v rozmezí  $6-7^\circ$ . U 6 % mužů a 7 % žen byla zjištěna retrovertze pánve, která se průměrně pohybovala v rozmezí  $2-3^\circ$ . A u 9 % mužů a 18 % žen byla zjištěna neutrální pozice pánve. Během GC dochází k dalšímu přednímu nebo zadnímu pohybu o  $4^\circ$ , což je malý rozsah okem nepozorovatelný, přesto lze během chůze vnímat pohyblivost (Perry & Burnfiels, 2020). Maximální hodnota antevertze pánve nastává v konečném postoji a v konečném švih. Minimálních hodnot je dosaženo ve fázi postupného zatěžování a ve fázi předšvihy při vytvoření dvojí opory, jak lze vidět na Obrázku 1 (Neumannová et al., 2015; Perry & Burnfiels, 2020; Rose & Gamble, 2006).

## Obrázek 1

Vliv rychlosti chůze na změnu rozsahu pohybu pánve v sagitální rovině



Poznámka. PK – počáteční kontakt, PZ – postupné zatěžování, Ms – mezistoj, KS – konečný stoj, Pš – předšvih, Pš – počáteční švih, Mš – mezišvih, Kš – konečný švih.

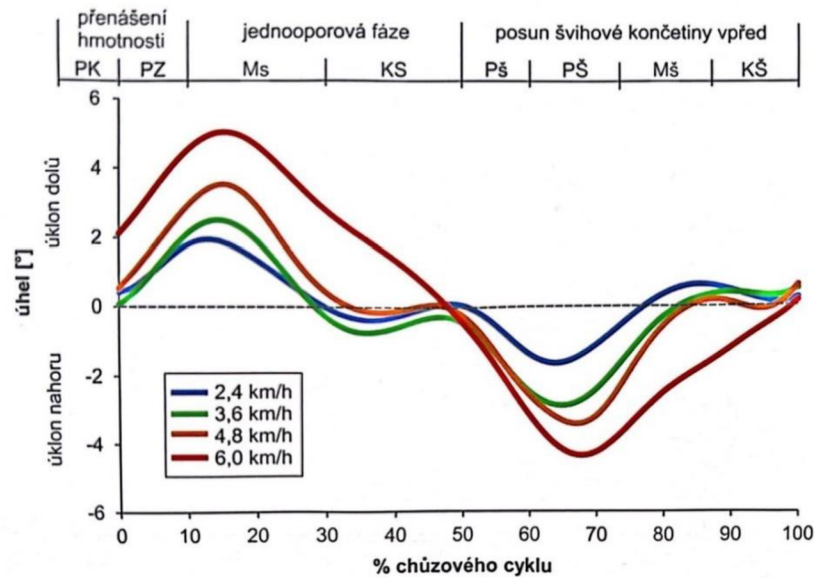
Převzato od Neumannová et al. (2015).

**Ve frontální rovině** úklon pánve zmenšuje vertikální pohyb trupu a redukuje energetickou náročnost chůze (Neumannová et al., 2015). Pohyb pánve se děje na obě strany. V okamžiku iniciálního kontaktu je pánev téměř v neutrálním postavení. Pánev během fáze zatěžování (weight acceptance) poklesne na kontralaterální straně pánve v průměru o 4°, jelikož požadavky kladené na zatíženou končetinu jsou vyšší než síla abduktorů dolní končetiny. Následuje návrat pánve do neutrální polohy během mezistoje. Ve fázi předšvihu klesá ipsilaterální strana pánve také o 4°, jelikož se připravuje k odrazu a těsně po odrazu palce dojde k maximálnímu úklonu pánve na opačné straně těla, takže na kontralaterální straně je pánev výš (Obrázek 2). Během švihové fáze se pánev dostává zpátky do neutrálního postavení (Perry & Burnfiels, 2020; Rose & Gamble, 2006; Svoboda et al., 2020). Michaud et al. (2000) ve své studii uvádí, že běžná populace má úklon pánve na každou stranu v rozsahu 5–7° v případě přirozené rychlosti chůze.



## Obrázek 2

Vliv rychlosti chůze na změnu rozsahu pohybu pánve ve frontální rovině



Poznámka. PK – počáteční kontakt, PZ – postupné zatěžování, Ms – mezistoj, KS – konečný stoj, Pš – předšvih, PŠ – počáteční švih, Mš – mezišvih, Kš – konečný švih.

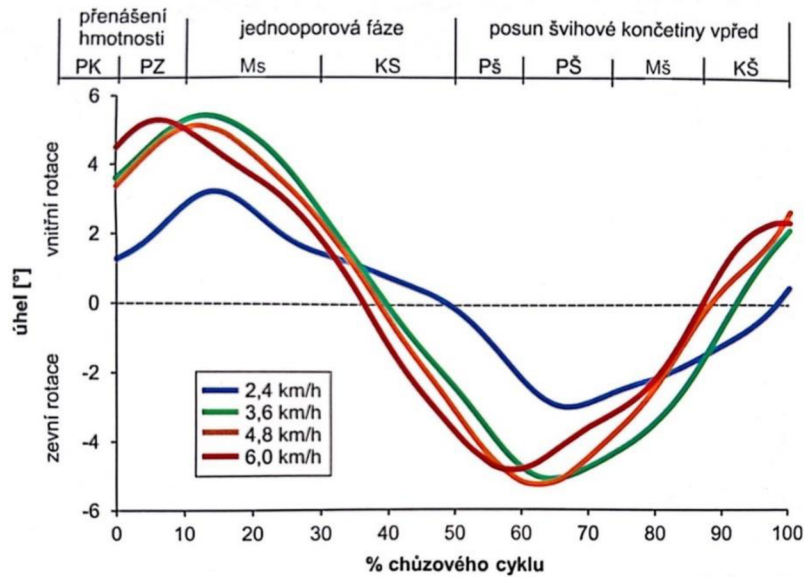
Převzato od Neumannová et al. (2015).

**V transverzální rovině** pánev rotuje 5° vpravo a 5° vlevo, čemuž odpovídá celkový rozsah pohybu 10°. K maximální rotaci pánve dopředu dochází při počátečním kontaktu a při terminálním švih. Rotace pánve a flexe kyčelního kloubu přispívají k účinnému prodloužení délky kroku a zabraňují nadměrnému poklesu těžiště. K maximální rotaci pánve dozadu dochází během terminálního stoje (Obrázek 3). Fáze mezistoje a mezišvihu jsou přechodné fáze, kdy pánev rotuje přes neutrální polohu (Neumannová et al., 2015; Perry & Burnfiels, 2020; Rose & Gamble, 2006). Rotace pánve se výrazně zvyšuje přibližně od rychlosti 1,0 m.s<sup>-1</sup> a dále (Stokes et al., 1989). Van Emmerik & Wagenaar (1996) ve své publikaci uvádí, že celkový rozsah pohybu rotace pánve se při rychlosti v rozmezí 0,3–0,7 m.s<sup>-1</sup> zmenšoval a poté se rozsah pohybu do rotace zvyšoval v intervalu rychlosti chůze 0,7–1,3 m.s<sup>-1</sup>.

Huthwelker et al. (2023) ve své studii zmiňuje důležitou roli pánve v transverzální rovině. Zdá se, že ve skutečnosti pánev iniciuje rotační pohyb páteře, zatímco segmenty uložené nad páteří tento pohyb pouze následují v těsné posloupnosti a návaznosti na pohyb pánve.

### Obrázek 3

Vliv rychlosti chůze na změnu rozsahu pohybu pánve v transverzální rovině



Poznámka. PK – počáteční kontakt, PZ – postupné zatěžování, Ms – mezistoj, KS – konečný stoj, Pš – předšvih, PŠ – počáteční švih, Mš – mezišvih, Kš – konečný švih.

Převzato od Neumannová et al. (2015).

#### 2.1.5 Kinematika trupu při chůzi

Dynamika páteře a pohyb jednotlivých segmentů těla při chůzi jsou předmětem výzkumu již mnoho desetiletí. Je důležité plně porozumět rotaci pánve během chůze a její koordinaci s trupem a přilehlými segmenty. Na základě předchozích výzkumů se obecně předpokládá, že pánev bude maximálně rotována vpřed na straně referenční dolní končetiny (initial kontakt) na začátku každého GC a dosáhne své maximální protirotační přibližně na konci fáze opory referenční nohy (terminal stance; Perry & Burnfiels, 2020). Pánev je rotována na stranu švihové dolní končetiny a kontrarotována na konci stojné fáze. Úhlový moment pánve musí být vyrovnáván buď přímo protirotační hrudníku nebo nepřímo švihem horní končetiny (švihovou končetinou; Callaghan et al., 1999; Crosbie et al., 1997b; Gracovetsky, 1985; Stokes et al., 1989).

Koordinace pánve a hrudníku se vyvíjí od fázového pohybu při nižší rychlosti chůze až k protifázovému pohybu s rostoucí rychlostí chůze vpřed (Lamoth et al., 2002). Při nižších rychlostech chůze mají pánev a hrudník tendenci rotovat stejným směrem, tento děj můžeme

nazvat in-phase fáze. Pokud se rychlost chůze zvyšuje, přechází koordinace pánve a trupu z fáze in-phase na out-phase fázi, což znamená, že je pohyb segmentů méně souhlasný. Charakter změn při postupném zvyšování a následném opětovném snižování rychlosti chůze mezi pánví a trupem je postupný a nevykazuje náhlé změny (Lamoth, Beek, et al., 2002; Van Emmerik & Wagenaar, 1996).

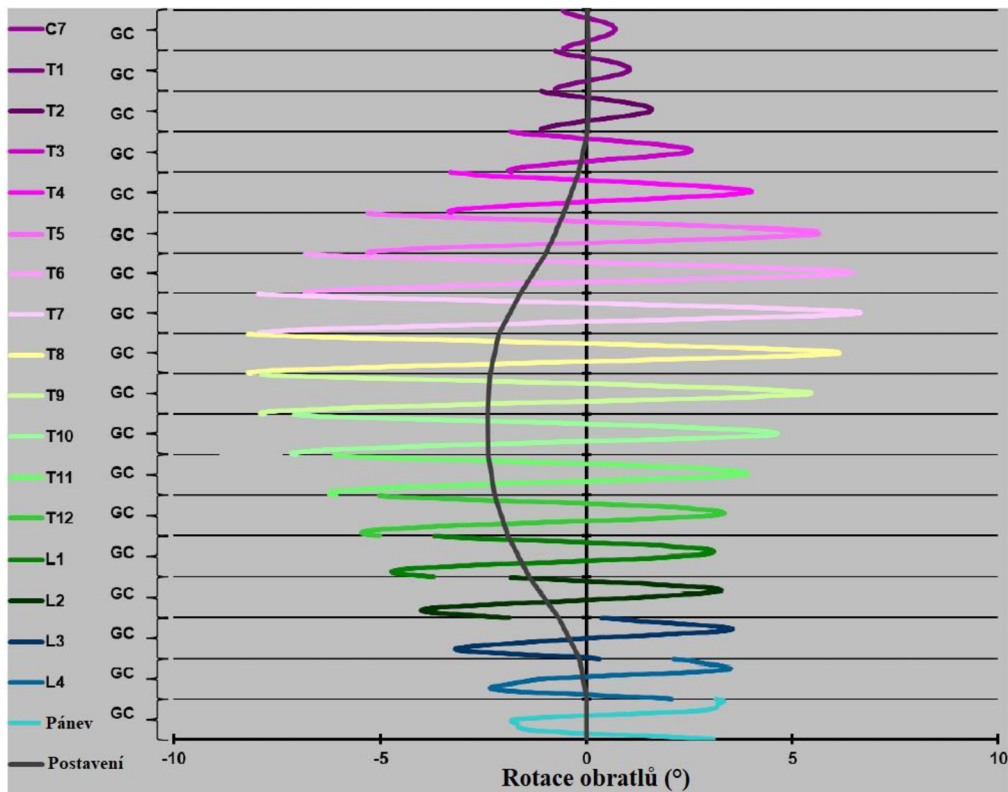
V sagitální rovině, kdy se jedná o pohyb v mediolaterální ose, je trup postaven v mírné flexi. Průběh pohybu má charakter sinusoidní křivky se dvěma minimy a dvěma maximy. Vrchol minima křivky se nachází ve fázi postupného zatížení a v předšvihové fázi, vrchol maxima křivky se nachází v konečném stoji a ve středním švihu GC. Ve frontální rovině, kde probíhá osa v předozadním směru, dochází k úklonu trupu po skončení dvouoporvé fáze. Rozsah této lateroflexe je menší než  $1^\circ$  v každém směru. V rovině transverzální, kde je pohyb uskutečňován ve směru vertikální osy, dochází k rotaci trupu (Perry & Burnfiels, 2020; Svoboda et al., 2020).

Obratlová těla kolem sedmého hrudního obratle jsou považována za přechodnou oblast, kde během lidské chůze nedochází k rotačnímu pohybu nebo je tento pohyb malý. U příslušných kraniálních a kaudálních obratlů se očekává opačná rotace (Gregersen & Lucas, 1967). Rotace dolní hrudní páteře se postupně zmenšuje až do úrovně sedmého hrudního obratle, kde je rotace nulová. Protirotační horní hrudní páteře se postupně zvyšuje právě od sedmého hrudního obratle směrem nahoru a dosahuje maxima u prvního hrudního obratle (Needham et al., 2016). Tyto předpoklady vychází z předchozích výzkumů, při nichž byly analyzovány pouze izolované obratle. Odlišné výsledky přináší studie od Bruijn et al. (2008) při analýze pohybu pánve a trupu v transverzální rovině vzhledem k rotaci horních končetin. Ve studii je prezentováno, že koordinace pánve a trupu se posouvá z fáze in-phase do fáze out-phase s narůstající rychlostí chůze.

Zcela opačných výsledků týkajících se rotací obratlů bylo zjištěno na základě provedené studie (Huthwelker et al., 2023), které se účastnilo 201 zdravých probandů, kde bylo pomocí povrchové topografie zjištěno, že během chůze na běžecím pásu při rychlosti  $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  byl v krční páteři pozorován jen velmi malý rotační pohyb. Počínaje třetím hrudním obratlem začala amplituda rotačních pohybů narůstat a největšího rozsahu dosáhla v oblasti střední hrudní páteře kolem obratle T7 a T8. Poté se rozsah amplitudy rotačních pohybů u nižších segmentů hrudní páteře až k pánvi začal opět zmenšovat. U střední a dolní hrudní páteře byly vrcholy příslušných křivek jasně identifikovatelné. U obratlů v oblasti lumbální části páteře a pánve se však projevilo vytvoření plató pro obě strany rotačního průběhu křivky, což ztěžuje jednoznačnou identifikaci krajních hodnot příslušných křivek.

#### Obrázek 4

Průměrné rotační křivky jednotlivých obratlů a pánve v rámci jednoho GC



Poznámka. GC – gait cycle. Upraveno dle Huthwelker et al. (2023).

Na Obrázku 4 lze vidět grafické zpracování průměrných velikostí rotací všech zkoumaných obratlů od kraniálních po kaudální, včetně pánve, a jejich příslušné maximální hodnoty pravostranných a levostranných amplitud rotací při rychlosti chůze  $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  v rámci GC. Oscilace křivek má sinusový tvar pro rotační pohyb páteře ve všech anatomických výškách jednotlivých obratlů. Křivky neoscilovaly rovnoměrně kolem  $0^\circ$ , ale celkově byly mírně posunuty směrem k záporným hodnotám (pravostranně rotované).

Pánev dosáhla svého rotačního maxima téměř na začátku GC, zhruba ve 4 % GC, jako první ze všech zkoumaných struktur. Lumbální obratle společně s posledním hrudním obratlem (L4–Th12) tuto rotaci následovaly postupně. Střední hrudní obratle (Th11–Th3) dosáhly svých maximálních hodnot téměř současně až kolem 46–48 % GC.

Vzhledem k těmto zjištěním bod přechodu, kdy obratle mění svůj směr rotace z pravostranné na levostrannou rotaci a naopak, nelze definovat jako statický bod v oblasti kterékoliv části páteře. Tento bod přechodu lze spíše označit jako dynamický, kdy v průběhu GC

dochází k jeho oscilaci od kaudálního obratle směrem ke kraniálnímu v relativně konstantním vzoru. Lze se domnívat, že tento bod je dynamický důsledkem toho, že lidské tělo zvyšuje stupně volnosti a současně minimalizuje páky, aby byla vyřešena větší odolnost vůči vnitřním a vnějším silám během komplexního pohybového vzorce chůze. Přestože průměrné výsledky celé skupiny pozorovaných objektů vykazovaly velmi systematické pohybové vzorce páteře, tak jednotlivá pozorování odhalila velmi interindividuální rozdíly v pohybových návycích při chůzi.

Závěrem lze říci, že v rovině transversální obratle v krční a horní hrudní oblasti při chůzi nevykazovaly výrazný rozsah rotačního pohybu. Naopak u střední hrudní páteře se doposud očekávalo, že vykazuje spíše malý rotační pohyb během chůze u zdravých účastníků. Namísto toho byly obratle střední hrudní páteře maximálně kontrarotovány na začátku GC a pánev byla maximálně rotována na straně referenční dolní končetiny dopředu. Přibližně v polovině cyklu chůze se směry maximálního rotačního pohybu obrátily. Ze všech hrudních obratlů vykazovaly největší amplitudu rotačního pohybu obratle Th7 a Th8 během chůze při rychlosti 5 km.h<sup>-1</sup> (Huthwelker et al., 2023)

## 2.2 Variabilita lidského pohybu

Variabilita je přirozeným a důležitým rysem lidského pohybu. Variabilitu lidského pohybu lze popsat jako variace normální odchylky, které se objevují v motorickém projevu při vícenásobném opakování daného úkolu v průběhu času (Stergiou et al., 2006). Variabilita je vlastní všem biologickým systémům, odráží odchylky v prostoru i čase a je snadno zjištělná. Pokud se člověk pokusí dvakrát zopakovat stejný pohyb, nikdy nebudou obě akce stejné (Harbourne & Stergiou, 2009). U lidské lokomoce je velikost variability chůze silným prediktorem rizika pádu či zranění a křehkosti v důsledku stárnutí a nemoci (Ducharme & van Emmerik, 2018).

### 2.2.1 Historický vývoj konceptů variability pohybu

V literatuře lze nalézt různé pohledy na variabilitu pohybu. Jedním z nejstarších pohledů je ten, že variabilitu daného pohybového vzorce lze považovat za výsledek chyb ve schopnosti předvídat parametry nezbytné pro použití pohybového vzorce základního motorického programu (Schmidt, 2003). Jedná se o **teorii generalizovaného motorického programu** (Generalized motor program theory, GMPT; Summers & Anson, 2009). S nácvičkem konkrétního úkolu se chyby predikce postupně eliminují, čímž se optimalizuje přesnost a účinnost pohybového vzoru (Stergiou et al., 2006). V dnešní době je tato myšlenka vyvrácena a je kladen

důraz na to, že variabilita v normálním pohybu není vnímána jako výsledek chyby v daném motorickém vzoru, ale jako nezbytná podmínka funkce. Variabilita odráží více možností pohybu a umožňuje flexibilní, adaptivní strategie, které nejsou závislé na rigidních programech pro každý úkol nebo pro každou měnící se podmínku, se kterou se setkáme (Harbourne & Stergiou, 2009).

Další významnou teorií je **hypotéza nekontrolovaného rozdělení** (Uncontrolled manifold hypothesis, UCM). Tato hypotéza tvrdí, že centrální nervová soustava (CNS) nekontroluje každý detail pohybu samostatně, ale spíše organizuje pohybové úlohy tak, aby se zajistilo, že určitý účel nebo cíl bude dosažen, ačkoli může existovat mnoho možných kombinací svalové aktivity pro dosažení tohoto cíle. Prakticky byla motorická variabilita spojována s motorickou redundancí. Motorická redundance znamená, že k řešení úkolu je k dispozici více prvků, než je nutné, což vede k existenci více řešení daného motorického problému (Stergiou & Decker, 2011). Například při pohybu rukou k dosažení určitého bodu v prostoru existuje mnoho možných kombinací svalových kontrakcí, které by mohly vést k dosažení tohoto cíle. Hypotéza UCM tvrdí, že CNS organizuje a koordinuje tyto kombinace tak, aby byla zachována určitá úroveň variability, což umožňuje adaptaci na různé podmínky, jako jsou změny v prostředí nebo vlastnosti svalů. Přístup UCM byl aplikován na několik motorických úloh, jako je udržování klidného postoje, produkce síly prstů, bimanuální ukazování, sed-stoj a střelba z pistole, aby se objevily koordinační strategie zdánlivě redundantních motorických systémů a odhalily funkční účely, které variabilita v těchto motorických úlohách hraje. Celkově lze tedy hypotézu UCM chápat jako mechanismus, který CNS využívá k organizaci a řízení pohybu s cílem maximalizovat efektivitu a adaptabilitu, přičemž se zaměřuje na dosažení cíle při zachování určité úrovně variability v pohybu (Domkin et al., 2002; Klein & Carlos Santamarina, 2001; Stergiou & Decker, 2011).

Z jiného úhlu pohledu se předpokládá, že biologické systémy se samoorganizují podle environmentálních, biomechanických a morfologických omezení, aby našly nejstabilnější řešení pro vytvoření daného pohybu. Jedná se o **teorii dynamických systémů** (Dynamical systems theory, DST). Zvýšená variabilita pohybového vzoru obecně naznačuje méně kooperativní chování mezi složkami základního řídicího systému. Teorie dynamických systémů zavedla pojmy stabilita a nelinearita pro vysvětlení variability. Snížená variabilita obecně naznačuje vysoce stabilní a kooperativní chování. Tyto tradiční pohledy se vzájemně doplňují, neboť oba uznávají, že snížená variabilita je výsledkem efektivního provedení daného pohybového vzoru. Uznávají také, že měnící se stavy chování mohou být charakterizovány zvýšenou variabilitou, dokud není možné přijmout stabilnější (méně variabilní) pohybový vzorec. Z tohoto tvrzení vyplývá, že trvalý nedostatek pohybové variability v přítomnosti měnících se požadavků na úkol nebo podmínek prostředí může znamenat rigidní, nepružné pohybové chování s omezenou přizpůsobivostí

(Stergiou et al., 2006). V případě DST tak bude malé množství variability indikovat vysoce stabilní chování (Harbourne & Stergiou, 2009).

Plynulé pohyby zaměřené na cíl vyžadují integraci a koordinaci jednotlivých stupňů volnosti v různých časoprostorových měřítkách do funkčních celků. Koordinace zahrnuje uvedení více stupňů volnosti na každé úrovni do správných vztahů. Tyto správné vztahy vznikají díky redundanci v motorickém systému. Tuto redundanci v dostupných stupních volnosti popsal před mnoha lety Bernstein a důrazně obhajoval, že akční systémy s více stupni volnosti umožňují různá řešení konkrétního úkolu (Hamill et al., 2012). Funkční systémy, které jsou stabilní a adaptabilní, efektivně využívají všechny své stupně volnosti, aby optimalizovaly výkon úlohy (Latash et al., 2002). Pro analýzu úlohy jsou podle Bernsteinovy perspektivy klíčové některé složky. První z nich je, že rozhodující jsou vztahy mezi částmi, a nikoliv zkoumání samotných částí. Tento postoj vyplývá ze skutečnosti, že mnoho jednotlivých částí může být uspořádáno velkým počtem způsobů, aby podávaly stejný koordinační vzor. Druhým klíčovým bodem je, že variabilita je nesmírně důležitá, protože poskytuje metriku související s rozmanitostí způsobů, jimiž je koordinační vzor udržován (Hamill et al., 2012).

Perspektivy GMPT, UCM a DST jsou si podobné v tom, že všechny uznávají, že snížená variabilita je výsledkem efektivního provedení daného pohybového vzorce. DST se více zaměřuje na přechody v chování a poskytuje nástroje k popisu těchto jevů. Konkrétně DST předpokládá, že v určitých dynamických systémech a za určitých podmínek, když se variabilita zvýší a dosáhne určitého kritického bodu, se systém stane vysoce nestabilním a přejde na nový, stabilnější pohybový vzorec (s menší variabilitou). Toto tvrzení je významným krokem vpřed, protože vysvětluje přechody mezi stavy chování a naznačuje, že přetrvávající nedostatek pohybové variability může znamenat rigidní, nepružné motorické chování s omezenou adaptabilitou na měnící se úkoly nebo požadavky prostředí. Významným omezením DST je to, že nedokáže vysvětlit jev, kdy některé chování, jež se jeví jako stabilní, jsou paradoxně prováděna variabilním způsobem. To je zvláště patrné, když pozorujeme výkony elitních sportovců nebo hudebníků. Výkony těchto vysoce trénovaných jedinců jsou konzistentnější než výkony méně schopných jedinců, ale zároveň si také vyvinuli nekonečné množství způsobů provedení daného pohybu. Nabízí se tedy, že variabilita se snižuje s osvojováním dovedností na jedné straně díky motorickému učení a na druhé straně se zvyšuje s osvojováním dovedností v kontextu rozvoje pohybového chování (Stergiou & Decker, 2011).

Terapeutický předpoklad je ten, že rovnováha je ukazatelem zdraví. Nelineární teorie však zdůrazňuje nerovnováhu jako zdravou. Systém se tedy nikdy zcela neusadí ve stabilním stavu a neustálé kolísání charakterizuje jeho zdravou variabilitu umožňující adaptaci na změny prostředí (Rickles et al., 2007). Úplná rovnováha může být ekvivalentem smrti organismu,

protože předpokládá statický, nedynamický stav. Zdraví tedy označujeme jako dynamickou rovnováhu, která není statický stav (Harbourne & Stergiou, 2009).

### **2.2.2 Různé typy variability pohybu**

Hamill et al. (2012) rozlišují variabilitu koncovou (end-point) a koordinační. **Koncová variabilita** je předkládána jako tradiční pohled na variabilitu a ukazuje na stabilitu pohybu v konečných aspektech pohybu, jako jsou poloha končetin, úhly kloubů nebo poloha těžiště těla. Při analýze chůze to lze představit jako rozdíly v délce kroku, úhlech při dopadu nohy na zem nebo polohách trupu při každém kroku. Hodnocení koncové variability při chůzi může poskytnout informace o stabilitě a přesnosti motorických pohybů. Nižší koncová variabilita naznačuje, že jedinec má tendenci produkovat konzistentní a přesné pohyby, což může být interpretováno jako vyšší úroveň ovládnutí a koordinace pohybu. Naopak vyšší koncová variabilita může ukazovat na potenciální problémy s kontrolou pohybu a možné deficity v motorické koordinaci. To znamená, že zkušenější jedinci v dané pohybové činnosti by měli mít menší koncovou variabilitu než nezkušení jedinci začínající s danou pohybovou činností a zdraví jedinci by měli mít menší koncovou variabilitu než jedinci s pohybovými patologiemi.

**Koordinační variabilita** by ve skutečnosti měla mít opačnou interpretaci než variabilita koncová. Koordinační variabilita se týká variability v koordinaci pohybu mezi různými segmenty těla nebo mezi různými pohybovými vzory. Jedná se o rozmanitost způsobů, jak vykonat určitý pohybový úkol. V kontextu hodnocení chůze koordinační variabilita zahrnuje různé strategie koordinace mezi pánví, trupem a končetinami během jednotlivých kroků GC. Když je koordinační variabilita nižší, naznačuje to menší rozmanitost a flexibilitu v provedení pohybu, což znamená omezenější schopnosti daného jedince přizpůsobit se různým podmínkám a situacím a je často přítomna u jedinců s nějakým deficitem. Naopak vyšší koordinační variabilita indikuje větší rozmanitost a flexibilitu v provedení pohybu. To znamená, že jedinec má širší repertoár možných pohybových strategií a může být schopen lépe reagovat na různé podněty a situace. Vyšší koordinační variabilita může být znakem vyšší adaptability a schopnosti přizpůsobit se různým pohybovým požadavkům. Obecně řečeno, nižší koordinační variabilita může signalizovat větší stabilitu, zatímco vyšší koordinační variabilita může naznačovat větší flexibilitu a adaptabilitu v provedení pohybu (Hamill et al., 2012).



### 2.2.3 Vybrané postupy k hodnocení variability chůze

Diplomová práce se v praktické části zabývá pouze koordinační variabilitou. K hodnocení variability chůze lze využít jeden ze dvou přístupů. Jedná se o buď o lineární charakteristiky nebo o nelineární charakteristiky. Pro účely diplomové práce budou blíže vysvětleny pouze charakteristiky lineární.

Základní metrikou používanou pro popis variability chůze je směrodatná odchylka (SD – standard deviation). Výpočet lze provést následovně:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2},$$

kde  $N$  je počet vzorků,  $x_i$  naměřená hodnota v  $i$ -tém vzorku a  $\bar{x}$  je aritmetický průměr.

Jedná se o ukazatel absolutní variability, která je zároveň ovlivněna velikostí hodnot jednotlivých vzorků. Jestliže chceme posoudit relativní velikost rozptýlenosti dat vzhledem k průměru, převedeme SD na ukazatel relativní variability – koeficient variace neboli variační koeficient (CV – coefficient of variation), který určíme takto:

$$CV = \frac{SD}{\text{průměr}} * 100\%.$$

## 2.3 Menstruační cyklus

Pravidelné krvácení z pohlavního ústrojí je nejnápadnějším projevem cyklické funkce ženského genitálu (Čepický, 2021). Na dělení menstruačního cyklu (menstrual cycle, MC) lze nahlížet z různých pohledů. MC se dělí na folikulární fázi, ovulaci, luteální fázi a menstruaci. MC souvisí úzce s ovariálním cyklem. V širším slova smyslu je termín MC používán pro pravidelně se opakující změny celého organismu, v užším slova smyslu bývá používán pro cyklické změny endometria (Rob et al., 2019). Dále můžeme rozlišovat cervikální cyklus a vaginální cyklus (Pilka, 2022).

MC je fyziologický proces ženského reprodukčního systému, který se opakuje pravidelně každý měsíc od menarché (tj. od první menstruace) až do menopauzy. Začíná prvním dnem krvácení a končí posledním dnem před začátkem dalšího krvácení. Průměrná délka MC se uvádí v rozmezí 21–37 dnů (Pilka & Procházka, 2017).

Fáze menstruačního cyklu jsou charakterizovány kolísáním ovariálních hormonů estradiolu (E2) a progesteronu (P4). Název folikulární fáze je odvozena od dozrávání ovariálních folikulů obsahujících oocyty (Roztočil, 2011).

### **2.3.1 Ovariální cyklus**

Tento cyklus je reprezentován změnami ve vaječníku během MC, při kterých dochází k růstu folikulů v kůře vaječníku, k ovulaci a produkci hormonů důležitých pro implantaci embrya a vývoj těhotenství. Za fyziologických podmínek je ovariální cyklus pravidelný v období pohlavní zralosti, nepravidelnosti cyklu se mohou objevit v období menarche a v období klimakteria. Po menopauze cyklus nakonec ustává. Rozlišujeme folikulární fázi menstruačního cyklu, ovulaci a následnou luteální fázi (Rob et al., 2019). Dělení MC pouze na tyto fáze dostatečně nerozlišuje mnohočetné hormonální změny, které se v rámci cykličnosti ženského těla vyskytují. MC lze tedy rozlišit na dílčí fáze – časná folikulární, pozdní folikulární, ovulační, časná luteální, střední luteální a pozdní luteální fáze, jak je uvedeno na Obrázku 5 (Carmichael et al., 2021).

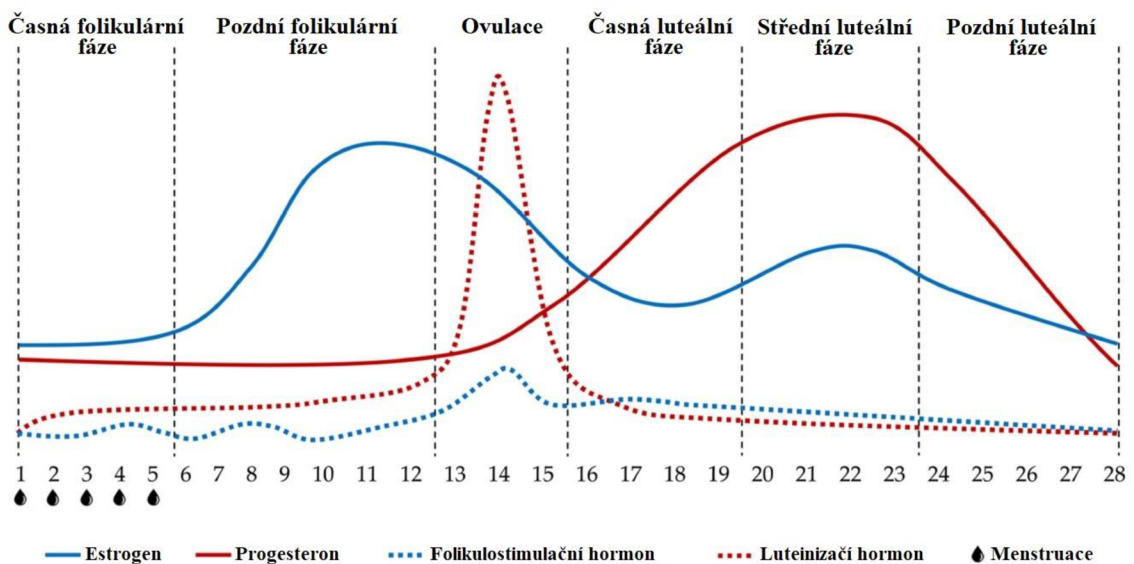
**Folikulární fáze** ovariálního cyklu označuje počáteční fázi vývoje folikulů ve vaječníku. Během této fáze vstupují klidové folikuly do růstové fáze a procházejí zráním (McNatty et al., 1999). Tato fáze začíná prvním dnem menstruace a končí ovulací (Pilka, 2022). Raná folikulární fáze začíná menstruací, která obvykle trvá 4–6 dní a během této doby jsou všechny koncentrace ženských pohlavních hormonů relativně nízké a stabilní (Carmichael et al., 2021). Vývoj folikulu je řízen folikulostimulačním hormonem (FSH) vylučovaným předním lalokem hypofýzy. Hladina FSH začíná růst v posledních dnech předchozího menstruačního cyklu a vrcholu dosahuje během prvního týdne folikulární fáze. Dalším hormonem, který hraje důležitou roli v kontrole folikulární fáze, je estradiol (Rob et al., 2019). FSH stimuluje každý měsíc vývoj 15-20 folikulů a tyto folikuly si navzájem konkurují v nadřazenosti (Pilka, 2022). Dominantní folikul vylučuje velké množství estrogenu v míře, která nepřímo snižuje hladiny luteinizačního hormonu (LH) a FSH. Toto zpomalení produkce LH a FSH vede k atrezii většiny folikulů. Pouze jeden dominantní folikul pokračuje ve zrání a dospěje do fáze předovulační (Graafova folikulu). Hladiny estrogenů vytvářejí vrchol během pozdní folikulární fáze MC a pokud vysoká hladina estradiolu přetrvá dostatečně dlouho, dojde ke změně z negativní zpětné vazby na pozitivní zpětnou vazbu na LH, což způsobí prudké vyplavení LH (LH peak; Čepický, 2021; Pilka, 2022; Rob et al., 2019). LH je na pozitivní zpětnou vazbu estrogenů citlivější než FSH a jeho hladina stoupá výrazně více než hladina FSH, čehož se právě využívá v komerčních ovulačních testech (Čepický, 2021).

**Ovulace** je zahájena předovulačním vzestupem hladiny gonadotropinů, které způsobí rupturu Graafova folikulu a uvolnění vajíčka (Čepický, 2021; Ferin et al., 1997). Důsledkem tohoto procesu dojde k vyplavení folikulární tekutiny do dutiny břišní, nastane náhlé snížení produkce estrogenů a poklesne hladina gonadotropinů (Čepický, 2021). Základním impulzem pro spuštění ovulace je prudký nárůst hladiny LH. Po tomto nárůstu dochází k ovulaci obvykle v rozmezí 35-44 hodin (Rob et al., 2019).

**Luteální fáze** je poslední částí ovulačního cyklu, která končí buď těhotenstvím, nebo luteolýzou (Rob et al., 2019). Časná luteální fáze nastává po ovulaci, kdy se z prasklého folikulu stává žluté tělísko, které vylučuje progesteron. Hladina tohoto hormonu je v luteální fázi výrazně vyšší než v jiných fázích cyklu. Střední luteální fáze obsahuje vrchol vylučování progesteronu a estrogen dosahuje druhého menšího vrcholu. V této době je endometrium připravené na oplodnění vajíčka. Pokud nedojde k otěhotnění, žluté tělísko žije asi 14 dnů a poté zaniká, což je provázeno poklesem progesteronu a snížení hladiny hormonů estrogenu během pozdní luteální fáze, kdy se cyklus připravuje na opětovný růst nových folikulů (Carmichael et al., 2021).

## Obrázek 5

*Přehled jednotlivých fází MC a hladiny jednotlivých hormonů v průběhu MC*



Poznámka. Upraveno dle Carmichael et al. (2021).

### 2.3.2 Děložní cyklus

Hormony estradiol a progesteron produkované během ovariálního cyklu mají přímý účinek na endometrium, myometrium a cervix (Čepický, 2021). Blíže bude přiblížen právě děložní endometriální cyklus. Tento cyklus lze rozdělit na proliferační, sekreční a menstruační fázi (Rob et al., 2019).

**Proliferační fáze** koresponduje s folikulární fází ovariálního cyklu, trvá od konce menstruace do ovulace. Začíná přibližně 5. den MC po zastavení krvácení, v této fázi je charakteristický růst povrchového epitelu, stromatu, cév a úzkých žlázek díky působení estrogenů. Právě vysoké hladiny estrogenů podporují tvorbu nové vrstvy endometria v děloze (Rob et al., 2019). Endometrium v době vrcholu LH může dorůst až výšky 12 mm (Pilka, 2022).

**Sekreční fáze** koresponduje s luteální fází na ovariu. Začíná po ovulaci a trvá do menstruační fáze následujícího cyklu (Pilka, 2022). V této fázi je důležitý hormon progesteron, který má zásadní roli v tom, aby se endometrium stalo vnímaným v implantaci blastocysty a podpořilo časné těhotenství. Dále zvyšuje bazální teplotu těla ženy. Endometrium se díky vlivu gestagenů připravuje na implantaci embrya. Tato fáze je relativně konstantní a trvá asi 14 dnů (Rob et al., 2019).

**Menstruační fáze** navazuje na fázi sekreční, pokud nedojde k otěhotnění. Tato fáze je podmíněna poklesem gestagenů (Rob et al., 2019). Menstruace je definována jako fyziologické zhroucení, uvolnění a odloučení endometria s krvácením. Menstruační krvácení začíná ve chvíli, když ischemie vyvolá atrofii spirálních arterií, a ty začnou vyplavovat krev do dělohy a apoptotické endometrium se začne odlučovat (Pilka, 2022). Obvyklá délka menstruačního krvácení je 3-5 dnů, ale rozmezí v délce 1-8 dnů není výjimkou (Rob et al., 2019). Menstruační krev obsahuje převážně arteriální krev, dále venózní krev, zbytky stromatu a žlázek endometria, leukocyty, erytrocyty a množství hlenu (Pilka, 2022). Jako menstruaci můžeme označit jen krvácení, kterému předcházela ovulace. V případě anovulačních cyklů by mělo být krvácení označováno jako pseudomenstruace. Anovulační cykly se běžně vyskytují před menopauzou, u žen se syndromem polycystických ovarií, ale i u zdravých žen (Rob et al., 2019).

Menstruační cyklus je fyziologický proces, který za normálních okolností u žen probíhá pravidelně a bez výrazných nepříjemností a bolestivosti. Nicméně u některých žen se může objevit při menstruaci bolest, což se označuje jako dysmenorea (Dawood, 2006). Bolestivá menstruace neboli dysmenorea bude následně v práci dále objasněna.

### **2.3.3 Vliv menstruačního cyklu na ženské tělo**

Pravidelné hormonální změny během MC vedou k ovlivnění fyziologických změn u žen (Schmalenberger et al., 2021). Primární funkcí hormonů je podpora reprodukce. Výzkumy však zdůrazňují, že mění se koncentrace estrogenu a progesteronu v průběhu MC má také velké množství komplexních účinků na mnoho fyziologických systémů, včetně kardiovaskulárního, respiračního, metabolického a neuromuskulárního (Ansdell et al., 2019; Hackney, 2023). Změna v těchto systémech má dopad na výkon při cvičení (Constantini et al., 2005; Janse De Jonge, 2003; Lebrun et al., 2013).

Existuje řada předpokládaných mechanismů, díky kterým má nižší hladina estrogenu a progesteronu pozorovaná v časně folikulární fázi MC negativní vliv na výkonnost při cvičení. Estrogen je známý svými anabolickými účinky (Baltgalvis et al., 2010; Lowe et al., 2010), stejně jako pro svou roli při regulaci metabolismu zvýšením příjmu glykogenu a má antioxidantní vlastnosti, které by mohly poskytovat ochranu před poškozením svalů vyvolaným cvičením a snižovat tak zánětlivé reakce v těle (Hackney, 2023). Progesteron má katabolické a antiestrogenní účinky, snižuje schopnost produkovat sílu. Lze proto předpokládat, že příznivé účinky estrogenu jsou pravděpodobně větší v pozdní folikulární a ovulační fázi, kdy je estrogen vysoký bez zásahu progesteronu, ve srovnání se střední luteální fázi, kdy je estrogen i progesteron vysoký. I přestože tento hormonální fyziologický proces obecně platí pro všechny ženy s pravidelným menstruačním cyklem, existuje velká variabilita v koncentraci hormonů a načasování cyklu mezi jednotlivými ženami (Häggström, 2014). Systematický přehled s metaanalýzou od McNulty et al. (2020) zkoumal vliv fáze MC na výkonnost při cvičení u žen s eumenoreou. Prezentované zjištění potvrzují předchozí poznatky, že největší rozdíl ve výkonnosti je mezi časnou folikulární a pozdní folikulární fází MC. Nicméně rozdíly ve výkonnosti jsou oproti ostatním fázím natolik malé, že z praktického hlediska nemají význam pro většinu populace. Tyto efekty však mohou být významné pro vrcholové sportovce, kdy je opravdu tenká hranice mezi úspěchem a neúspěchem. Z metaanalýzy od Blagrove et al. (2020) vyplývá, že i přes fluktuaci hladin estrogenu a progesteronu, která může vysvětlit rozdíly ve fyzické výkonnosti žen, jsou silové parametry během MC pouze minimálně ovlivněné. Podle přehledové studie provedené Carmichael et al. (2021) mnoho výzkumných studií dospělo k závěru, že výkonnost mezi různými fázemi MC zůstává stabilní. Bylo zjištěno, že síla a aerobní vytrvalost klesají v pozdní luteální fázi, zatímco anaerobní vytrvalost je nejčastěji snížena v pozdní folikulární fázi. Nicméně, co se týká vnímané výkonnosti, pozdní luteální fáze byla identifikována jako období, kdy sportovkyně zaznamenávají subjektivní pokles své výkonnosti. Studie zaměřené

na vliv MC na fyzickou výkonnost naznačují, že jednotlivé fáze MC ovlivňují sílu, aerobní a anaerobní výkon různými způsoby.

MC má v důsledku hormonálních výkyvů vliv na zvýšenou laxitu svalů a vazů během periovulační fáze MC, kdy je vyšší hladina estrogenu. To má za následek nižší stabilitu jednotlivých kloubů a tělesných segmentů, což ovlivňuje prevalenci zranění žen ve sportu. Během ovulace je tedy větší riziko vzniku zranění (Keklicek et al., 2021; Moriceau et al., 2022; Park et al., 2009).

Celkově lze tedy konstatovat, že hormonální změny během MC mají různé dopady na fyzický výkon a prevalenci zranění žen ve sportu. Je vhodné brát v úvahu tyto faktory při plánování tréninku s cílem maximalizovat výkonnost a minimalizovat riziko vzniku zranění.

## 2.4 Dysmenorea

Dysmenorea je označení pro bolestivou menstruaci bez zjevné patologické příčiny. Je považována za jeden z nejčastějších gynekologických problémů u žen ve fertilním věku (Abreu-Sánchez et al., 2020; Iacovides et al., 2015; Ju et al., 2014). Přestože se jedná o častý stav u žen, je tento problém nedostatečně diagnostikován, protože většina žen tento problém neřeší a nevyhledá lékařskou pomoc (Chen et al., 2018; M. Proctor & Farquhar, 2006). Toto gynekologické onemocnění se vyskytuje u žen bez ohledu na jejich etnickou příslušnost (M. Proctor & Farquhar, 2006). Na základě patofyziologie klasifikujeme primární a sekundární dysmenoreu. Celosvětová prevalence primární dysmenorey (primary dysmenorrhea, PD) se pohybuje mezi 45–95 % u žen v produktivním věku, přičemž 2–29 % z nich pociťuje silné bolesti (Itani et al., 2022). Rozdíly v míře výskytu lze vysvětlit rozdíly mezi metodikami používanými k hodnocení PD v různých studiích, vybranou populací a věkovými skupinami, etnickou příslušností a rozdíly ve vnímání bolesti mezi jednotlivými komunitami. Vyšší prevalence v rozmezí 70–90 % se obecně vyskytuje mezi ženami mladšími 24 let (Ju et al., 2014). PD typicky provází ovulační cykly, v anovulačních cyklech se PD spíše neobjevuje (Čepický, 2021; Křepelka, 2023). Kromě fyzického zdraví narušuje dysmenorea také kvalitu života a produktivitu mladých žen (Ju et al., 2014; S. D. Kim, 2020; László et al., 2008). Kromě bolestí v podbřišku a pánevní oblasti je dysmenorea obvykle spojena s příznaky, které lze rozdělit do dvou kategorií – fyzické a psychické příznaky. Fyzické příznaky můžeme následně rozdělit mezi další podkategorie – příznaky systémové, gastrointestinální a spojené s vylučováním. Mezi fyzické příznaky systémové lze zařadit bolest hlavy, letargii, únavu, ospalost, nespavost, bolest v prsou, těžké dolní končetiny, bolesti zad, bolestivá kolena spolu s vnitřní stranou stehen, myalgií, artralgií

a oteklé dolní končetiny. Mezi fyzické příznaky gastrointestinální řadíme zvýšenou nebo naopak sníženou chuť k jídlu, nevolnost, zvracení, nadýmání. A fyzické příznaky související s vylučováním zahrnují zácpu, průjem, časté močení a pocení (Osayande & Mehulic, 2014; M. Proctor & Farquhar, 2006). V případě psychologických příznaků mohou ženy trpící dysmenoreou pociťovat poruchy nálady, jako je úzkost, deprese nebo podrážděnost (Matthewman et al., 2018; Rafique & Al-Sheikh, 2018).

Patofyziologie dysmenorey nebyla dosud plně objasněna, současné poznatky naznačují, že patogeneze dysmenorey je způsobena zvýšenou sekrecí prostaglandinu F2 $\alpha$  (PGF2 $\alpha$ ) a prostaglandinu E2 (PGE2) v děloze během endometriálního procesu odlučování děložní sliznice. Tyto prostaglandiny se podílejí na zvýšené myometriální kontrakci a vazokonstrikci, což vede k děložní ischemii a produkci anaerobních metabolitů. To má za následek hypersenzibilizaci jednotlivých bolestivých vláken a v konečném důsledku vede k pánevní bolesti (Itani et al., 2022).

Prostaglandiny jsou syntetizovány prostřednictvím kaskády kyseliny arachidonové, zprostředkovanou cyklooxygenázou. Kyselina arachidonová je regulována hladinou progesteronu, prostřednictvím činnosti enzymu fosfolipázy A2. Progesteron dosahuje vrcholu v polovině luteální fáze, což je poslední fáze menstruačního cyklu, která nastává po ovulaci. Pokud nedojde k oplodnění vajíčka, dochází k zániku žlutého tělíska a k poklesu hladiny progesteronu. Tento rychlý pokles hladiny progesteronu je spojen s odlučováním endometria, menstruačním krvácením a uvolňováním enzymů, což vede k tvorbě arachidonových kyselin, a tedy produkci prostaglandinů (Barcikowska et al., 2020; Iacovides et al., 2015). Ženy s pravidelnými menstruačními cykly mají zvýšené množství hladiny prostaglandinů v endometriu během pozdní luteální fáze. Nicméně bylo provedeno několik studií, které měřily koncentrace prostaglandinů v luteální fázi prostřednictvím endometriální biopsie a menstruačních tekutin. Studie odhalily, že ženy s dysmenoreou mají vyšší hladiny prostaglandinů než ženy s běžným nebo bolestivým menstruačním cyklem (Barcikowska et al., 2020; Chan & Hill, 1978; Iacovides et al., 2015). V důsledku toho menstruační křeče, intenzita bolesti a související příznaky nejspíše přímo souvisejí s vyšší koncentrací PGF2 $\alpha$  a PGE2 v endometriu (Dawood, 2006).

#### **2.4.1 Primární dysmenorea**

PD označuje bolestivou menstruaci křečovitého charakteru v podbříšku, která začíná krátce před nebo při začátku menstruace při absenci jakékoliv pánevní patologie. Je to jeden z nejčastějších problémů u mladých i dospělých žen (Sharghi et al., 2019). Tato bolest má cyklický

charakter, začíná obvykle 1-2 dny před začátkem menstruace, nejintenzivnější je během prvního dne menstruace a trvá až 72 hodin (Kulkarni & Deb, 2019; M. L. Proctor & Farquhar, 2006). Navzdory její vysoké prevalenci a významnému dopadu na každodenního aktivity ženy je často nedostatečně léčena, a dokonce se jí nevěnuje pozornost vzhledem k tomu, že mnohé ženy nevyhledají odbornou pomoc. Ženy považují bolest jako nevyhnutelnou reakci na menstruaci, kterou vnímají jako běžnou a normální (Iacovides et al., 2015). V současné době neexistuje žádná studie, která by uváděla, že jiní primáti nebo savci trpí bolestivou menstruací. PD může být definována jako jedinečný příznak žen (Wang et al., 2023). Z holistického hlediska bychom bolest neměli považovat za běžný jev, ale spíše za signál, že v těle není něco v pořádku. Proto je důležité přistupovat k bolestivé menstruaci s pochopením tohoto signálu a hledat způsoby, jak náležitě reagovat a případně provést změny, které by mohly vést k úlevě.

#### **2.4.2 Sekundární dysmenorea**

Sekundární dysmenorea neboli algomenorea vzniká v důsledku patologických nálezů na ženských pohlavních orgánech. Může se jednat o endometriózu, chronické pánevní zánětlivé onemocnění, adenomyózu, polypy, ovariální cysty, vrozené anomálie a komplikace, které se objevují v souvislosti s onemocněním vaječnicků (M. Proctor & Farquhar, 2006). Algomenorea je spojena s difúzní nebo trvalou bolestí, která se nemusí nutně objevovat během menstruace a obvykle se vyskytuje u starších žen (více než 24 let; Latthe et al., 2006). Ženy se sekundární dysmenoreou mají často klinické příznaky odlišující se od PD. Může k nim patřit bolest při pohlavním styku nebo farmakorezistentní bolestivost (Burnett & Lemyre, 2017; Osayande & Mehulic, 2014). Právě endometrióza je považována za jednu z nejčastějších příčin sekundární dysmenorey a je popisována jako přítomnost endometriální tkáně mimo dělohu. Proto je diagnóza a léčba sekundární dysmenorey určena na základě pánevní patologie stanovené lékařem (Abreu-Sánchez et al., 2020).

### **2.5 Interakce pánve, trupu a dysmenorey**

Lidé se vyznačují vertikálním bipedálním vzorem chůze charakteristickým vzpřímenou pozicí trupu, pánve a extendovanými dolními končetinami. Horní končetiny byly tím pádem uvolněny pro jiné úkony, ale na úkor celkově horší stability těla. Ostatní primáti se na rozdíl od člověka pohybují po všech čtyřech končetinách ve vzoru kvadrupedální lokomoce. Jejich páteř představuje pouze jediné zakřivení v hrudní i bederní oblasti do kyfózy, které poskytuje více



místa pro pánevní a břišní orgány a lepší sagitální rovnováhu. Člověk se pohybuje v prostředí podléhající gravitaci a díky bipedální lokomoci existuje velmi úzký vztah mezi pánví a páteří. Vzprámený postoj ovlivnil i zakřivení jednotlivých obratlů v sagitální rovině (Le Huec et al., 2019).

### **2.5.1 Postavení pánve a dysmenorea**

Pánev tvoří po funkční stránce převodník zátěže mezi osovým orgánem a dolními končetinami, který zabezpečuje dynamickou rovnováhu a koordinovaný pohyb (Lewit, 2003). Při posuzování rovnováhy páteře v sagitální rovině má klíčovou úlohu postavení pánve. Pánev a křížová kost představují relativně nepohyblivou část osového skeletu a její polohu tak určuje orientace v oblasti LS přechodu a kyčelních kloubech (Kolář, 2012). Na pánvi byly definovány tři parametry.

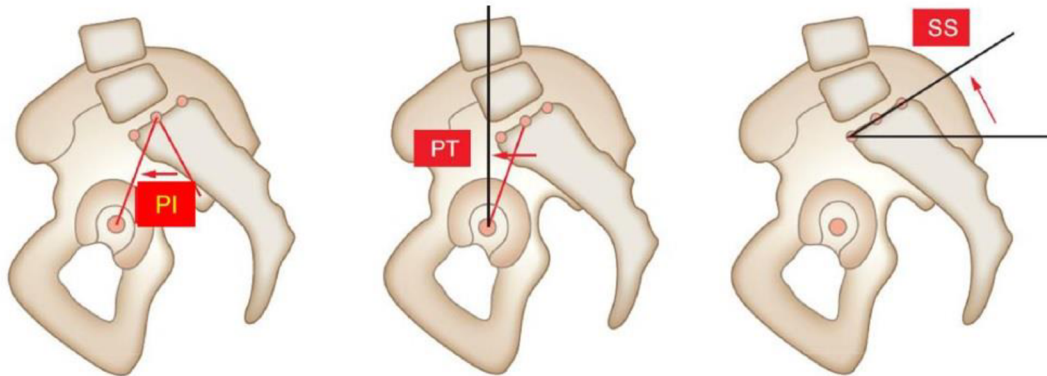
**Sklon sakra** (sacral slope – SS) je popisován jako úhel mezi kraniální lištou S1 a horizontální přímkou. Norma je uváděna jako  $41 \pm 8^\circ$ . U **sklonu pánve** (pelvic tilt – PT) se jedná o úhel přímky vedené ze středu kraniální desky S1 do středu hlavic obou femurů s vertikálou. Norma je definována jako  $12 \pm 6^\circ$  (Kolář, 2012). SS a PT jsou označovány za úhly polohové a souvisejí s orientací pánve. Úhel PT se zvětšuje během retroverze pánve, kdy pánev rotuje právě kolem os hlavic stehenních kostí (Le Huec et al., 2019).

**Pánevní incidence** (pelvic incidence - PI) je definována jako úhel mezi kolmicí ke křížové kosti v jejím středu a hlavicemi femurů a kolmicí vedenou středem sakrální lišty S1 (Obrázek 6). Tento úhel byl stanoven analýzou souboru dobrovolníků na normu v rozmezí  $53 \pm 10^\circ$ . Pokud je PI větší, pánev má větší sklon a lze předpokládat výrazně vyšší střižné síly v dolních segmentech bederní páteře. Při úhlu PI nad  $63^\circ$  hovoříme o příkrém postavení pánve způsobujícím kompenzační bederní hyperlordózu. Pokud je PI menší než  $43^\circ$ , jedná se také o nestabilní situaci, která vyvolá naopak oploštění lordózy s příslušnými negativními následky (Kolář, 2012). Jedná se o anatomický parametr, který je u každého jedince konstantní a nezávislý na prostorové orientaci pánve (Le Huec et al., 2019). Incidence pánve je spolehlivou hodnotou pro interindividuální změny sklonu křížové kosti a bederní lordotické křivky, které platí pro normální i skoliotickou část populace (Legaye et al., 1998).

Mezi těmito třemi parametry existuje vztah. Incidence pánve se rovná aritmetickému součtu hodnot sklonu pánve a sklonu sakra,  $PI = PT + SS$ . Z toho vyplývá, že pacient s velkým úhlem pánevní incidence má vysoký úhel pánevního náklonu a větší potenciál pro retroverzi pánve. Tato znalost je důležitá při analýze kompenzačních mechanismů (Diebo et al., 2015; Kolář, 2012; Legaye et al., 1998).

## Obrázek 6

*Pánevní parametry – pánevní incidence, sklon pánve a sklon sakra*



Poznámka. Definice pánevních úhlů: PI – pánevní incidence, PT – sklon pánve, SS – sklon sakra.

Převzato od Le Huec et al. (2019).

Studie od Roussouly et al. (2005) potvrzuje, že existují vzájemné vztahy mezi orientací křížové kosti, sklonem křížové kosti, incidencí pánev a charakteristikami bederní lordózy v sagitální rovině. Zakřivení v horní části bederní lordózy zůstává relativně konstantní, naopak zakřivení spodní části bederní lordózy je určeno sakrálním sklonem. Pokud je sakrální sklon menší než  $35^\circ$  spolu s nízkou incidencí pánev, dochází k zploštění bederní páteře. Naopak pokud je sakrální sklon větší než  $45^\circ$  a je zde vysoká pánevní incidence, dochází k většímu zakřivení bederní lordózy. Specifické změny sagitálního zakřivení a charakteristiky bederní lordózy jsou potenciálně zodpovědné za degenerativní změny a symptomatické bolesti zad.

Dřívější studie zkoumaly význam sagitálního postavení pánve a páteře u poruch páteře, jako je spondylolistéza (Labelle et al., 2011; Maciejczak & Jabłońska-Sudoł, 2017; Roussouly et al., 2006), adolescentní idiopatická skolióza (Abelin-Genevois et al., 2018; Hu et al., 2016; Pasha et al., 2019; Upasani et al., 2007) nebo deformity páteře dospělých (Durand et al., 2020; Shimizu et al., 2020).

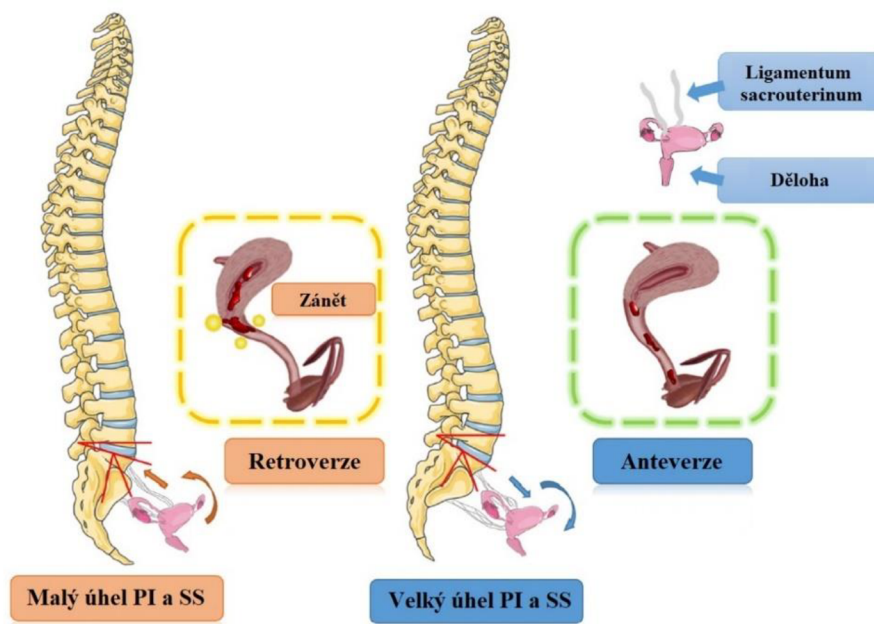
Výzkum PD se především zaměřuje na patofyziologický podklad vzniku jako je nadměrná kontrakce dělohy, vazokonstrikce (Bossmar Senior House Officer et al., 1995), zánět a uvolňování zánětlivých mediátorů (Barcikowska et al., 2020; Tang et al., 2020) více než na anatomické faktory. Wang et al. (2023) však ve své studii zkoumal vzájemný vztah mezi postavením pánve a páteře v sagitální rovině a PD. U žen s PD je PI, SS a lumbální lordóza výrazně nižší než u zdravé populace. Dále byla zjištěna negativní korelace mezi hodnocením bolesti u pacientů s PD a SS, což naznačuje, že čím nižší byl SS, tím vyšší bylo hodnocení bolesti.

Podle zjištěných výsledků vyplývá, že menší pánevní incidence a sakrální sklon mohou vést k souvisejícímu menšímu pánevnímu prostoru a retroverzi dělohy (Obrázek 7). Nadměrná retroverze dělohy by mohla vést k obstrukci odtoku menstruační krve a děložního sekretu, což by vedlo k lokální zánětlivé reakci, která by stimulovala děložní kontrakce a byla jednou z možných příčin PD. Na druhou stranu větší sklon sakra a pánevní incidence by mohly vést k tomu, že děloha bude relativně v antevertzi, což povede k plynulému odtoku menstruační krve a tím dojde ke zmírnění obtíží bolestí (Wang et al., 2023).

Dále existují významné rozdíly v torzi pánve mezi ženami trpící menstruační bolestí oproti ženám bez bolesti v rámci MC. Výsledky tím pádem naznačují, že existuje vztah mezi menstruačními bolestmi a torzí pánve (M.-J. Kim et al., 2016).

### Obrázek 7

Schématické znázornění možných patologických mechanismů postavení pánve a páteře, které ovlivňují příznaky PD



Poznámka. Upraveno dle Wang et al. (2023).

### 2.5.2 Zakřivení bederní páteře a dysmenorea

Zakřivení páteře zvyšuje nejen její pružnost, ale také její pevnost (Dylevský, 2009). Sagitální zakřivení páteře je charakterizováno jako kyfóza v oblasti Th1-Th12 a jako lordóza v oblasti L1-L5, ale tato sagitální morfologie páteře se u jednotlivých jedinců liší a je pro každého člověka specifická. Rozdíly mezi fyziologickým a patologickým zakřivením páteře jsou méně zřetelné v rovině sagitální než v rovině frontální. Bederní lordóza úzce souvisí s orientací pánve vyjádřené pomocí SS, jenž je silně ovlivněno PI. Lze pozorovat úzký vztah mezi pánevními a páteřními parametry (Legaye et al., 1998).

Bederní lordóza dle Roussouly et al. (2005) se měří pomocí inflexního bodu mezi hrudní kyfózou a bederní lordózou a horní hranou S1. Ve vztahu k sakrálnímu sklonu lze rozlišit 4 typy lordóz (Obrázek 8).

**Typ 1** má SS menší než  $35^{\circ}$ , což obvykle souvisí s nízkou incidencí pánve. Vrchol bederní lordózy se nachází ve středu obratlového těla L5. Dolní oblouk lordózy je minimální a klesá směrem k  $0^{\circ}$ , když se sakrální sklon přibližuje k horizontále. Místo přechodu hrudní kyfózy v lumbální lordózu, neboli inflexní bod, je umístěn kaudálně a dorzálně, což vytváří krátkou bederní lordózu. Horní část páteře je výrazně kyfotická v oblasti thorakolumbálního přechodu (Roussouly et al., 2005).

**Typ 2** má SS stále menší než  $35^{\circ}$  a vrchol lumbální lordózy se nachází na bazi obratlového těla L4. Dolní oblouk bederní lordózy je relativně plochý. Inflexní bod je v tomto případě více kraniálně a ventrálně, čímž se snižuje úhel sklonu lordózy, ale naopak se zvyšuje počet obratlových těl zahrnutých do lordózy. Celá páteř je oploštělá (Roussouly et al., 2005).

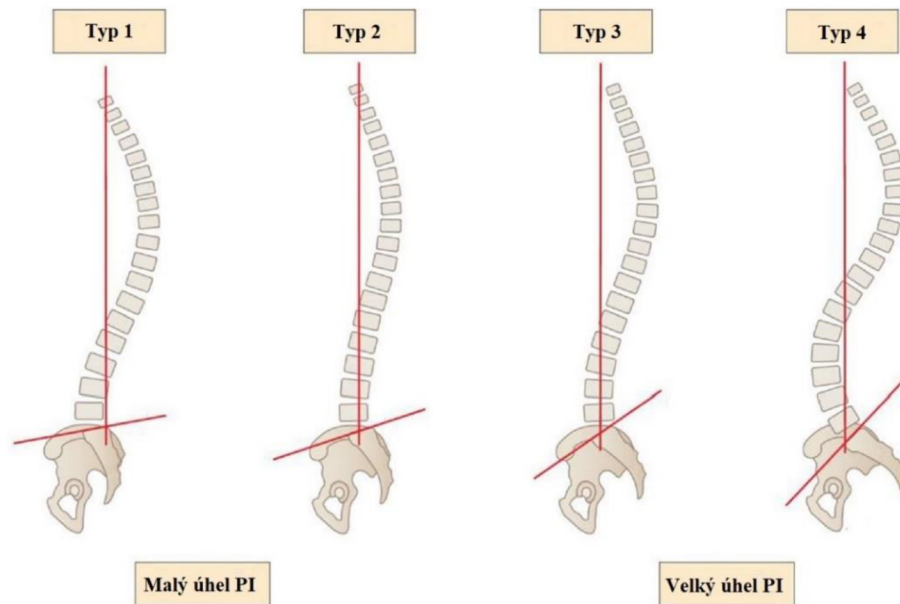
**Typ 3** má SS v rozmezí  $35-45^{\circ}$ . Vrchol lumbální lordózy je ve středu obratlového těla L4. Dolní oblouk bederní lordózy je výraznější. Inflexní bod je v oblasti thorakolumbálního přechodu a úhel sklonu lordózy je téměř nulový. Páteř je celkově vyvážená (Roussouly et al., 2005).

**Typ 4** má SS větší než  $45^{\circ}$ , což je spojeno s vysokou pánevní incidencí. Vrchol bederní lordózy se nachází na bazi obratlového těla L3 nebo výše, což ukazuje na delší křivku bederní lordózy a kratší a větší křivku hrudní kyfózy (Roussouly et al., 2005).

Ve své studii Wang et al. (2023) identifikoval rozdíly v distribuci páteře podle Roussoulyho klasifikace mezi ženami bez bolesti v rámci MC a ženami trpícími PD. Zjistil, že u žen s PD bylo více jedinců klasifikováno jako Roussoulyho typ 2, zatímco většina zdravých žen byla klasifikována jako Roussoulyho typ 3. Tyto výsledky opět naznačují, že menší úhel SS a PI může být spojen se zhoršením bolestí u pacientek s PD.

## Obrázek 8

Různé typy páteře podle Roussoulyho



Poznámka. Upraveno dle Le Huec et al. (2019).

### 2.5.3 Posturální stabilita a dysmenorea

Jen omezené množství studií zatím zkoumalo posturální stabilitu u žen trpících PD. Stallbaum et al. (2018) ve studii hodnotili ženy s PD z hlediska bolesti a posturální kontroly v průběhu dvou fází MC, konkrétně v 1. a 14. dni MC. První měření proběhlo první den cyklu, kdy byla přítomna bolestivost a druhé měření bylo 14. den cyklu stanoveno jako měření, kdy žena nepociťovala žádnou bolest. Do studie bylo celkem zařazeno 19 žen. Studie zjistila, že bolest významně ovlivňuje posturální kontrolu u žen s PD, bez ohledu na její intenzitu. Ženy trpící PD projevily vyšší citlivost na tlak během bolestivé fáze cyklu. Bolest spojená s PD také vedla ke zvýšenému vychýlení středu tlaku (centre of pressure, COP), což je působiště vektoru reakční síly podložky, ve srovnání s měřením provedeným v období bez bolesti.

Baran & Yilmaz (2024) ve své studii zkoumali posturální stabilitu žen trpících PD za použití dynamické posturografie s využitím dvou standardizovaných testů Limity stability v náklonu (Limits of Stability, LOS) a Sensorický test (Senzory Organization Test, SOT). Tyto testy hodnotily účast dílčích sensorických systémů na rovnováhu ve vzpřímeném stoji u žen s PD. Výsledky naznačují, že ženy s PD vykazovaly ve folikulární fázi horší posturální kontrolu v somatosenzorickém a vestibulárním systému ve srovnání s ovulační a luteální fází MC.

U zdravé kontrolní skupiny se projevily odlišné výsledky v somatosenzorickém systému v ovulační fázi ve srovnání s folikulární fází. U žen s PD byl somatosenzorický a vestibulární systém ve folikulární fázi MC a somatosenzorický systém v luteální fázi MC narušen oproti kontrolní zdravé skupině. Výsledky studie provedené na celkem 14 ženách s PD naznačují, že PD negativně ovlivňuje posturální kontrolu nejen ve folikulární fázi, ale také ve všech ostatních fázích MC. Skupina žen s PD zároveň dosáhla nižšího skóre v testu LOS ve folikulární fázi ve srovnání s kontrolní skupinou, která zahrnovala 15 žen. Snížená rovnováha a posturální kontrola může zvyšovat riziko zranění u těchto žen, proto by měla být zavedena preventivní opatření a zároveň doporučení pro rizikovou skupinu jako součást zdravotní prevence.

## 2.6 Variabilita chůze a dysmenorea

Chůze je základním a nezbytným pohybovým vzorem, který odráží komplexní interakci mezi neuromuskulární soustavou a biomechanickými faktory těla. Je cyklická a u zdravých jedinců se obvykle vyznačuje nízkou variabilitou (Bailey et al., 2019; Hollman et al., 2007), přestože určitá variabilita mezi jednotlivými kroky představuje zdravý stav (Hollman et al., 2016). Určitá míra variability naznačuje schopnost adaptace a flexibilitu těla reagovat na různé podněty a situace, což zahrnuje i drobné změny v prostředí během chůze. Pokud je pohyb příliš rigidní nebo má velmi nízkou variabilitu, může to signalizovat omezenou schopnost adaptace a zvýšené riziko zranění (Ducharme & van Emmerik, 2018).

Analýza chůze jako komplexního pohybu však nebyla v rámci PD a jejích změn v průběhu MC doposud zkoumána. Literatura nenabízí dostatek informací o variabilitě pohybu pánve a trupu u žen s PD, což otevírá prostor pro výzkum v této oblasti. I díky stoupající popularitě tématu ženské cykličnosti a rozvoji komplexního chápání lidského těla se jedná o téma velmi aktuální.

Určité předpoklady pro rozdílnou variabilitu provedení chůze u žen s PD lze očekávat na základě závěrů studií týkajících se chůze osob s chronickou bolestivostí dolní části zad (chronic low back pain, CLBP). Lidé trpící CLBP vykazují odlišnosti ve způsobu chůze ve srovnání se zdravými jedinci. Tyto rozdíly jsou nejvíce zřetelné v časoprostorových charakteristikách chůze, intersegmentální koordinaci a aktivaci paravertebrálních svalů (Smith et al., 2022). Mezi významné rozdíly časoprostorových charakteristik u lidí s CLBP patří snížená rychlost chůze (Demirel et al., 2020; Henchoz et al., 2015; Hicks et al., 2017; Taylor et al., 2003) a zkrácená délka kroku (Lamoth, Meijer, et al., 2006; Smith et al., 2022). Tyto charakteristiky naznačují, že jedinci s CLBP inklinují k pomalejší chůzi a kratším krokům s cílem minimalizovat síly působící na bederní

část zad, což by mohlo vést ke zmírnění pociťované bolesti (Callaghan et al., 1999; Seay et al., 2011).

Studie (Smith et al., 2022) prokázala, že u jedinců s přetrvávající CLBP dochází ke změně fázových vztahů mezi pohyby pánve a trupu během chůze. U zdravých jedinců je vzor koordinace mezi pánví a trupem v transverzální rovině závislý na rychlosti chůze a s rostoucí rychlostí se stává tento pohyb více protifázovým. Jedinci s CLBP vykazují pohyb více fázový, což znamená, že pohyb pánve a trupu je více souhlasný a tyto segmenty mají tendenci rotovat ve stejném směru. To může být způsobeno sníženou schopností oddělit pohyb mezi trupem a pánví u těchto jedinců a lze předpokládat, že pohyb bude rigidnější a méně variabilní. Snížení protifázové koordinace u jedinců s CLBP proto může pomoci vysvětlit jejich sníženou rychlost chůze a zkrácenou délku kroku.

Výsledky kinematických analýz prokázaly, že u jedinců trpících CLBP je pozorována větší rigidita a menší variabilita v transverzální rovině mezi hrudníkem a pánví a bederní částí zad a pánví ve srovnání se zdravými jedinci při chůzi (Lamoth et al., 2006), respektive mají problém přizpůsobit rotaci pánve a hrudníku rychlosti chůze, což může mít kromě větší rigidity také dopad na flexibilitu v této oblasti (Lamoth, Meijer, et al., 2002). Naopak koordinace mezi těmito segmenty ve frontální rovině je více variabilní, zejména při vyšších rychlostech chůze než komfortní rychlost (Lamoth et al., 2006).

Změny jsou patrné i v aktivaci svalů trupu u osob s CLBP. Během chůze mají lidé s CLBP zvýšenou aktivitu paravertebrálních svalů během švihové fáze GC (Arendt-Nielsen et al., 1995; Bagheri et al., 2017) a dochází k jejich dřívějšímu zapojení (Vogt et al., 2003). Tyto poznatky poukazují na použití ochranné strategie svalového systému u osob s CLBP, která má pravděpodobně za cíl minimalizovat bolestivé pohyby, aby bylo zabráněno případnému dalšímu poškození tkáně nebo provokaci bolesti (Van Dieën et al., 2003). Lidé s CLBP uplatňují ochrannou pohybovou strategii, která je pravděpodobně spojena s vyšší tuhostí trupu (van den Hoorn et al., 2012). Snížená variabilita pohybu trupu v průběhu GC u těchto osob může být právě důsledkem této zvýšené tuhosti trupu.

Předchozí poznatky mohou sloužit jako základ pro studium chůze u žen s PD. Podobně jako u lidí s CLBP, se i u těchto žen projevuje dysfunkce svalů trupu, která zahrnuje poruchu relaxace a přítomnost ochranného svalového spazmu. Analogicky lze předpokládat, že ženy s PD v menstruační fázi MC mohou vykazovat menší variabilitu pohybu pánve a trupu ve srovnání s ženami, které nepociťují v této fázi MC bolest. Tato snížená variabilita by se pravděpodobně mohla projevit zejména v transverzální rovině, jelikož u jedinců s CLBP se právě v této rovině pozoruje větší rigidita a menší variabilita pohybu pánev a trupu. Vzhledem k nedostatku studií v této oblasti se zde nabízí prostor pro nový výzkum.

Studium chůze u žen s PD by mohlo přinést důležité poznatky o pohybových vzorcích, což by mohlo přispět k lepšímu porozumění této problematice a vést k aplikaci poznatků v rámci fyzioterapie či pohybové terapie u žen s PD. Identifikace odchylek v provedení chůze a její variability by mohla umožnit lékařům a fyzioterapeutům zaměřit se na specifické aspekty chůze u této skupiny žen. Následně by bylo možné ženy iniciovat k vnímání těchto odlišností v rámci chůze během dne a nastavit jim tak adekvátní terapii s následnou autoterapií.



## **3 CÍLE**

### **3.1 Hlavní cíl**

Cílem práce je posouzení variability pohybu pánve a trupu při chůzi u žen s primární dysmenoreou (PD) v periovulační a menstruační fázi menstruačního cyklu (MC).

### **3.2 Dílčí cíle**

- 1) Zhodnotit rozdíly v absolutní variabilitě pohybu pánve při chůzi mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.
- 2) Zhodnotit rozdíly v absolutní variabilitě pohybu trupu při chůzi mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.
- 3) Zhodnotit rozdíly v relativní variabilitě pohybu pánve při chůzi mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.
- 4) Zhodnotit rozdíly v relativní variabilitě pohybu trupu při chůzi mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

### **3.3 Výzkumné hypotézy**

Na základě stanovených dílčích cílů byly vytvořeny tyto hypotézy.

H<sub>10</sub>: V absolutní variabilitě pohybu pánve neexistují významné rozdíly mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

H<sub>1</sub>: V absolutní variabilitě pohybu pánve existuje rozdíl mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

H<sub>20</sub>: V absolutní variabilitě pohybu trupu neexistují významné rozdíly mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

H<sub>2</sub>: V absolutní variabilitě pohybu trupu existuje rozdíl mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

H<sub>30</sub>: V relativní variabilitě pohybu pánve neexistují významné rozdíly mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

H<sub>3</sub>: V relativní variabilitě pohybu pánve existuje rozdíl mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

H<sub>40</sub>: V relativní variabilitě pohybu trupu neexistují významné rozdíly mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

H<sub>4</sub>: V relativní variabilitě pohybu trupu existuje rozdíl mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

Hypotézy H<sub>1</sub> až H<sub>4</sub> budou ověřeny v každé ze tří sledovaných rovin. Kritérium pro zamítnutí nulové hypotézy bude nalezení alespoň jednoho statisticky významného rozdílu v dané fázi MC pro danou rovinu pohybu mezi ženami s PD a kontrolní skupinou.

## 4 METODIKA

### 4.1 Design studie

Diplomová práce je koncipována jako observační průřezová studie zkoumající variabilitu pohybu pánve a trupu při chůzi u žen s PD v periovulační a menstruační fázi MC. Tato práce je součástí projektu „Provedení chůze u žen s primární dysmenoreou v různých fázích menstruačního cyklu“, který byl schválen Etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci dne 24. 11. 2022 pod jednacím číslem 82/2022 (Příloha 1). Projekt přímo navazuje na loňský výzkum s názvem „Provedení chůze u zdravých mladých žen v různých fázích menstruačního cyklu“, který tvoří kontrolní skupinu pro nynější výzkum. V projektu byla také hodnocena kinematická analýza chůze a EMG aktivita vybraných povrchových svalů při chůzi. Ke zpracování diplomové práce byla použita jen část naměřených dat.

Pro nábor probandů bylo využito dotazníkové šetření a ženy splňující vstupní kritéria byly pozvány na informační schůzku, na které byly seznámeny se zkoumanou problematikou, průběhem celého výzkumu, počtem a délkou jednotlivých měření, podmínkami účasti ve výzkumu včetně zpracování osobních dat. Obdržely ovulační testy potřebné ke zjištění začátku ovulace a všechny informace dostaly ještě jednou v písemné podobě.

Všechna měření byla neinvazivní a byla uskutečněna v rámci dvou měření v laboratoři chůze v prostorách Katedry přírodních věd v kinantropologii na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci s využitím 3D kinematické analýzy.

Jedno měření probíhalo v periovulační fázi MC, kde bylo ženám vysvětleno, jak pomocí ovulačních testů (SeeNow LH, Nantong Egens Biotechnology Co., Ltd.) tuto fázi zjistit. Na základě délky MC v posledních 6 měsících si každá žena pomocí kalendářní metody vypočítala očekávaný den ovulace a tím pádem i vhodný den cyklu pro začátek testování podle pokynů uvedených výrobcem. Testování je prováděno vložením proužku do nádoby s čerstvou močí, kde je detekován vzestup hladiny LH. Toto testování provádí žena 1x denně přibližně ve stejnou denní dobu, ideálně mezi 10-20 hod. Cca 2 hodiny před plánovaným měřením je vhodné omezit příjem tekutin a měření není vhodné provádět ihned ráno po probuzení, protože hladina LH v moči je tou dobou nízká. Detailní pokyny k testování obdržely probandky v příbalovém letáku s ovulačními testy a zároveň byly poučeny i ústní formou s možností zeptat se na případné nejasnosti. V případě, že se v průběhu prvního sledovaného cyklu účastnicím nepodařilo správně detekovat ovulaci, obdržely novou sadu testovacích proužků pro následující cyklus. Po detekci pozitivního testu žena kontaktovala koordinátora studie a bylo provedeno měření v periovulační fázi MC. Toto měření bylo provedeno do 72 hodin od potvrzené ovulace.

Druhé měření probíhalo v menstruační fázi MC, nejpozději 72 hodin od začátku krvácení. V ideálním případě by bylo vhodné, aby první měření probíhalo v ovulační fázi a druhé měření ve fázi menstruační. S ohledem na různé faktory (falešně či fakticky anovulační cykly, časové možnosti) nebylo možné tuto podmínku splnit. Testování v obou fázích MC bylo naprosto shodné.

## 4.2 Výzkumný soubor

Tabulka 1 poskytuje informace o populačních charakteristikách výzkumného souboru žen s PD a kontrolní skupiny zdravých žen. Skupina žen s primární dysmenoreou ( $n = 18$ ), která byla v rámci této diplomové práce měřena, byla porovnána s kontrolní skupinou zdravých žen ( $n = 18$ ), jejichž naměřená data byla využita z předešlého výzkumu. Průměrný věk žen v PD skupině byl  $22,6 \pm 2$  let, věkové rozmezí bylo 20-26 let. Průměrná tělesná hmotnost v této skupině činila  $59,2 \pm 5,6$  kg. Průměrná tělesná výška byla  $165,6 \pm 6,2$  cm. Průměrné BMI bylo  $21,59 \pm 1,9$  kg·m<sup>-2</sup>.

Předpokládaný minimální rozsah souboru byl vypočítán za pomoci software G\*Power (verze 3.1.9.2.). Výpočet byl proveden pro test analýza rozptylu pro opakovaná měření (různé fáze MC) s dvěma skupinami (within-between interaction). Parametry byla nastaveny takto: hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ , síla testu  $1-\beta = 0,8$  a velikosti účinku  $f = 0,25$ . Vypočtená celková velikost soubor byla 17 žen. V rámci předpokladu, že 15 % žen nedokončí měření, jsme velikost souboru stanovili na 20 účastnic, výzkum nakonec dokončilo 18 žen, takže podmínka minimální velikosti souboru byla splněna.

Díky dotazníkovému šetření byly zjištěny anamnestické údaje, díky kterým bylo možné jednotlivé probandky na základě inkluzivních a exkluzivních kritérií zařadit nebo vyloučit z výzkumné skupiny.

Vstupním kritériem bylo věkové rozmezí 18-26 let a pravidelný MC v délce  $28 \pm 5$  dní v průběhu posledních 6 měsíců. Mezi další inkluzivní kritéria se řadila předmenstruační či menstruační bolestivost  $VAS > 3$  (desetibodová škála bolesti Visual Analogue Scale, hodnoceno při nejintenzivnější bolestivosti). Mezi exkluzivní kritéria se řadil nepravidelný MC, krvácení mimo dny menstruace, užívání hormonální antikoncepce či jiných systémových hormonálních preparátů v posledních 6 měsících; dále známé gynekologické onemocnění, současná a/nebo předchozí gravidita a porody, přítomnost jiných systémových onemocnění vyžadujících léčbu, onemocnění nebo úrazy pohybového aparátu interferující s charakterem výzkumu (akutní úraz,

vrozené deformity dolních končetin apod.), kouření, abúzus, obezita (BMI >30 kg/m<sup>2</sup>), profesionální sportovní činnost.

Probandky ve výzkumu byly studentky Univerzity Palackého v Olomouci. Se všemi účastnicemi byl před provedením jakéhokoliv výzkumného úkonu podepsán informovaný souhlas (Příloha 2).

### Tabulka 1

#### *Populační charakteristika žen s PD a kontrolní skupiny*

	Ženy s primární dysmenoreou (n = 18)	Kontrolní skupina (n = 18)
Věk (roky)		
Průměr	22,6 ± 2	23,3 ± 1,7
Min. hodnota	20	20
Max. hodnota	26	27
Tělesná hmotnost (kg)		
Průměr	59,2 ± 5,6	63,4 ± 6,8
Tělesná výška (cm)		
Průměr	165,6 ± 6,2	169,0 ± 5,3
BMI		
Průměr	21,59 ± 1,9	22,25 ± 2,5

Poznámka. n = počet probandů, SD – směrodatná odchylka, min. – minimum, max. – maximum

### 4.3 Metody sběru dat

Výzkumné měření probíhalo s využitím kinematického systému Vicon Vantage V5 (Oxford Metrics, Oxford, UK). Chůze byla měřená na uměle vytvořeném úseku dlouhém 10 metrů. Pohyb byl snímán optickou metodou s frekvencí 200 Hz za použití celkem 8 optoelektrických kamer s rozlišením 5 megapixelů. K měření svalové aktivity byl využit systém Trigno Wireless Systém, Delsys Inc (Natick, MA, USA). Měření se většinou účastnili dva členové výzkumného týmu. Jeden člen měl na starost ovládání systému Vicon a druhý instruoval probandku a měl za úkol lepení reflexních značek.

Na začátku každého měření bylo potřebné přístroj nakalibrovat pomocí kalibrační tyče a následně určit osy x, y, z v prostoru pomocí 3 markerů umístěných v jednotlivých rozích silové plošiny, která se nacházela zhruba v polovině snímaného chodníku. K systému byly také

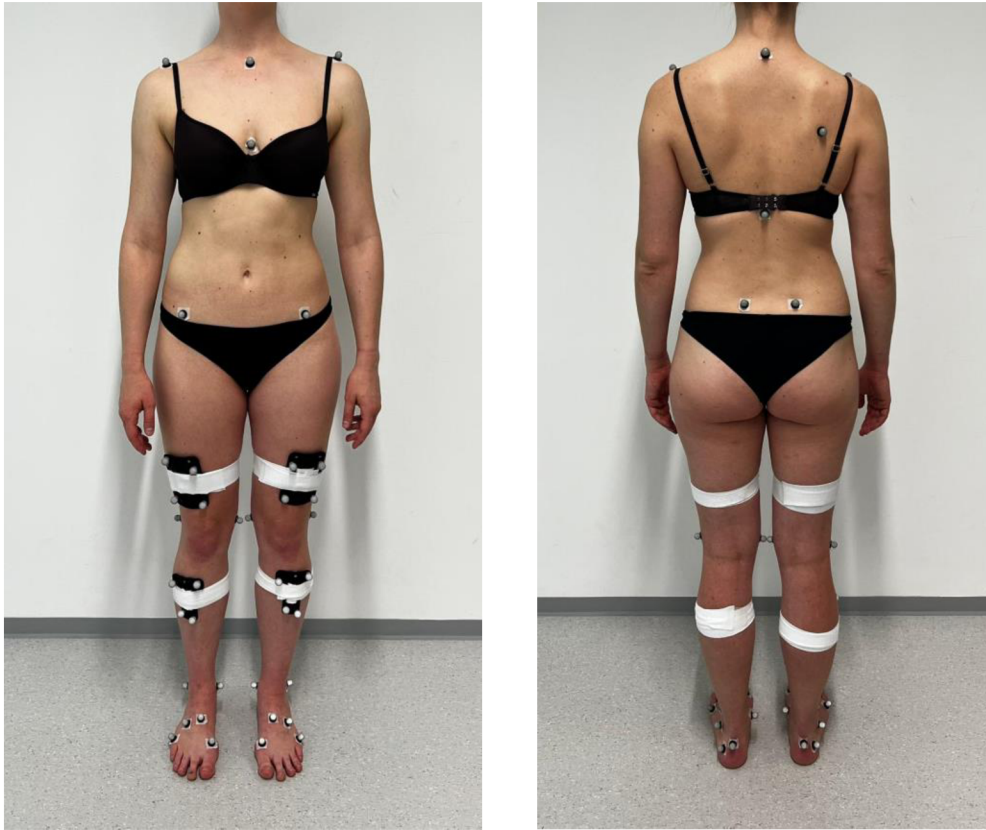
zapojeny EMG senzory. Ke každé probandce byla v počítači vytvořena složka s iniciály jména a příjmení a fází MC, která byla měřena. Probandce byl vysvětlen průběh vlastního měření a měly možnost si vyzkoušet několik cvičných pokusů chůze, aby byla chůze co nejvíce přirozená. Chůze probíhala naboso ve spodním prádle. V případě rozpuštěných vlasů byly probandky instruovány k vyčesání vlasů, aby byla dobře vidět oblast krku. V případě výrazných náušnic a řetízků byly probandky požádány o jejich sundání, aby nedošlo k záměně markerů v systému. Následovalo nalepení reflexních značek na oblast trupu, pánve a dolních končetin a připevnění clusterů na oblast dolních končetin (Obrázek 9). Reflexní značky byly umístěny na oblast trupu v následující lokalizaci, a to na pravém a levém akromioklavikulární skloubení, incisura jugularis, proc. xiphoides, proc. spinosus C7, proc. spinosus Th12 a oblast pravé lopatky. Na pánvi se jednalo o umístění markerů na spina iliaca anterior superior (SIAS) a spina iliaca posterior superior (SIPS). Na oblast dolních končetin byly umístěny clustery na oblast stehna a bérce. Dále byly reflexní značky umístěny na mediální a laterální epinkondyl femuru (anatomické značky), vnitřní a zevní kotník (anatomické značky), mediální a laterální stranu paty, marker byl také umístěn v nejvyšším místě v pokračování II. a IV. metatarzu, poslední dva markery byly umístěny na hlavičce I. a V. metatarzu (anatomické značky). Po nalepení jednotlivých markerů pomocí oboustranné lepící pásky přímo na kůži nebo pomocí elastické pásky na oblast stehna a bérce byl snímán klidový stoj pro statickou kalibraci subjektu. Následně byly v softwarovém prostředí přiřazeny jednotlivým markerům názvy, resp. místa jejich umístění na těle. Software poté dokončil statickou kalibraci modelu. Pokud se následně subjekt s připevněnými markery objevil ve zkalibrovaném prostoru snímaném kamerami, tak pohyb těchto bodů bylo možné sledovat v reálném čase v měřícím softwaru (Obrázek 10).

Po statické kalibraci modelu byly anatomické reflexní značky sundány a na probandku byly umístěny EMG senzory pomocí oboustranné lepící pásky. EMG senzory byly přilepeny na povrchové svaly v oblasti trupu na m. rectus abdominis, m. obliquus externus abdominis, dále na m. erector spinae a mm. multifidi. Aplikace jednotlivých značek a senzorů byla nebolestivá a neinvazivní. Po umístění všech značek měla probandka opět možnost zkoušky chůze po testovacím chodníku i s umístěnými reflexními značkami a EMG elektrodami.

Po zapnutí systému, kalibraci dat, umístění reflexních markerů a instuktáží probandky proběhlo samotné měření chůze. Celkem bylo nasnímáno 10 pokusů chůze přirozenou rychlostí. Po testování chůze byly probandkám odstraněny všechny reflexní markery a EGM senzory a byly požádány o vyplnění subjektivního hodnocení aktuálního nastavení, chůze a stoje na jedné dolní končetině (Příloha 3). V systému Vicon byly zkontrolovány všechny provedené pokusy a data byla zálohována.

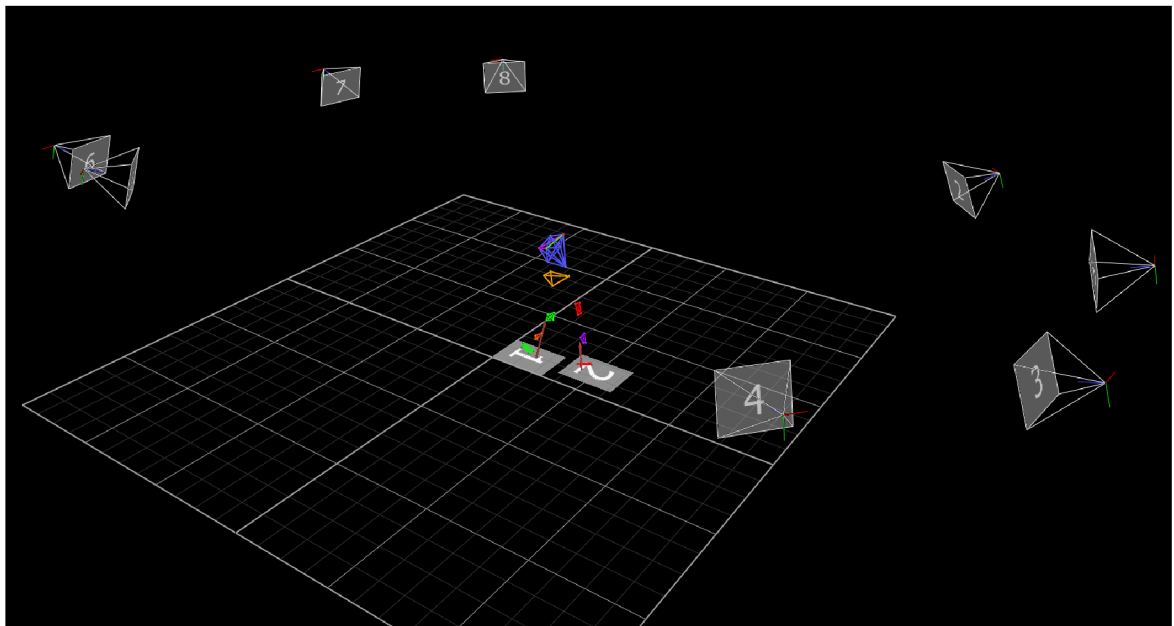
**Obrázek 9**

*Ilustrační umístění reflexních značek a clusterů*



**Obrázek 10**

*Systémové rozhraní programu Vicon Nexus*



## 4.4 Analýza dat

### 4.4.1 Zpracování dat

Data z kinematické analýzy byla nejprve zpracována v programu Vicon Nexus 2.11 (Oxford Metrics Group, Londýn, UK). Pomocí statického kalibračního snímku byl vytvořen 3D model, který sloužil k identifikaci jednotlivých segmentů těla v průběhu dynamické úlohy. Ze všech pokusů bylo vybráno šest platných, přičemž byly vždy z celého záznamu použity dva chůzové cykly. Po provedení automatických procesů v rámci softwarové úpravy byly vybrané záznamy manuálně zkontrolovány, zejména iniciální kontakt chodidla při každém kroku a kvalita záznamu, tedy přítomnost tzv. gapů. V případě potřeby byla provedena příslušná korekce. Poté byla tato data zpracována v programu Visual3D, kde byla dále upravena, filtrována a převedena do pracovní grafické podoby, porovnávající pohyby jednotlivých segmentů v sagitální, frontální a transversální rovině v menstruační a ovulační fázi MC u každé probandky. Nakonec byl proveden export dat do programu Microsoft Excel pro další zpracování v rámci celého souboru.

### 4.4.2 Statistické zpracování dat

Výsledky byly statisticky zpracovány v programu Statistica (verze 13, Palo Alto, CA, USA). Normalita rozložení dat byla ověřována pomocí testu Kolmogorov-Smirnov. Některé z parametrů neměly normální rozložení dat, a tedy byly použity neparametrické testy. Pro porovnání skupin byl použit Mann Whitney U test. Hladina statistické významnosti byla stanovena  $p = 0,05$ . Věcná významnost byla posouzena pomocí koeficientu  $r = Z/\sqrt{N}$ , kde  $Z$  je skóre testu a  $N$  počet vzorků. Interpretace koeficientu  $r$  byla následující:  $0,1 \leq r < 0,3$  malý efekt,  $0,3 \leq r < 0,5$  střední efekt;  $r > 0,5$  velký efekt (v tabulkách v kapitole výsledky je použito uvedené barevné značení). V tabulkách se statistická i věcná významnosti týká rozdílů mezi skupinami (efektu skupiny).



## 5 VÝSLEDKY

V následující části diplomové práce jsou prezentovány výsledky studie hodnotící variabilitu pohybu pánve a trupu při chůzi u žen s PD v periovulační a menstruační fázi MC. Naměřená data jsou porovnávána s kontrolní skupinou zdravých žen, která byla měřena v předchozí části výzkumu.

V tabulkách jsou prezentovány výsledky porovnání variability pohybu pánve mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen. Data jsou rozdělena podle fází MC a analyzována v sagitální, frontální a transverzální rovině. V tabulce jsou uvedeny hodnoty mediánu, dolního a horního kvartilu, jejich statistická významnost dle Mann Whitney U testu a věcná významnost.

### 5.1 Výsledky k hypotéze H1

**H1<sub>0</sub>:** V absolutní variabilitě pohybu pánve neexistují významné rozdíly mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

**H1:** V absolutní variabilitě pohybu pánve existuje rozdíl mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

V tabulce 2 jsou prezentovány výsledky porovnání absolutní variability pohybu pánve mezi ženami s PD a kontrolní skupinou. U žen s PD byl ve srovnání s kontrolní skupinou sledován malý věcně významný rozdíl ve frontální rovině během menstruace. Stejně tak tomu bylo ve fázi ovulace v rovině sagitální a transverzální. Žádný z těchto rozdílů však nebyl statisticky významný. Na základě výsledků lze zamítnout hypotézu H1.

**Tabulka 2**

*Hodnoty absolutní variability rozsahu pohybu pánve u měřených žen*

Fáze	Rovina	Dysmenorea			Kontrolní skupina			Rozdíl	
		Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	p	r
Menstruace	sagitální	0,57	0,49	0,68	0,50	0,40	0,87	0,913	0,018
	frontální	0,60	0,55	0,85	0,81	0,55	1,16	0,111	0,266
	transverzální	1,49	1,19	1,92	1,54	1,15	2,25	0,696	0,066
Ovulace	sagitální	0,56	0,40	0,85	0,66	0,62	0,90	0,104	0,272
	frontální	0,80	0,66	1,01	0,80	0,70	1,02	0,584	0,092
	transverzální	1,56	1,19	1,86	1,79	1,27	2,05	0,424	0,134

Poznámka. p – hladina statistické významnosti, r – věcná významnost

## 5.2 Výsledky k hypotéze H2

**H2<sub>0</sub>:** V absolutní variabilitě pohybu trupu neexistují významné rozdíly mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

**H2:** V absolutní variabilitě pohybu trupu existuje rozdíl mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

V tabulce 3 jsou prezentovány výsledky porovnání absolutní variability pohybu trupu mezi ženami s PD a kontrolní skupinou. Při ovulaci byl sledován statisticky významný ( $p = 0,034$ ) rozdíl v Mann Whitney U testu i věcně významný rozdíl ( $r = 0,351$ ; střední efekt) ve frontální rovině. Na základě stanovených kritérií lze tedy zamítnout nulovou hypotézu a výsledky podporují tvrzení, že existují významné rozdíly mezi těmito skupinami žen. V ostatních rovinách nebyly sledovány odlišnosti nad hladinou statistické významnosti.

**Tabulka 3**

*Hodnoty absolutní variability rozsahu pohybu trupu u měřených žen*

Fáze	Rovina	Dysmenorea			Kontrolní skupina			Rozdíl	
		Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	p	r
Menstruace	sagitální	0,72	0,61	0,85	0,70	0,60	0,93	0,988	0,003
	frontální	0,60	0,47	0,77	0,71	0,50	0,81	0,650	0,076
	transverzální	1,25	0,95	1,46	1,20	1,01	1,50	0,767	0,050
Ovulace	sagitální	0,72	0,61	0,86	0,62	0,53	1,02	0,888	0,024
	frontální	0,46	0,31	0,60	0,61	0,47	0,90	0,034	0,351
	transverzální	1,25	0,85	1,60	1,19	0,96	1,55	0,743	0,055

Poznámka. p – hladina statistické významnosti, r – věcná významnost

### 5.3 Výsledky k hypotéze H3

**H3<sub>0</sub>:** V relativní variabilitě pohybu pánve neexistují významné rozdíly mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

**H3:** V relativní variabilitě pohybu pánve existuje rozdíl mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

V tabulce 4 jsou prezentovány výsledky porovnání relativní variability pohybu pánve mezi ženami s PD a kontrolní skupinou. V žádné rovině ani fázi nebyly sledovány statisticky významné rozdíly, nicméně při menstruaci nabyly odlišnosti ve frontální ( $r = 0,182$ ; malý efekt) a transversální ( $r = 0,171$ ; malý efekt) rovině věcné významnosti. Data tedy neodpovídají předpokladům hypotézy H3.

**Tabulka 4**

*Hodnoty relativní variability rozsahu pohybu pánve u měřených žen*

Fáze	Rovina	Dysmenorea			Kontrolní skupina			Rozdíl	
		Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	p	r
Menstruace	sagitální	19,9	16,6	24,8	18,0	13,6	26,3	0,628	0,082
	frontální	6,5	5,0	8,9	7,2	6,1	10,9	0,279	0,182
	transverzální	10,9	8,2	13,3	12,2	9,6	17,4	0,308	0,171
Ovulace	sagitální	22,5	19,5	24,6	20,4	17,2	26,2	0,606	0,087
	frontální	7,3	5,6	9,6	7,5	6,1	9,1	0,650	0,076
	transverzální	11,5	8,6	15,5	11,7	8,3	13,5	0,938	0,013

Poznámka. p – hladina statistické významnosti, r – věcná významnost

## 5.4 Výsledky k hypotéze H4

**H4<sub>0</sub>:** V relativní variabilitě pohybu trupu neexistují významné rozdíly mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

**H4:** V relativní variabilitě pohybu trupu existuje rozdíl mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen v periovulační a menstruační fázi MC.

V tabulce 5 jsou prezentovány výsledky porovnání relativní variability pohybu trupu mezi ženami s PD a kontrolní skupinou. V žádné rovině ani fázi nebyly sledovány statisticky významné rozdíly. Při ovulaci nabyly odlišnosti ve frontální ( $r = 0,134$ ; malý efekt) rovině věcné významnosti. Data tedy vyvracejí hypotézu H4.

**Tabulka 5**

*Hodnoty relativní variability rozsahu pohybu trupu u měřených žen*

Fáze	Rovina	Dysmenorea			Kontrolní skupina			Rozdíl	
		Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	Medián	Dolní kvartil	Horní kvartil	p	r
Menstruace	sagitální	20,2	16,4	23,7	20,3	16,7	26,1	0,606	0,087
	frontální	21,9	16,6	28,8	22,6	16,7	31,3	0,743	0,055
	transverzální	17,6	12,7	24,1	16,6	13,5	24,8	0,913	0,018
Ovulace	sagitální	18,5	16,6	21,2	18,9	15,6	30,6	0,743	0,055
	frontální	17,3	13,7	22,2	18,8	15,1	25,7	0,424	0,134
	transverzální	17,2	13,2	21,3	15,3	12,7	24,5	0,988	0,003

Poznámka. p – hladina statistické významnosti, r – věcná významnost

## 6 DISKUSE

Tato diplomová práce je nejspíše první, která přináší nové poznatky o variabilitě pohybu pánve a trupu u žen s PD v periovulační a menstruační fázi MC. Práce ukázala, že existuje významný rozdíl v absolutní variabilitě pohybu trupu mezi ženami s PD v periovulační fázi MC a kontrolní skupinou zdravých žen. Dále se mezi skupinami ukázaly statisticky nevýznamné tendence k rozdílu v absolutní variabilitě pohybu pánve v menstruační fázi v rovině frontální a také v periovulační fázi v sagitální a transverzální rovině. V relativní variabilitě pohybu trupu v ovulační fázi v rovině frontální byl sledován obdobný trend jako u absolutní variability pohybu trupu, ale pod hladinou signifikance. Dále relativní variabilita pohybu pánve v menstruační fázi v rovině frontální a transverzální inklinovala k rozdílu, ale žádný z těchto trendů nebyl statisticky významný.

V posledních letech roste zájem vědců o tematiku týkající se MC u žen (Carmichael et al., 2021; Raj et al., 2023; Schmalenberger et al., 2021; Schoep et al., 2019; Taim et al., 2023). Tento trend odráží snahu lépe porozumět fyziologickým změnám, kterými ženy procházejí v průběhu MC, a jak tyto změny mohou ovlivnit zdraví, chování, sportovní výkon, kvalitu života, sebevědomí či postoj k samotné menstruaci u žen. PD je nejčastější gynekologické onemocnění u dospívajících a dospělých žen (Devi et al., 2024). Celosvětově postihuje 70–90 % ženské populace po celém světě (Barbosa-Silva et al., 2024), což značí vysokou prevalenci a důležitost tématu.

MC má vliv na kardiovaskulární (Schmalenberger et al., 2019), respirační (Dogru et al., 2021), metabolický i neuromuskulární systém (Hackney, 2023). Změna hladiny hormonů během MC ovlivňují kromě fyziologických funkcí ženského těla také změny v emočním, kognitivním nebo behaviorálním chování (Schmalenberger et al., 2021). PD pak má vliv na různé aspekty života žen, především má negativní dopad na kvalitu života (Itani et al., 2022), fyzickou aktivitu (McNulty et al., 2020), absenci ve škole, práci (Armour et al., 2019) a psychické zdraví žen (Bajalan et al., 2019).

Studium chůze u žen s PD nabízí příležitost porozumět systémovým změnám v komplexním pohybu, kterým je chůze. Chůze může být ovlivněna jak hormonálními změnami spojenými s MC, tak bolestí a nepohodlím spojeným s PD. Nicméně vliv PD na chůzi však v odborné literatuře není dostatečně popsán a dosavadní studie neposkytují dostatek informací o změnách, které probíhají v průběhu GC v oblasti pánve a trupu u žen trpících bolestí v době menstruace.

Na základě výsledků studií o chůzi u jedinců s CLBP, u kterých je přítomna bolest a ochranný pohybový stereotyp podobně jako u žen s PD, lze předpokládat určité trendy

či paralely i u žen s PD. Dosavadní poznatky uvádí, že změny v koordinaci trupu a pánve u lidí s CLBP se v důsledku patologie vyskytují ve všech třech rovinách pohybu (Van Emmerik et al., 2005). Velká část studií, které se zabývaly vlivem CLBP týkající se koordinace pánve a trupu při chůzi, se zaměřila na pohyb v transverzální a frontální rovině (Lamoth, Daffertshofer, et al., 2006; Lamoth, Meijer, et al., 2006; van den Hoorn et al., 2012), rovině sagitální nebyla věnována větší pozornost.

Právě studium variability pohybu pánve a trupu u žen s PD nabízí pohled reakce těla na změny, bolest a nepohodlí spojené s MC. Změny v pohybových vzorcích a variabilitě mohou poskytnout cenné informace o kompenzačních strategiích, které ženy s PD používají ke zmírnění bolesti při tak běžné aktivitě, jako je chůze. Tato zjištění by mohla poskytnout pohled na komplexní interakci mezi bolestí, hormonálními změnami a pohybovým chováním, což podporuje holistický pohled na PD a může vést k lepšímu porozumění této problematice. Lze konstatovat, že studium variability pohybu pánve a trupu u žen s PD není pouze akademicky zajímavé, ale mohlo by mít také praktické využití v léčbě a prevenci tohoto gynekologického onemocnění.

Praktická část diplomové práce hodnotila variabilitu pohybu pánve a trupu u žen s PD. Znalosti o variabilitě pánve a trupu u lidí s CLBP poskytovaly určitý vzorec, menší variabilitu pohybu a větší rigiditu, který byl předpokládán, že se bude opakovat i u žen s PD. Byl identifikován statisticky i věcně významný rozdíl ve frontální rovině pohybu trupu během ovulace, což naznačuje menší variabilitu trupu u žen s PD v ovulační fázi MC ve srovnání s kontrolní skupinou.

U žen s PD byla očekávána menší variabilita a větší rigidita v transverzální rovině mezi pánví a trupem, což bylo založené na analogii výzkumu provedeném u osob s CLBP (Lamoth, Meijer, et al., 2006). U žen s PD byl však statisticky významný rozdíl prokázán pouze v rovině frontální. Studie provedená Seay et al. (2011) poukazuje, že i přes absenci statisticky významných rozdílů byly pozorovány výrazné změny v pohybu pánve a trupu ve frontální rovině mezi skupinami s CLBP a zdravými jedinci. Tato zjištění mohou souviset s tím, že větší část GC u lidí s CLBP byla v in-phase fázi ve frontální rovině, bez ohledu na rychlost chůze, takže pánev i trup se pohybovaly ve stejném směru. U lidí s CLBP se nejméně snížil pohyb trupu, což funkčně podporuje větší fázový pohyb, který u těchto osob při chůzi byl. Změna koordinace pánve a trupu ve frontální rovině ze studie od Seay et al. (2011) naznačuje, že koordinační změny se kromě dříve uváděných rozdílů v transverzální rovině (Ebrahimi et al., 2017) vyskytují i ve frontální rovině. Lze předpokládat, že tyto strategie ke stabilizaci pánve a trupu mají za cíl minimalizovat pohyb pánve vůči trupu, který by dále zatěžoval měkké tkáně a svaly kolem bederní páteře a způsoboval další bolestivost.

Signifikantní změny jsme očekávali především v menstruační fázi MC, avšak tento předpoklad nebyl v žádné z hypotéz potvrzen. Tento závěr byl založen na tom, že ženy s PD pociťují bolest stejně jako lidé s CLBP a dochází u nich k ochrannému svalovému spazmu (Lamoth, Meijer, et al., 2006). U jedinců s CLBP je během chůze prokázána zvýšená aktivita paravertebrálních svalů (Bagheri et al., 2017) a také dochází k jejich dřívějšímu zapojení (Vogt et al., 2003). V rámci předchozího výzkumu týkajícího se chůze u zdravých žen v různých fázích MC byly zjištěny statisticky významné rozdíly v aktivaci m. erector spinae při chůzi u zdravých žen v průběhu MC na pravé straně, v případě levostranného m. erector spinae nebyl zjištěn žádný statisticky významný rozdíl. Z výsledných hodnot průměrné velikosti svalové aktivace se ukázalo, že větší aktivita m. erector spinae je v menstruační fázi, nezávisle na lateralitě (Wojnarová, 2023), což naznačuje změny aktivity paravertebrálních svalů u zdravých žen v průběhu celého MC. U žen s PD jsme předpokládali, že aktivita jejich paravertebrálních svalů bude také zvýšená, s ohledem k bolestivosti zejména v menstruační fázi MC. Novodobé studie však prokázaly, že vliv PD není omezen pouze na období menstruace, ale ovlivňuje celkové nastavení a naladění žen během všech fází MC, což podporuje studie od Baran & Yilmaz (2024), která uvádí, že PD negativně ovlivňuje posturální kontrolu nejen v menstruační fázi, ale také ve všech ostatních fázích MC. Studie Oladosu et al. (2019) popisuje sníženou parasympatickou aktivitu pozorovanou u žen s dysmenoreou, která se vztahuje i na luteální fázi. Na základě zjištěných poznatků lze konstatovat, že PD ovlivňuje ženy v rámci celého MC, nejedná se pouze o fázi menstruace. V návaznosti na změny svalového napětí a snížené parasympatické aktivity v průběhu celého cyklu u žen s PD by mohlo být vhodné v rámci terapeutické intervence vést ženy k využívání propriocepce a relaxačních technik.

Ve variabilitě pohybu trupu nebyly pozorovány žádné další rozdíly v ostatních rovinách pohybu mezi skupinami žen s PD a zdravými ženami. Stejně tak tomu bylo i v rámci variability pohybu pánve, kde se neprokázaly žádné statisticky významné rozdíly.

Variabilita pohybu představuje složitý a multifaktoriální jev, který zahrnuje mnoho proměnných a faktorů. Studium variability vyžaduje komplexní přístup a sofistikované metody analýzy (Saito et al., 2021). Variabilitu lze měřit pomocí lineárních nebo nelineárních statistických nástrojů. Lineární statistické nástroje odrážejí množství variability a kvantifikují velikost variability pohybu. Nelineární statistické nástroje zohledňují další informace týkající se časově závislých struktur systému obsažených v sekvenci pohybu (Harbourne & Stergiou, 2009). V rámci diplomové práce byly použity pouze základní charakteristiky lineární, kdy se jednalo pouze o jednoduché zpracování výsledných dat. Diplomová práce spadá pod projekt s názvem „Provedení chůze u žen s PD v různých fázích MC“, ve kterém budou data podléhat dalšímu zpracování.

Hlavní předností této práce je, že poskytuje nové a cenné poznatky o variabilitě pohybu pánve a trupu u žen s PD. Je ovšem zapotřebí vzít v úvahu limity práce, které mohou ovlivnit její výsledky a jejich interpretaci. Nízký počet probandů je jedním z hlavních limitů, který může snížit statistickou sílu výzkumu. Další limitací je prostředí laboratoře chůze, která neodráží podmínky běžné chůze venku. Toto omezení je důležité vzít v úvahu zejména při interpretaci výsledků a jejich aplikaci na reálné situace. Dalším faktorem je detekce fází MC a časové okno mezi touto detekcí a provedeným měřením, jelikož v průběhu času dochází k fluktuaci hladiny hormonů. Studie se také zaměřila pouze na dvě fáze MC, což může omezit komplexnost analýzy. V rámci praktického provedení výzkumu nebyla zkoumána folikulární a luteální fáze, jejichž znalost by poskytla hlubší a komplexnější pohled do problematiky. Umístění reflexních značek na těla probandek a pohyb měkkých tkání během provedení chůze mohou rovněž ovlivnit validitu výsledků. Tento aspekt byl minimalizován díky tomu, že reflexní značky byly aplikovány stejným členem výzkumného týmu po celou dobu studie.

Závěrem lze konstatovat, že výsledky diplomové práce podporují existenci rozdílů v absolutní variabilitě pohybu trupu mezi ženami s PD a kontrolní skupinou zdravých žen. Tato rozdílná variabilita pohybu se však překvapivě projevila v ovulační fázi MC. Navíc narozdíl od pacientů s CLBP se projevila ve frontální, nikoli v transverzální rovině.

Navzdory všem limitacím práce přispívá k lepšímu porozumění vztahu mezi PD a variabilitou pohybu pánve a trupu a poskytuje základ pro další výzkum v této oblasti. Další výzkum by se mohl zaměřit na podrobnější identifikaci těchto specifických pohybových vzorů.



## 7 ZÁVĚRY

Cílem předkládané diplomové práce bylo zhodnotit variabilitu pohybu pánve a trupu při chůzi u žen s primární dysmenoreou v periovulační a menstruační fázi menstruačního cyklu v porovnání s kontrolní skupinou zdravých žen. Byla hodnocena absolutní variabilita pohybu pánve a trupu pomocí směrodatné odchylky a relativní variabilita pohybu pánve a trupu pomocí variačního koeficientu.

Na základě výsledků této práce lze vyvodit následující závěry:

1. Absolutní variabilita pohybu trupu ve frontální rovině se liší mezi ženami s primární dysmenoreou a zdravými ženami v periovulační fázi menstruačního cyklu.
2. Absolutní variabilita pohybu trupu v sagitální a transverzální rovině se neliší mezi ženami s primární dysmenoreou a zdravými ženami v periovulační fázi menstruačního cyklu.
3. Relativní variabilita pohybu trupu se neliší mezi ženami s primární dysmenoreou a zdravými ženami v periovulační a menstruační fázi menstruačního cyklu.
4. Absolutní a relativní variabilita pohybu pánve se neliší mezi ženami s primární dysmenoreou a zdravými ženami v periovulační a menstruační fázi menstruačního cyklu.

## 8 SOUHRN

Diplomová práce hodnotila variabilitu pohybu pánve a trupu při chůzi u žen s primární dysmenoreou v průběhu menstruačního cyklu, konkrétně v periovulační a menstruační fázi menstruačního cyklu.

Teoretická část poskytuje základní poznatky o mechanismu chůze, je zde podrobně popsán samotný chůzový cyklus a objasněna kinematika pánve a trupu při chůzi. Práce dále vysvětluje variabilitu lidského pohybu. Pozornost je věnována historickému vývoji konceptů variability pohybu, jsou zde představeny rozdíly v koordinační a koncové variabilitě pohybu a uvedeny vybrané postupy k hodnocení variability chůze, které následně byly využity v praktické části k výpočtu variability pohybu pánve a trupu. Dalším tématem diplomové práce je menstruační cyklus, vliv menstruačního cyklu na ženské tělo a poruchy menstruačního cyklu, konkrétně dysmenorea, která je v této práci dávána do souvislosti chůze a variability pohybu. Práce také obsahuje možné interakce postavení pánve, zakřivení bederní páteře nebo posturální stabilitu s primární dysmenoreou. Závěrečná kapitola shrnuje poznatky o variabilitě chůze a primární dysmenoree.

Praktická část obsahuje design studie, přípravu na samotné měření a popis výzkumného souboru. Studie se zúčastnilo 18 žen ve věku od 20 do 26 let s diagnózou primární dysmenorey. Výzkum byl proveden v laboratorním prostředí FTK UP pro 3D kinematickou analýzu chůze. Měření bylo provedeno v periovulační a menstruační fázi cyklu. Probandky absolvovaly celkem 10 pokusů na uměle vytvořeném chodníku a byly snímány pomocí kamerového systému Vicon. Z naměřených dat byla vypočítána směrodatná odchylka a variační koeficient pro vyjádření absolutní a relativní variability pohybu pánve a trupu. Naměřené výsledky byly porovnávány s daty naměřenými v rámci předešlého výzkumu u zdravé populace žen.

Na základě výsledků práce byl prokázán signifikantní rozdíl v absolutní variabilitě pohybu pánve při chůzi mezi ženami s primární dysmenoreou a zdravými ženami v ovulační fázi menstruačního cyklu. Statistická významnost se projevila ve frontální rovině. Ve variabilitě pohybu trupu ani pánve nebyly pozorovány žádné další statisticky významné rozdíly.

Výsledky této diplomové práce podporují tvrzení, že primární dysmenorea není problémem pouze menstruační fáze, ale celého menstruačního cyklu. V rámci terapeutické intervence se pak jeví jako nedostatečné věnovat se ženám s primární dysmenoreou pouze v menstruační fázi, se snahou eliminovat aktuální bolest, ale spíše aplikovat holistický přístup ke zdraví v průběhu celého cyklu. Rozdíl ve variabilitě pohybu trupu u žen s primární dysmenoreou může být vysvětlen zvýšeným svalovým napětím po celou dobu menstruačního cyklu. V tomto ohledu by mohlo být prospěšné doporučit ženám s primární dysmenoreou relaxační techniky

k celkovému uvolnění těla. U žen s primární dysmenoreou by tyto techniky mohly mít vliv na zmírnění bolestí, snížení celkového napětí a mohly by přispět k lepšímu zvládnání příznaků spojených s primární dysmenoreou a zlepšení kvality života těchto žen.

## 9 SUMMARY

The thesis evaluated the variability of pelvis and trunk movement during walking in women with primary dysmenorrhea throughout the menstrual cycle, specifically in the periovulatory and menstrual phases. The theoretical part provides basic insights into the mechanism of walking, with a detailed description of the gait cycle and clarification of pelvis and trunk kinematics during walking. The thesis continues by outlining the variability of human movement, including the historical development of movement variability concepts, differences between coordinative and endpoint variability, and selected approaches to assessing gait variability, which were subsequently utilized in the practical part to calculate the pelvis and trunk movement variability. Another topic of the thesis is the menstrual cycle, its influence on the female body, and menstrual cycle disorders, specifically dysmenorrhea, which in this thesis is related to gait and movement variability. The thesis also includes possible interactions of pelvis position, lumbar spine curvature, or postural stability with primary dysmenorrhea. The final chapter summarizes the findings on gait variability and primary dysmenorrhea.

The practical part includes the study design, preparation for the measurement, and description of the research sample. The study involved 18 women aged 20 to 26 years diagnosed with primary dysmenorrhea. The research was conducted in the laboratory of FTK UP for 3D kinematic gait analysis. Measurements were taken in the periovulatory and menstrual phases of the cycle. The subjects completed a total of 10 trials on an artificially created walkway and were recorded using the Vicon camera system. From the measured data, the standard deviation and coefficient of variation were calculated to express the absolute and relative variability of pelvic and trunk movement. The measured results were compared with data obtained in previous research on healthy female populations.

Based on the results of the study, a significant difference in the absolute variability of pelvis movement during walking was demonstrated between women with primary dysmenorrhea and healthy women in the ovulatory phase of the menstrual cycle. Statistical significance was observed only in the frontal plane. No other statistically significant differences were observed in the variability of trunk or pelvic movement.

The results of this master's thesis support the assertion that primary dysmenorrhea is not only a problem during the menstrual phase but throughout the entire menstrual cycle. In terms of therapeutic intervention, focusing solely on women with primary dysmenorrhea during the menstrual phase in an attempt to eliminate current pain appears inadequate. Rather, applying a holistic approach to health throughout the entire cycle seems more appropriate. The difference in trunk movement variability among women with primary dysmenorrhea may be

explained by increased muscle tension throughout the menstrual cycle. In this regard, recommending relaxation techniques to women with primary dysmenorrhea for overall body relaxation could be beneficial. These techniques might influence pain reduction, decrease overall tension, and contribute to better management of symptoms associated with primary dysmenorrhea and improvement in the quality of life for these women.

## 10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Abelin-Genevois, K., Sassi, D., Verdun, S., & Roussouly, P. (2018). Sagittal classification in adolescent idiopathic scoliosis: original description and therapeutic implications. *European Spine Journal*, 27(9), 2192–2202. <https://doi.org/10.1007/s00586-018-5613-1>
- Abreu-Sánchez, A., Parra-Fernández, M. L., Onieva-Zafra, M. D., Ramos-Pichardo, J. D., & Fernández-Martínez, E. (2020). Type of dysmenorrhea, menstrual characteristics and symptoms in nursing students in southern Spain. *Healthcare*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/healthcare8030302>
- Ansdell, P., Brownstein, C. G., Škarabot, J., Hicks, K. M., Simoes, D. C. M., Thomas, K., Howatson, G., Hunter, S. K., & Goodall, S. (2019). Menstrual cycle-associated modulations in neuromuscular function and fatigability of the knee extensors in eumenorrheic women. *Journal of Applied Physiology*, 126, 1701–1712. <https://doi.org/10.1152/japopl>
- Arendt-Nielsen, L., Graven-Nielsen, T., Sværre, H., & Svensson, P. (1995). The influence of low back pain on muscle activity and coordination during gait: a clinical and experimental study. *Pain*, 64, 231–240.
- Armour, M., Parry, K., Manohar, N., Holmes, K., Ferfolja, T., Curry, C., Macmillan, F., & Smith, C. A. (2019). The Prevalence and Academic Impact of Dysmenorrhea in 21,573 Young Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Women's Health*, 28(8), 1161–1171. <https://doi.org/10.1089/jwh.2018.7615>
- Bagheri, R., Takamjani, I. E., Dadgoo, M., Sarrafzadeh, J., Ahmadi, A., Pourahmadi, M. R., & Jafarpisheh, A. S. (2017). A protocol for clinical trial study of the effect of core stabilization exercises on spine kinematics during gait with and without load in patients with non-specific chronic low back pain. *Chiropractic and Manual Therapies*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12998-017-0162-y>
- Bailey, C. A., Porta, M., Pilloni, G., Arippa, F., Pau, M., & Côté, J. N. (2019). Sex-independent and dependent effects of older age on cycle-to-cycle variability of muscle activation during gait. *Experimental Gerontology*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.110656>
- Bajalan, Z., Moafi, F., Moradibaglooei, M., & Alimoradi, Z. (2019). Mental health and primary dysmenorrhea: a systematic review. *Journal of Psychosomatic Obstetrics and Gynecology*, 40(3), 185–194. <https://doi.org/10.1080/0167482X.2018.1470619>
- Baltgalvis, K. A., Greising, S. M., Warren, G. L., & Lowe, D. A. (2010). Estrogen regulates estrogen receptors and antioxidant gene expression in mouse skeletal muscle. *PLOS ONE*, 5(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010164>

- Baran, E., & Yilmaz, T. (2024a). Investigation of postural sensory organization in women with and without primary dysmenorrhea in three phases of the menstrual cycle. *Gait and Posture*, *109*, 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.01.009>
- Baran, E., & Yilmaz, T. (2024b). Investigation of postural sensory organization in women with and without primary dysmenorrhea in three phases of the menstrual cycle. *Gait and Posture*, *109*, 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2024.01.009>
- Barbosa-Silva, J., Avila, M. A., de Oliveira, R. F., Dedicac¸ão, A. C., Godoy, A. G., Rodrigues, J. C., & Driusso, P. (2024). Prevalence, pain intensity and symptoms associated with primary dysmenorrhea: a cross-sectional study. *BMC Women's Health*, *24*(1). <https://doi.org/10.1186/s12905-023-02878-z>
- Barcikowska, Z., Rajkowska-Labon, E., Grzybowska, M. E., Hansdorfer-Korzon, R., & Zorena, K. (2020). Inflammatory markers in dysmenorrhea and therapeutic options. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph17041191>
- Bejek, Z., Paróczai, R., Illyés, Á., & Kiss, R. M. (2006). The influence of walking speed on gait parameters in healthy people and in patients with osteoarthritis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *14*(7), 612–622. <https://doi.org/10.1007/s00167-005-0005-6>
- Blagrove, R. C., Bruinvels, G., & Pedlar, C. R. (2020). Variations in strength-related measures during the menstrual cycle in eumenorrhic women: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *23*(12), 1220–1227. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.04.022>
- Bossmar Senior House Officer, T., Akerlund Associate Professor, M., Szamatowicz Resident, J., Laudanski Professor, T., Fantoni Resident, G., Maggi Associate Professor, M., & Akerlund, M. (1995). Receptor-mediated uterine effects of vasopressin and oxytocin in nonpregnant women. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, *102*, 907–912.
- Bruijn, S. M., Meijer, O. G., van Dieën, J. H., Kingma, I., & Lamoth, C. J. C. (2008). Coordination of leg swing, thorax rotations, and pelvis rotations during gait: The organisation of total body angular momentum. *Gait and Posture*, *27*(3), 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.05.017>
- Burnett, M., & Lemyre, M. (2017). No. 345-Primary Dysmenorrhea Consensus Guideline. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada*, *39*(7), 585–595. <https://doi.org/10.1016/j.jogc.2016.12.023>
- Callaghan, J. P., Patla, A. E., & McGill, S. M. (1999). Low back three-dimensional joint forces, kinematics, and kinetics during walking. *Clinical Biomechanics*, *14*, 203–216.

- Carmichael, M. A., Thomson, R. L., Moran, L. J., & Wycherley, T. P. (2021). The impact of menstrual cycle phase on athletes' performance: a narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1–24. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041667>
- Čepický, P. (2021). *Gynekologické minimum pro praxi* (Vol. 1). Grada Publishing.
- Chan, W. Y., & Hill, J. C. (1978). Determination of menstrual prostaglandin levels in non-dysmenorrheic and dysmenorrheic subjects. *Prostaglandins*, 15(2), 365–375.
- Chen, C. X., Shieh, C., Draucker, C. B., & Carpenter, J. S. (2018). Reasons women do not seek health care for dysmenorrhea. *Journal of Clinical Nursing*, 27(1–2), e301–e308. <https://doi.org/10.1111/jocn.13946>
- Constantini, N. W., Dubnov, G., & Lebrun, C. M. (2005). The menstrual cycle and sport performance. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2). <https://doi.org/10.1016/j.csm.2005.01.003>
- Crosbie, J., Vachalathitib, R., & Smith, R. (1997a). Age, gender and speed effects on spinal kinematics during walking. *Gait & Posture*, 5, 13–20.
- Crosbie, J., Vachalathitib, R., & Smith, R. (1997b). Patterns of spinal motion during walking. *Gait&Posture*, 5, 6–12.
- Dawood, M. Y. (2006). Primary Dysmenorrhea: Advances in Pathogenesis and Management. *OBSTETRICS & GYNECOLOGY*, 108(2). [www.greenjournal.org](http://www.greenjournal.org)
- Demirel, A., Onan, D., Oz, M., Ozel Aslyuce, Y., & Ulger, O. (2020). Moderate disability has negative effect on spatiotemporal parameters in patients with chronic low back pain. *Gait and Posture*, 79, 251–255. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.05.015>
- Devi, Dr. B., Sherpa, M. S. Z., Karki, M. P., Lepcha, M. N., Cintury, M. S., & Chettri, M. N. (2024). Prevalence Of Dysmenorrhea And Factors Associated With Its Intensity And Duration Among Female Students. *Educational Administration Theory and Practices*. <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i3.1405>
- Diebo, B. G., Varghese, J. J., Lafage, R., Schwab, F. J., & Lafage, V. (2015). Sagittal alignment of the spine: What do you need to know? In *Clinical Neurology and Neurosurgery* (Vol. 139, pp. 295–301). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2015.10.024>
- Dogru, H. Y., Oktay, G., Ozmen, Z. C., Ozsoy, A. Z., & Koseoglu, H. I. (2021). The impact of dysmenorrhea on pulmonary functions. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 24(3), 308–312. [https://doi.org/10.4103/njcp.njcp\\_40\\_20](https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_40_20)
- Domkin, D., Laczko, J., Jaric, S., Johansson, H., & Latash, M. L. (2002). Structure of joint variability in bimanual pointing tasks. *Experimental Brain Research*, 143(1), 11–23. <https://doi.org/10.1007/s00221-001-0944-1>



- Ducharme, S. W., & van Emmerik, R. E. A. (2018). Fractal dynamics, variability, and coordination in human locomotion. *Kinesiology Review*, 7(1), 26–35. <https://doi.org/10.1123/kr.2017-0054>
- Durand, W. M., Daniels, A. H., Hamilton, D. K., Passias, P., Kim, H. J., Protopsaltis, T., LaFage, V., Smith, J. S., Shaffrey, C., Gupta, M., Kelly, M. P., Klineberg, E., Schwab, F., Burton, D., Bess, S., Ames, C., & Hart, R. (2020). The spino-pelvic ratio: a novel global sagittal parameter associated with clinical outcomes in adult spinal deformity patients. *European Spine Journal*, 29(9), 2354–2361. <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06472-x>
- Dylevský, I. (2009). *Funkční anatomie* (1. vyd.). Grada Publishing.
- Ebrahimi, S., Kamali, F., Razeghi, M., & Haghpanah, S. A. (2017). Comparison of the trunk-pelvis and lower extremities sagittal plane inter-segmental coordination and variability during walking in persons with and without chronic low back pain. *Human Movement Science*, 52, 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.01.004>
- Ferin, M., Jewelewicz, R., & Warren, M. (1997). *Menstruační cyklus* (Vol. 1). Grada Publishing.
- Gracovetsky, S. (1985). An Hypothesis for the role of the spine in human locomotion: A challenge to current thinking. *Journal of Biomedical Engineering*, 7.
- Gregersen, G. G., & Lucas, D. B. (1967). An in vivo study of the axial rotation of the human thoracolumbar spine. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 49, 247–262.
- Hackney, A. C. (2023). *Sex Hormones, Exercise and Women: scientific and clinical aspects*. Springer.
- Hägström, M. (2014). Reference ranges for estradiol, progesterone, luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone during the menstrual cycle. *WikiJournal of Medicine*, 1(1). <https://doi.org/10.15347/wjm/2014.001>
- Hamill, J., Palmer, C., & Van Emmerik, R. E. A. (2012). Coordinative variability and overuse injury. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/1758-2555-4-45>
- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement Variability and the Use of Nonlinear Tools: Principles to Guide Physical Therapist Practice. *Physical Therapy*, 89(3), 267. [www.ptjournal.org](http://www.ptjournal.org)
- Henchoz, Y., Soldini, N., Peyrot, N., & Malatesta, D. (2015). Energetics and mechanics of walking in patients with chronic low back pain and healthy matched controls. *European Journal of Applied Physiology*, 115(11), 2433–2443. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3227-4>
- Herrington, L. (2011). Assessment of the degree of pelvic tilt within a normal asymptomatic population. *Manual Therapy*, 16(6), 646–648. <https://doi.org/10.1016/j.math.2011.04.006>

- Hicks, G. E., Sions, J. M., Coyle, P. C., & Pohlig, R. T. (2017). Altered spatiotemporal characteristics of gait in older adults with chronic low back pain. *Gait and Posture*, *55*, 172–176. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.04.027>
- Hollman, J. H., Kovash, F. M., Kubik, J. J., & Linbo, R. A. (2007). Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. *Gait and Posture*, *26*(1), 113–119. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.08.005>
- Hollman, J. H., Watkins, M. K., Imhoff, A. C., Braun, C. E., Akervik, K. A., & Ness, D. K. (2016). Complexity, fractal dynamics and determinism in treadmill ambulation: Implications for clinical biomechanists. *Clinical Biomechanics*, *37*, 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.06.007>
- Hosoido, T., Mori, F., Kiyoto, K., Takagi, T., Sano, Y., Goto, M., Nakajima, K., & Wada, N. (2013). Qualitative Comparison between Rats and Humans in Quadrupedal and Bipedal Locomotion. *Journal of Behavioral and Brain Science*, *03*(01), 137–149. <https://doi.org/10.4236/jbbs.2013.31013>
- Hu, P., Yu, M., Liu, X., Zhu, B., Liu, X., & Liu, Z. (2016). Analysis of the relationship between coronal and sagittal deformities in adolescent idiopathic scoliosis. *European Spine Journal*, *25*(2), 409–416. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-3986-y>
- Huthwelker, J., Konradi, J., Wolf, C., Westphal, R., Schmidtman, I., Schubert, P., Drees, P., & Betz, U. (2023). Reference values and functional descriptions of transverse plane spinal dynamics during gait based on surface topography. *Human Movement Science*, *88*. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2022.103054>
- Iacovides, S., Avidon, I., & Baker, F. C. (2015). What we know about primary dysmenorrhea today: A critical review. *Human Reproduction Update*, *21*(6), 762–778. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmv039>
- Itani, R., Soubra, L., Karout, S., Rahme, D., Karout, L., & Khojah, H. M. J. (2022). Primary Dysmenorrhea: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment Updates. *Korean Journal of Family Medicine*, *43*(2), 101–108. <https://doi.org/10.4082/kjfm.21.0103>
- Janse De Jonge, X. A. K. (2003). Effects of the Menstrual Cycle on Exercise Performance. *Sports Medicine*, *33*(11), 833–851.
- Janura, M., Vařeka, I., Lehnert, M., & Svoboda, Z. (2012). *Metody biomechanické analýzy pohybu* (1st ed.). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Janura, M., & Zahálka, F. (2004). *Kinematická analýza pohybu člověka* (1st ed.). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Ju, H., Jones, M., & Mishra, G. (2014). The prevalence and risk factors of dysmenorrhea. *Epidemiologic Reviews*, *36*(1), 104–113. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxt009>

- Keklicek, H., Sermenli Aydin, N., Can, H. B., Dönmez Aydin, D., Yilmazer Kayatekin, A. Z., & Uluçam, E. (2021). Primary dysmenorrhea and postural control: Is it a problem only during menstruation? *Gait and Posture*, *85*, 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.01.019>
- Kim, M.-J., Baek, I.-H., & Goo, B.-O. (2016). The relationship between pelvic alignment and dysmenorrhea. *The Journal of Physical Therapy Science*, *28*, 757–760.
- Kim, S. D. (2020). Quality of safety reporting for complementary and alternative therapies for dysmenorrhea. In *Complementary Therapies in Clinical Practice* (Vol. 39). Churchill Livingstone. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2020.101160>
- Kirtley, C. (2006). *Clinical Gait Analysis: Theory and practise*. Elsevier.
- Klein, K., & Carlos Santamarina, J. (2001). Structure of motor variability in marginally redundant multifinger force production tasks. *Experimental Brain Research*, *141*(2), 153–165. <https://doi.org/10.1007/s002210100861>
- Kolář, P. (2012). *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén.
- Křepelka, P. (2023). *Poruchy menstruačního cyklu* (Vol. 2). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Kulkarni, A., & Deb, S. (2019). Dysmenorrhoea. *Obstetrics, Gynaecology & Reproductive Medicine*, *29*(10), 286–291.
- Labelle, H., Mac-Thiong, J. M., & Roussouly, P. (2011). Spino-pelvic sagittal balance of spondylolisthesis: a review and classification. *European Spine Journal*, *20 Suppl 5*, 641–646. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1932-1>
- Lamoth, C. J. C., Beek, P. J., & Meijer, O. G. (2002). Pelvis-thorax coordination in the transverse plane during gait. *Gait and Posture*, *16*, 101–114. [www.elsevier.com/locate/gaitpost](http://www.elsevier.com/locate/gaitpost)
- Lamoth, C. J. C., Daffertshofer, A., Meijer, O. G., & Beek, P. J. (2006). How do persons with chronic low back pain speed up and slow down? Trunk-pelvis coordination and lumbar erector spinae activity during gait. *Gait and Posture*, *23*(2), 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2005.02.006>
- Lamoth, C. J. C., Meijer, O. G., Daffertshofer, A., Wuisman, P. I. J. M., & Beek, P. J. (2006). Effects of chronic low back pain on trunk coordination and back muscle activity during walking: Changes in motor control. *European Spine Journal*, *15*(1), 23–40. <https://doi.org/10.1007/s00586-004-0825-y>
- László, K. D., Gyorffy, Z., Ádám, S., Csoboth, C., & Kopp, M. S. (2008). Work-related stress factors and menstrual pain: A nation-wide representative survey. *Journal of Psychosomatic Obstetrics and Gynecology*, *29*(2), 133–138. <https://doi.org/10.1080/01674820701804423>
- Latash, M. L., Scholz, J. P., & Schönér, G. (2002). Motor Control Strategies Revealed in the Structure of Motor Variability. *Exerc. Sport Sci. Rev*, *30*(1), 26–31. [www.acsm-essr.org](http://www.acsm-essr.org)

- Latthe, P., Mignini, L., Gray, R., Hills, R., & Khan, K. (2006). Factors predisposing women to chronic pelvic pain: Systematic review. *British Medical Journal*, *332*(7544), 749–751. <https://doi.org/10.1136/bmj.38748.697465.55>
- Le Huec, J. C., Thompson, W., Mohsinaly, Y., Barrey, C., & Faundez, A. (2019). Sagittal balance of the spine. *European Spine Journal*, *28*(9), 1889–1905. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-06083-1>
- Lebrun, C. M., Joyce, S. M., & Constantini, N. W. (2013). Effects of female reproductive hormones on sports performance. In *Endocrinology of Physical Activity and Sport: Second Edition* (pp. 281–322). Humana Press Inc. [https://doi.org/10.1007/978-1-62703-314-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-1-62703-314-5_16)
- Legaye, J., Duval-Beaupère, G., Hecquet, J., Marty, C., Duval-Beaupère, G., Hecquet, J., & Marty, C. (1998). Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J*, *7*, 99–103.
- Levangie, P. K., & Norkin, C. C. (2011). *Joint Structure and Function: A Comprehensive Analysis* (5th ed.). FA Davis Company.
- Levine, D., Richards, J., & Whittle, M. W. (2012). *Whittle's gait analysis* (5th edition). Churchill Livingstone.
- Lewis, C. L., Laudicina, N. M., Khuu, A., & Loverro, K. L. (2017). The Human Pelvis: Variation in Structure and Function During Gait. *Anatomical Record*, *300*(4), 633–642. <https://doi.org/10.1002/ar.23552>
- Lewit, K. (2003). *Manipulační léčba v myoskeletální medicíně: Vol. 5. přeprac. vyd.* Sdělovací technika.
- Lowe, D. A., Baltgalvis, K. A., Greising, S. M., Lowe, D. A., Baltgalvis, K. A., & Greising, S. M. (2010). Mechanisms Behind Estrogen's Beneficial Effect on Muscle Strength in Females. *Exercise Sport Sciences Reviews*, *38*(2), 61–67. [www.acsm-essr.org](http://www.acsm-essr.org)
- Maciejczak, A., & Jabłońska-Sudoł, K. (2017). Correlation between correction of pelvic balance and clinical outcomes in mid- and low-grade adult isthmic spondylolisthesis. *European Spine Journal*, *26*(12), 3112–3121. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4808-6>
- Matthewman, G., Lee, A., Kaur, J. G., & Daley, A. J. (2018). Physical activity for primary dysmenorrhea: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, *219*(3), 255.e1-255.e20. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2018.04.001>
- McNatty, P., Heath, D. A., Lundy, T., Fidler, A. E., O'connell, A., Smith, P., Groome, N., & Tisdall, D. J. (1999). Control of early ovarian follicular development. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement*, *54*, 3–16.

- McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., Thomas, K., & Hicks, K. M. (2020). The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrhic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *50*(10), 1813–1827. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3>
- Michaud, S. B., Gard, S. A., & Childress, D. S. (2000). A preliminary investigation of pelvic obliquity patterns during gait in persons with transtibial and transfemoral amputation. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, *37*(1), 1–10.
- Moriceau, J., Fevre, A., Domínguez-Balmaseda, D., González-de-la-Flor, Á., Simón-Areces, J., & García-Pérez-de-Sevilla, G. (2022). The Influence of the Menstrual Cycle and Oral Contraceptives on Knee Laxity or Anterior Cruciate Ligament Injury Risk: A Systematic Review. *Applied Sciences (Switzerland)*, *12*(24). <https://doi.org/10.3390/app122412627>
- Murray, T. P., Mollinger, L. A., Gardner, G. M., & Sepic, S. B. (1984). Kinematic and EMG Patterns During Slow, Free, and Fast Walking. *Journal of Orthopaedic Research*, *2*, 272–280.
- Needham, R., Stebbins, J., & Chockalingam, N. (2016). Three-dimensional kinematics of the lumbar spine during gait using marker-based systems: A systematic review. *Journal of Medical Engineering and Technology*, *40*(4), 172–185. <https://doi.org/10.3109/03091902.2016.1154616>
- Neumann, D. A. (2017). *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for rehabilitation* (3rd ed.). Elsevier.
- Neumannová, K., Janura, M., Kováčiková, Z., Svoboda, Z., & Jakubec, L. (2015a). *Analýza chůze u osob s chronickou obstrukční plicní nemocí* (1. vydání). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Neumannová, K., Janura, M., Kováčiková, Z., Svoboda, Z., & Jakubec, L. (2015b). *Analýza chůze u osob s chronickou obstrukční plicní nemocí* (1st ed.). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Núñez-Troconis, J., Carvallo, D., & Martínez-Núñez, E. (2021). Primary Dysmenorrhea: Pathophysiology. *Investigacion Clinica (Venezuela)*, *62*(4), 378–406. <https://doi.org/10.22209/IC.v62n4a08>
- Oladosu, F. A., Hellman, K. M., Ham, P. J., Kochlefl, L. E., Datta, A., Garrison, E. F., Steiner, N. D., Roth, G. E., & Tu, F. F. (2019). Persistent autonomic dysfunction and bladder sensitivity in primary dysmenorrhea. *Scientific Reports*, *9*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38545-3>
- Osayande, A. S., & Mehulic, S. (2014). Diagnosis and Initial Management of Dysmenorrhea. *American Academy of Family Physicians*, *89*(5), 341–346. [www.aafp.org/afpAmericanFamilyPhysician341](http://www.aafp.org/afpAmericanFamilyPhysician341)

- Padulo, J., Rampichini, S., Borrelli, M., Buono, D. M., Doria, C., & Esposito, F. (2023). Gait Variability at Different Walking Speeds. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/jfmk8040158>
- Park, D. J. S., Stefanyshyn, D. J., Loitz-Ramage, B., Hart, D. A., & Ronsky, J. L. (2009). Changing Hormone Levels During the Menstrual Cycle Affect Knee Laxity and Stiffness in Healthy Female Subjects. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(3), 588–598. <https://doi.org/10.1177/1073858403253460>
- Pasha, S., Sankar, W. N., & Castelein, R. M. (2019). The Link Between the 3D Spino-pelvic Alignment and Vertebral Body morphology in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine Deformity*, 7(1), 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2018.05.016>
- Perry, J., & Burnfiel, J. M. (2020). *Gait analysis: normal and pathological function* (2nd edition). SLACK.
- Pilka, R. (2022). *Gynekologie* (Vol. 2). Maxdorf s.r.o.
- Pilka, R., & Procházka, M. (2017). *Gynekologie* (Vol. 2). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Proctor, M., & Farquhar, C. (2006). Diagnosis and management of dysmenorrhoea. *British Medical Journal*, 332.
- Proctor, M. L., & Farquhar, C. M. (2006). Dysmenorrhoea. *British Medical Journal*.
- Rafique, N., & Al-Sheikh, M. H. (2018). Prevalence of menstrual problems and their association with psychological stress in young female students studying health sciences. *Saudi Medical Journal*, 39(1), 67–73. <https://doi.org/10.15537/smj.2018.1.21438>
- Raj, R. D., Fontalis, A., Grandhi, T. S. P., Kim, W. J., Gabr, A., & Haddad, F. S. (2023). The impact of the menstrual cycle on orthopaedic sports injuries in female athletes. *The Bone and Joint Journal*, 105(7), 723–728. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.105B7>
- Rickles, D., Hawe, P., & Shiell, A. (2007). A simple guide to chaos and complexity. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 61(11), 933–937. <https://doi.org/10.1136/jech.2006.054254>
- Rob, L., Martan, A., & Ventruba, P. (2019). *Gynekologie* (Vol. 3). Galén.
- Rosa, R. G. da, Gomeñuka, N. A., Oliveira, H. B. de, & Peyré-Tartaruga, L. A. (2018). Inclined Weight-Loaded Walking at Different Speeds: Pelvis-Shoulder Coordination, Trunk Movements and Cost of Transport. *Journal of Motor Behavior*, 50(1), 73–79. <https://doi.org/10.1080/00222895.2017.1283292>
- Rose, J., & Gamble, J. G. (2006). *Human walking* (3rd edition). Lippincott Williams & Wilkins.
- Roussouly, P., Gollogly, S., Berthonnaud, E., & Dimnet, J. (2005). Classification of the Normal Variation in the Sagittal Alignment of the Human Lumbar Spine and Pelvis in the Standing Position. *SPINE*, 30(3), 346–353. <http://journals.lww.com/spinejournal>

- Roussouly, P., Gollogly, S., Berthonnaud, E., Labelle, H., & Weidenbaum, M. (2006). Sagittal Alignment of the Spine and Pelvis in the Presence of L5-S1 Isthmic Lysis and Low-Grade Spondylolisthesis. *SPINE*, *31*(21), 2484–2490. <http://journals.lww.com/spinejournal>
- Roztočil, A. (2011). *Moderní gynekologie* (Vol. 1). Grada Publishing.
- Saito, H., Watanabe, Y., Kutsuna, T., Futohashi, T., Kusumoto, Y., Chiba, H., Kubo, M., & Takasaki, H. (2021). Spinal movement variability associated with low back pain: A scoping review. *PLOS ONE*, *16*(5 May). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252141>
- Saunders, J. B., Inman, V. T., & Eberhart, H. D. (1953). The major determinants in normal and pathological gait. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, *35-A*, 543–558.
- Schmalenberger, K. M., Eisenlohr-Moul, T. A., Würth, L., Schneider, E., Thayer, J. F., Ditzen, B., & Jarczok, M. N. (2019). A systematic review and meta-analysis of within-person changes in cardiac vagal activity across the menstrual cycle: Implications for female health and future studies. *Journal of Clinical Medicine*, *8*(11). <https://doi.org/10.3390/jcm8111946>
- Schmalenberger, K. M., Tauseef, H. A., Barone, J. C., Owens, S. A., Lieberman, L., Jarczok, M. N., Girdler, S. S., Kiesner, J., Ditzen, B., & Eisenlohr-Moul, T. A. (2021). How to study the menstrual cycle: Practical tools and recommendations. *Psychoneuroendocrinology*, *123*. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2020.104895>
- Schmidt, R. A. (2003). Motor schema theory after 27 years: Reflections and implications for a new theory. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *74*(4), 366–375. <https://doi.org/10.1080/02701367.2003.10609106>
- Schoep, M. E., Nieboer, T. E., van der Zanden, M., Braat, D. D. M., & Nap, A. W. (2019). The impact of menstrual symptoms on everyday life: a survey among 42,879 women. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, *220*(6), 569.e1-569.e7. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2019.02.048>
- Seay, J. F., Van Emmerik, R. E. A., & Hamill, J. (2011). Influence of low back pain status on pelvis-trunk coordination during walking and running. *Spine*, *36*(16). <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182015f7c>
- Sharghi, M., Mansurkhani, S. M., Ashtary-Larky, D., Kooti, W., Niksefat, M., Firoozbakht, M., Behzadifar, M., Azami, M., Servatyari, K., & Jouybari, L. (2019). An update and systematic review on the treatment of primary dysmenorrhea. *Jornal Brasileiro de Reproducao Assistida*, *23*(1), 51–57. <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20180083>
- Shimizu, T., Lehman, R. A., Sielatycki, J. A., Pongmanee, S., Cerpa, M., Takemoto, M., & Lenke, L. G. (2020). Reciprocal change of sagittal profile in unfused spinal segments and lower extremities after complex adult spinal deformity surgery including spinopelvic fixation: a

- full-body X-ray analysis. *Spine Journal*, 20(3), 380–390.  
<https://doi.org/10.1016/j.spinee.2019.09.012>
- Smith, J. A., Stabbert, H., Bagwell, J. J., Teng, H. L., Wade, V., & Lee, S. P. (2022). Do people with low back pain walk differently? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 11(4), 450–465. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.02.001>
- Stallbaum, J. H., Silva, F. S. da, Saccol, M. F., & Braz, M. M. (2018). Postural control of women with primary dysmenorrhea in different phases of the menstrual cycle. *Fisioterapia e Pesquisa*, 25(1), 74–81. <https://doi.org/10.1590/1809-2950/17243825012018>
- Stergiou, N. (2020). *Biomechanics and gait analysis*. Academic Press, an imprint of Elsevier.
- Stergiou, N., & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? *Human Movement Science*, 30(5), 869–888. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.06.002>
- Stergiou, N., Harbourne, R. T., & Cavanaugh, J. T. (2006). Optimal Movement Variability: A New Theoretical Perspective for Neurologic Physical Therapy. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 120(•). <http://journals.lww.com/jnpt>
- Stokes, V. P., Andersson, C., & Forssberg, H. (1989). Rotational and translational movement features of the pelvis and thorax during adult human locomotion. *J. Biomechanics*, 22(1), 43–50.
- Summers, J. J., & Anson, J. G. (2009). Current status of the motor program: Revisited. *Human Movement Science*, 28(5), 566–577. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2009.01.002>
- Svoboda, Z., & Janura, M. (2010). Využití 3D kinematické analýzy chůze pro potřeby rehabilitace - systém VICON MX. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 1, 26–31.
- Svoboda, Z., Rosický, J., & Janura, M. (2020). *Chůze osob s trantibiální amputací* (1. vydání). Univerzita Palackého v Olomouci.
- Taim, B. C., Ó Catháin, C., Renard, M., Elliott-Sale, K. J., Madigan, S., & Ní Chéilleachair, N. (2023). The Prevalence of Menstrual Cycle Disorders and Menstrual Cycle-Related Symptoms in Female Athletes: A Systematic Literature Review. *Sports Medicine*, 53(10), 1963–1984. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01871-8>
- Tang, B., Liu, D., Chen, L., & Liu, Y. (2020). NLRP3 inflammasome inhibitor MCC950 attenuates primary dysmenorrhea in mice via the NF-κB/COX-2/PG pathway. *Journal of Inflammation (United Kingdom)*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12950-020-00251-7>
- Taylor, N. F., Evans, O. M., & Goldie, P. A. (2003). The effect of walking faster on people with acute low back pain. *European Spine Journal*, 12(2), 166–172. <https://doi.org/10.1007/s00586-002-0498-3>



- Toro, B., Nester, C., & Farren, P. (2003). A review of observational gait assessment in clinical practice. *Physiotherapy Theory and Practise*, 19, 137–149. <https://doi.org/10.1080/0959398039221901>
- Upasani, V. V., Tis, J., Bastrom, T., Pawelek, J., Marks, M., Lonner, B., Crawford, A., & Newton, P. O. (2007). Analysis of Sagittal Alignment in Thoracic and Thoracolumbar Curves in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *SPINE*, 32(12), 1355–1359.
- van den Hoorn, W., Bruijn, S. M., Meijer, O. G., Hodges, P. W., & van Dieën, J. H. (2012). Mechanical coupling between transverse plane pelvis and thorax rotations during gait is higher in people with low back pain. *Journal of Biomechanics*, 45(2), 342–347. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.10.024>
- Van Dieën, J. H., Selen, L. P. J., & Cholewicki, J. (2003). Trunk muscle activation in low-back pain patients, an analysis of the literature. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4), 333–351. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00041-5](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00041-5)
- Van Emmerik, R. E. A., Hamill, J., & McDermott, W. J. (2005). Variability and coordinative function in human gait. *Quest*, 57(1), 102–123. <https://doi.org/10.1080/00336297.2005.10491845>
- Van Emmerik, R. E. A., McDermott, W. J., Haddad, J. M., & Van Wegen, E. E. H. (2005). Age-related changes in upper body adaptation to walking speed in human locomotion. *Gait and Posture*, 22(3), 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.09.006>
- Van Emmerik, R. E. A., & Wagenaar, R. C. (1996). Effects of walking velocity on the relative phase dynamics in the trunk in human walking. *Journal of Biomechanics*, 29(9), 1175–1184.
- Vařeka, I., Janura, M., & Vařeková, R. (2018). *Kineziologie chůze*. <https://www.researchgate.net/publication/327594975>
- Véle, F. (2006). *Kineziologie: Přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapie poruch pohybové soustavy* (2nd ed.). TRITON.
- Vogt, L., Pfeifer, K., & Banzer, W. (2003). Neuromuscular control of walking with chronic low-back pain. *Manual Therapy*, 8(1), 21–28. <https://doi.org/10.1054/math.2002.0476>
- Wang, J., He, X., Zhu, C., Ding, H., Feng, G., Yang, X., Liu, L., & Song, Y. (2023). The relationship between spino-pelvic alignment and primary dysmenorrhea. *Frontiers in Surgery*, 10. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1125520>
- Wojnarová, Z. (2023). *Aktivita svalů\_Wojnarova*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Yen, S. C., Gutierrez, G. M., Ling, W., Magill, R., & McDonough, A. (2012). Coordination variability during load carriage walking: Can it contribute to low back pain? *Human Movement Science*, 31(5), 1286–1301. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2012.02.006>

## 11 PŘÍLOHY

### 11.1 Příloha 1. Vyjádření etické komise FTK UP Olomouc



Fakulta  
tělesné kultury

#### Vyjádření Etické komise FTK UP

**Složení komise:** doc. PhDr. Dana Štěřbová, Ph.D. – předsedkyně  
Mgr. Ondřej Ješina, Ph.D.  
Mgr. Michal Kudláček, Ph.D.  
Mgr. Filip Neuls, Ph.D.  
prof. Mgr. Erik Sigmund, Ph. D.  
doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph. D.  
Mgr. Jarmila Štěpánová, Ph.D.

Na základě žádosti ze dne 15.11.2022 byl projekt doktorské práce

Autor /hlavní řešitel/: **MUDr. Světlana Hrachovinová**

s názvem **Provedení chůze u žen s primární dysmenoreou v různých fázích menstruačního cyklu**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **82/2022**

dne: **24. 11. 2022**

Etická komise FTK UP zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnicemi pro výzkum zahrnující lidské účastníky.

**Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

za EK FTK UP  
doc. PhDr. Dana Štěřbová, Ph.D.  
předsedkyně

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury  
Komise etická  
třída Míru 117 | 771 01

## 11.2 Příloha 2. Informovaný souhlas

### Informovaný souhlas

**Název projektu:**

**Provedení chůze u žen s primární dysmenoreou v různých fázích menstruačního cyklu**

Jméno:

Datum narození:

Telefonní číslo:

*Účastník byl do studie zařazen pod číslem:*

1. Já, níže podepsaný(á) souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byl(a) jsem podrobně informován(a) o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností.
3. Porozuměl(a) jsem tomu, že svou účast ve studii mohu kdykoliv přerušit či odstoupit. Moje účast ve studii je dobrovolná.
4. Při zařazení do studie budou moje osobní data uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Je zaručena ochrana důvěrnosti mých osobních dat. Při vlastním provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty jiným než výše uvedeným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být moje osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data) nebo s mým výslovným souhlasem.
5. Porozuměl jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastníka:

Datum:

### 11.3 Příloha 3 Dotazník subjektivního hodnocení

*Datum a čas měření:* .....*Fáze MC:* .....*Pozitivní test/zač. MC:* ..... *Studijní číslo:*.....

---

Dominantní dolní končetina:

Výška:

Hmotnost:

Menstruační pomůcky: *obvykle* vložka – tampon – kalíšek; *nyní*: vložka – tampon - kalíšek

Analgetika dnes užitá (název, množství):

#### Dotazník – subjektivní hodnocení

##### A) MÉ AKTUÁLNÍ NASTAVENÍ

###### 1) Cítím se:

špatně... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... dobře

###### 2) Energie:

únava... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... svěžest

###### 3) Bolí mě: .....

vůbec... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... hodně

###### 4) Napětí:

žádné... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... velké

###### 5) Stres:

pohoda... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... stres

###### 6) Strach:

bezpečí... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... strach

B) CHŮZI DNES VNÍMÁM:

1) Přirozeně:

nepřirozeně... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... přirozeně

2) Lehce:

těžce... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... lehce

3) Ladně:

těžkopádně... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... ladně

4) Uvolněně:

staženě... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... uvolněně

5) Při chůzi mě bolí: .....

0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10

---

C) STOJ NA 1 NOZE – uveďte pro každou dolní končetinu zvlášť

1) Stabilita:

P: nestabilita... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... stabilita

L: nestabilita... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... stabilita

2) Síla:

P: slabost... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... síla

L: slabost... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... síla

3) Narůstající únava:

P: žádná... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... velká

L: žádná... 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10... velká