

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

**KINEMATICKÁ ANALÝZA POHYBU PANVY A TRUPU V RÁMCI
CHÔDZOVÉHO CYKLU U ŽIEN V PERIOVULAČNEJ A MENŠTRUAČNEJ FÁZE
MENŠTRUAČNÉHO CYKLU**

Diplomová práca

Autor: Bc. Andrea Ulická

Študijný program: Aplikovaná fyzioterapie

Vedúci práce: MUDr. Svetlana Hrachovinová

Olomouc 2023

Bibliografická identifikácia

Meno autora: Bc. Andrea Ulická

Názov práce: Kinematická analýza pohybu panvy a trupu v rámci chôdzového cyklu u žien v periovulačnej a menštruačnej fáze menštruačného cyklu

Vedúci práce: MUDr. Svetlana Hrachovinová

Pracovisko: Katedra prírodných vied v kinantropológii

Rok obhajoby: 2024

Abstrakt:

Ústrednou témou tejto diplomovej práce je posúdenie vplyvu rôznych fáz menštruačného cyklu na prevedenie chôdze u žien. Teoretická časť práce obsahuje poznatky o chôdzi, jej biomechanickej analýze, menštruačnom cykle a viacúrovňových zmenách tela ženy, ku ktorým dochádza v priebehu menštruačného cyklu. Na štúdiu sa zúčastnilo osemnásť žien vo veku od 18 do 26 rokov s fyziologickým menštruačným cyklom. Výskumné meranie bolo prevádzané v biomechanickom laboratóriu za využitia kamerového systému Vicon. Chôdza probandiek sa skúmala metódou 3D kinematickej analýzy. Probandky absolvovali desať pokusov prirodzenej chôdze na 10 metrovom úseku umelo vytvoreného chodníka. Hodnotiacim parametrom bol rozsah pohybu panvy a trupu v sagitálnej, frontálnej a transverzálnej rovine pri chôdzi v periovulačnej a menštruačnej fáze. Výsledky ukázali zvýšený rozsah pohybu panvy vo všetkých troch rovinách v periovulačnej fáze menštruačného cyklu. V menštruačnej fáze bola zistená zvýšená miera anteverzcie panvy v priebehu celého chôdzového cyklu. V pohyblivosti trupu sa nepreukázali štatisticky významné rozdiely.

Kľúčové slová:

analýza chôdze, menštruačný cyklus, kinematika panvy, kinematika trupu

Súhlasím s požičiavaním práce v rámci knižničných služieb.

Bibliographical identification

Author: Bc. Andrea Ulická
Title: Kinematic analysis of pelvic and trunk motion during the gait cycle in women in the periovulatory and menstrual phases of the menstrual cycle

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

Abstract:

The aim of this thesis is to assess the influence of different phases of the menstrual cycle on gait performance in women. The theoretical part of the thesis contains knowledge about gait, its biomechanical analysis, the menstrual cycle and the multi-level changes of the woman's body that occur during the menstrual cycle. Eighteen women aged between 18 and 26 years with physiological menstrual cycle participated in the study. The research measurement was carried out in a biomechanical laboratory using a Vicon camera system. The gait of the probands was investigated by 3D kinematic analysis. The probands performed ten natural gait trials on a 10 m section of an artificially constructed walkway. The evaluation parameter was the range of motion of the pelvis and trunk in the sagittal, frontal and transverse planes during walking in the periovulatory and menstrual phases. The results showed increased range of motion of the pelvis in all three planes in the periovulatory phase of the menstrual cycle. During menstruation, an increased rate of pelvic anteversion was found throughout the whole gait cycle. There were no statistically significant differences in trunk mobility.

Keywords:

gait analysis, menstrual cycle, kinematics of the pelvis, kinematics of the trunk

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

Prehlasujem, že som túto prácu vypracovala samostatne pod vedením MUDr. Svetlany Hrachovinej, uviedla všetky použité literárne a odborné zdroje a dodržovala zásady vedeckej etiky.

V Olomouci dňa 30. listopadu 2023

.....

Ďakujem vedúcej práce MUDr. Svetlane Hrachovinej za pomoc a cenné rady, ktoré mi poskytla pri spracovávaní tejto práce.

OBSAH

Obsah	7
1 Úvod	9
2 Prehľad poznatkov	10
2.1 Chôdza	10
2.1.1 Chôdzový cyklus	11
2.1.2 Časovo-priestorové parametre chôdze	15
2.1.3 Kinematická analýza chôdze	15
2.2 Menštruačný cyklus	17
2.2.1 Fázy menštruačného cyklu a ich vplyv na reprodukčné procesy	18
2.2.2 MC a jeho vplyv na mimoreprodukčné procesy	21
2.3 Ženská panva a jej zmeny v priebehu menštruačného cyklu	23
2.3.1 Znaky ženskej panvy a anatomia panvového dna	23
2.3.2 Panvové dno ženy v priebehu MC	28
2.3.3 Funkčná anatomia ženských reprodukčných orgánov	29
2.3.4 Fyziológia ženských reprodukčných orgánov v priebehu MC	35
2.4 Ženská panva a trup v biomechanických súvislostiach	43
2.4.1 Posturálna funkcia panvy	43
2.4.2 Kinematika panvy a trupu pri chôdzi	46
2.4.3 Vzťahy medzi reprodukčnými orgánmi a kinematikou panvy a trupu v priebehu MC	52
3 Ciele a hypotézy	63
3.1 Hlavný cieľ	63
3.2 Čiastkové ciele	63
3.3 Hypotézy	63
4 Metodika	64
4.1 Dizajn štúdie	64
4.2 Výskumný súbor	64
4.3 Metódy zberu dát	65
4.3.1 Priebeh tvorby a prípravy výskumného súboru	65

4.3.2	Priebeh laboratórneho merania.....	65
4.4	Analýza dát.....	68
4.4.1	Vyhodnotenie dát	68
4.4.2	Štatistické spracovanie dát	68
5	Výsledky.....	69
5.1	Výsledky k hypotéze H1	69
5.2	Výsledky k hypotéze H2	73
6	Diskusia.....	77
7	Závery	85
8	Súhrn	86
9	Summary	87
10	Referenčný zoznam	88
11	Prílohy	104
11.1	Vyjadrenie etickej komisie	104
11.2	Informovaný súhlas.....	105

1 ÚVOD

Menštruačný cyklus je komplexný fyziologický proces, ktorý zahŕňa sériu hormonálnych a fyziologických zmien v ženskom reprodukčnom systéme. Hoci jeho hlavná funkcia sa udáva ako reprodukčná, viaceré dôkazy ukazujú, že menštruačný cyklus má vplyv aj na nereprodukčné aspekty ženskej fyziológie (Blagrove et al., 2020; Thiyagarajan et al., 2022). Jedna zo zaujímavých oblastí skúmania sa týka potenciálneho vplyvu menštruačného cyklu na chôdzu, základný pohybový vzor človeka.

Viaceré štúdie či už priamo alebo nepriamo skúmali súvislosť medzi hormonálnymi zmenami počas menštruačného cyklu a zmenami parametrov chôdze. Ukázalo sa, že estrogén a progesterón, kľúčové hormóny menštruačného cyklu, modulujú neuromuskulárnu funkciu, svalovú silu, väzivovú pružnosť a propriocepciu, čo všetko môže potenciálne ovplyvniť prevedenie chôdze (El-Shafei et al., 2021).

Avšak podľa našich znalostí, kinematická analýza pohybu panvy a trupu pri chôdzi v rámci menštruačného cyklu doteraz nebola vedecky preskúmaná.

V tejto súvislosti si táto diplomová práca dáva za cieľ preskúmať problematiku pohybu panvy a trupu pri chôdzi u žien v priebehu MC, so základným predpokladom, že vplyvom rozvoľňujúceho účinku estrogénu na väzivové tkanivá dôjde k ich vyššej pohyblivosti v období ovulácie (Zazulak et al., 2006).

Avšak okrem vplyvu menštruačného cyklu na pohybový aparát sa štúdie zameriavajú aj na komplexné účinky meniacich sa hormónov v priebehu MC, pôsobiacich ako na fyzickej, tak psychickej, kognitívnej a emočnej úrovni ženy (Ansdell et al., 2019; Keklicek et al., 2021). A nakoľko je chôdza veľmi variabilná a individuálne vysoko charakteristická, v prevedení chôdze sa odráža aktuálne viacúrovňové nastavenie každého človeka (Critchley et al., 2020).

Preto je v tejto práci poskytnutý náhľad na vzájomný vzťah medzi mnohoúrovňovými zmenami, ktorými žena v priebehu jednotlivých fáz menštruačného cyklu prechádza ich vzájomným pôsobením a prevedením chôdze.

2 PREHĽAD POZNATKOV

2.1 Chôdza

Udáva sa, že bipedalizmus bol hlavnou príčinou zrýchlenia vývoja ľudskej rasy. Tým, že vzpriamenie oslobodilo naše ruky pre manipuláciu a komunikáciu naskytl sa priestor pre rozvoj našej inteligencie a spoločenského chovania. Vzpriamená chôdza, ako základný lokomočný stereotyp človeka, je svojimi znakmi typická pre humánny druh a zároveň špecifická pre každého jednotlivca (Earls, 2021).

Nakoľko chôdza nemá presne danú definíciu, existuje množstvo jej popisov. Udáva sa ako spôsob lokomócie, kedy je vzpriamené telo striedavo podopierané a posúvané vpred jednou a druhou dolnou končatinou (Neumannová et al., 2015). Podľa Perry & Burnfield (2010) chôdza využíva opakovanú sekvenciu pohybov končatín pre súčasný pohyb tela vpred so zachovaním posturálnej stability.

Z pohľadu neurofyziológie je lokomócia zámerné, cieľavedomé správanie iniciované signálmi, ktoré vznikajú buď pri vôľovom spracovaní v mozgovej kôre, alebo pri emocionálnom spracovaní v limbickom systéme. Bez ohľadu na to, či je iniciácia lokomócie vôľová alebo emocionálna, lokomóciu sprevádzajú automatické riadené pohybové procesy, ako je úprava posturálneho svalového tonusu a rytmické pohyby končatín (Takakusaki, 2013).

Skaličková - Kováčiková (2020) píše, že ľudská bipedálna lokomócia je charakterizovaná skríženým pohybom, tzn. schopnosťou prenášať hmotnosť tela z jednej dolnej končatiny na druhú so vzpriamením osového orgánu vo vertikále. Kvalita chôdze je prezentovaná dĺžkou kroku, spôsobom zmeny smeru chôdze či schopnosťou na povel zastaviť chôdzu na mieste.

Vařeka et al. (2018) udáva, že ľudská bipedálna chôdza je komplexný pohyb, ktorého koordinácia je založená na anatomických možnostiach jednotlivca a je riadená tak, aby sa dosiahlo daného cieľa bez zbytočných energetických strát a nadmerného zaťaženia alebo poškodenia pohybového aparátu. Základným problémom chôdze je nielen koordinácia striedavých pohybov dolných končatín, ale aj stabilizácia postoja a udržiavanie rovnováhy. Preto sa chôdza popisuje aj ako dynamická stratégia obnovovania posturálnej stability, pri ktorej dochádza k premiestneniu kontaktnej plochy (AC) za súčasnej zmeny opornej plochy (AS) a opornej bázy (BS). Oporná báza sa cyklicky mení, pričom v jednoopornej fáze sa do nej premieta reakčná sila podložky (COP) pri dvojoporovej fáze sa môže nachádzať mimo nej (Vařeka, 2002).

V rámci prevedenia chôdze, jej energetickej nákladnosti a trajektórie ťažiska zohrávajú rolu základné biomechanické predpoklady. Medzi ne patrí rovnováha, ako schopnosť zaujať a udržať vzpriamenú a stabilnú posturu, pohyb, ako schopnosť zahájiť a udržať rytmický krokový

mechanizmus, koordinácia pre plynulosť pohybu a svalový tonus či svalová sila potrebná pre pohyb tela vpred. V prípade nesplnenia daných podmienok prechádza fyziologický vzor chôdze do patologického a chôdza sa stáva energeticky náročnejšou (Neumannová et al., 2015; Svoboda et al., 2020).

V súvislosti s chôdzou u žien sa popisuje fenomén tzv. pôrodnickej dilemy, ktorá udáva, že čím širšia je ženská panva, tým je ľahší pôrod, no zároveň tým je vyššia jej biomechanická nákladnosť. Vychádza sa zo štandardného statického biomechanického modelu, ktorý hovorí, že vďaka širšej panve dochádza k zníženej efektivite práce abduktorových svalov bedrového kĺbu pri stabilizácii panvy počas jednoopornej fázy chôdze či behu. Navyše u žien častý väčší valgózny uhol medzi bedrovými kĺbmi a kolenami predstavuje zvýšené riziko zranení (Earls, 2021).

Avšak štúdia Warrenera et al. (2015) na základe presnejšieho dynamického modelu mechaniky abduktorov bedrového kĺbu zistila, že ani šírka panvy ani valgózny uhol negatívne neovplyvňujú lokomočnú efektivitu alebo mieru rizika zranení u žien.

2.1.1 Chôdzový cyklus

Popis chôdze sa zväčša vzťahuje k jednému chôdzovému cyklu, ktorý je jej základnou jednotkou. Chôdzový cyklus (GC) označuje sled udalostí, ktoré sa odohrávajú počas jedného úplného kroku, medzi dvoma rovnako sa opakujúcimi javmi behom chôdze (Svoboda et al., 2020; Whittle, 2008).

Možno ho rozdeliť na dve hlavné fázy: fázu stojnú/ opornú a fázu švihovú. Stojná fáza sa vzťahuje na obdobie, keď je chodidlo v kontakte so zemou, zatiaľ čo švihová fáza je bezoporová, vzťahuje sa na obdobie, keď sa chodidlo odlepí od zeme. Udáva sa, že pomer stojnej a švihovej fázy pri priemernej rýchlosti chôdze je približne 60:40, pričom pri zvyšovaní rýchlosti dochádza k predĺženiu švihovej a skráteniu stojnej fázy. Ďalším delením chôdzového cyklu je fáza jednej a dvojitej opory. Jednooporná fáza na jednej končatine trvá rovnako dlho ako švihová fáza na druhej končatine. V priebehu chôdzového cyklu dvakrát dochádza k fáze dvojitej opory (Neumannová et al., 2015; Svoboda et al., 2020).

Podľa Perry (2010) a Rose & Gumble (2006) možno každú z týchto fáz ďalej rozdeliť na niekoľko podfáz:

Stojná fáza

- Počiatočný kontakt (initial contact- IC)
- Prenos záťaže (loading response- LR)
- Medzistoj (midstance- MSt)
- Koncový stoj (terminal stance- TSt)

- Predšvih (preswing- PSw)

Švihová fáza

- Počiatočný švih (initial swing- ISw)
- Medzišvih (midswing- MSw)
- Koncový švih (terminal swing- TSw)

Initial contact reprezentuje 0% až 2% celkového GC. Dochádza tu k okamžitej reakcii tela na začiatok prenosu hmotnosti, ktorá je ovplyvnená momentálnym klbným postavením. V tejto fáze je panva rovná v sagitálnej aj frontálnej rovine. V transverzálnej rovine je dopredu rotovaná o 5 stupňov (Neumannová et al., 2015; Perry & Burnfield, 2010).

Loading response je popisovaná ako fáza dvojitej opory vymedzená počiatočným kontaktom a odrazom palca na kontralaterálnej končatiny, ktorá zaberá 2% až 12% GC (Gage, 1991; Whittle, 2008). Cieľom danej periódy je tlmenie nárazov, adaptácia na vzrastajúce zaťaženie, zachovanie hybnosti a stabilizácia panvy. Ťažisko tela je v najnižšej polohe (Gage, 1991). Zaťaženie DK je sprevádzané progresívnym účinkom na panvu a trup, pričom dopredný posun krížovej kosti (S2) je dvakrát väčší ako posun trupu (Th 10). Ďalšie medzistavcové spomalenie odstraňuje prakticky všetky progresívne účinky na hlavu (Perry & Burnfield, 2010). Po IC dochádza k maximálnej rovnostrannej rotácii panvy a opačnej rotácii horného trupu. M. gluteus maximus je v koncentrickom aj excentrickom pôsobení. Pri koncentrickej aktivácii zrýchľuje pohyb trupu vpred cez bedrový kĺb. Excentricky stabilizuje panvu vo frontálnej rovine a tým minimalizuje kontralaterálny pokles panvy (Neumannová et al., 2015).

Midstance je vymedzený v intervale 12% až 31% GC, vrámci prvej polovice jednoopornej fázy. Podľa Perry (2010) začína v momente, keď sa švihová končatina odlepí od podložky a končí prenesením ťažiska tela nad predonožie stojnej DK. Keďže je to fáza, kedy je celé chodidlo v kontakte s podložkou, jej koniec sa udáva aj momentom zahájenia zdvihu päty stojnej končatiny (Svoboda et al., 2020). Cieľom tejto fázy je stabilizácia stojnej končatiny, panvy a trupu, nakoľko sa pri prenose váhy ťažisko dostáva do maximálnej výšky, spomaluje a prechádza cez opornú bázu (Gage, 1991). Panva v tejto perióde poklesáva vo frontálnej rovine o 5 stupňov na stranu švihovej dolnej končatiny a v transverzálnej rovine sa z pôvodnej rotácie dostáva do neutrálnej polohy a v druhej polovici stredného stoja sa začína rotovať na druhú stranu (Neumannová et al., 2015; Perry & Burnfield, 2010).

Terminal stance v rozsahu 31% až 50% GC, začína zdvihnutím päty od podložky a končí dotykom kontralaterálnej končatiny s podložkou. Ťažisko sa v tejto fáze dostáva plne pred BS a

s jeho vertikálnym znižovaním smerom k švihovej DK dochádza k zrýchleniu jeho pohybu (Gage, 1991; Perry & Burnfield, 2010). Tým sa vertikálny a dopredný posun trupu vráti do neutrálnej polohy, zatiaľ čo jeho laterálna deviácia pretrváva. Na konci tejto fázy je trup maximálne posunutý smerom k opornej končatine. Panva je naďalej stabilizovaná pomocou abduktorov bedrového kĺbu stojnej DK (Perry & Burnfield, 2010).

Preswing je poslednou fázou dvojitej opory v intervale 50 % až 62% GC. Nadväzuje na IC kontralaterálnej končatiny odľahčením doteraz zaťaženej DK, pokračuje rýchlym prenosom váhy na opačnú DK a končí odrazom palca. V tomto období ťažisko opäť klesá na najnižšiu úroveň. Pri odľahčení končatiny panva ipsilaterálne poklesne o 4 stupne a rotuje v sagitálnej rovine (Perry & Burnfield, 2010).

Initial swing je prvou bezoporovou fázou GC. Tvorí 62% až 75% GC. Začína v okamihu odlepenia chodidla od podložky a končí keď švihová DK mína stojnú (Perry & Burnfield, 2010; Svoboda et al., 2020).

Midswing predstavuje 75% až 87% GC. V tomto období sa švihová DK dostáva z maximálnej flexie v kolene do úrovne, kedy je lýtko vo vertikálnom postavení. V súvislosti s pohybom panvy a trupu je to spoločne s IS fázou kľudné prechodné obdobie ako MSt pri stojnej fáze. Transverzálne je panva v rovine. V sagitálnej rovine sa dostáva do retroverzného postavenia (Neumannová et al., 2015; Perry & Burnfield, 2010).

Terminal swing uzatvára chôdzový cyklus v rozmedzí 87% až 100%. V tejto fáze sa končatina pripravuje na čo najoptimálnejšie zahájenie stojnej fázy ďalšieho GC. Na počiatku táto fáza koreluje s konečným stojom na kontralaterálnej DK, ťažisko tým pádom rýchlo klesá z jeho najvyššieho bodu. Na strane švihovej DK pretrváva pokles panvy. Panva sa zároveň dostáva do 3 stupňovej anteverzcie v sagitálnej rovine a maximálnej 5 stupňovej rotácie v transverzálnej rovine (Perry & Burnfield, 2010).

Vařeka et al. (2018) rozdeľuje GC na fázu opornú a švihovú a jeho jednotlivé podfázy chronologicky popisuje nasledovne.

Oporná fáza

Počiatočný kontakt, zvyčajne na päte (Heel Strike), iniciuje obdobie progresívneho zaťaženia (Loading response). Prebieha od 0 do 10 % trvania GC a končí, keď sa dosiahne úplný kontakt chodidla s podložkou (Foot flat). Kontralaterálne vypnutie špičky (opposite Toe Off) nastáva počas nasledujúceho obdobia strednej opory (MidStance), trvajúcej 10 - 30 % GC. Končí sa v momente vypnutia päty (Heel Off). Nasleduje obdobie aktívneho odrazu (Terminal Stance), nazývané aj aktívny propulz, ktoré je v rozmedzí 30 - 50 % GC a končí momentom

kontralaterálneho IC (Opposite initial contact). Oporná fáza sa uzatvára obdobím pasívneho odrazu (PreSwing), ktoré sa končí momentom odopnutia špičky (Toe off) na úrovni 62 % GC.

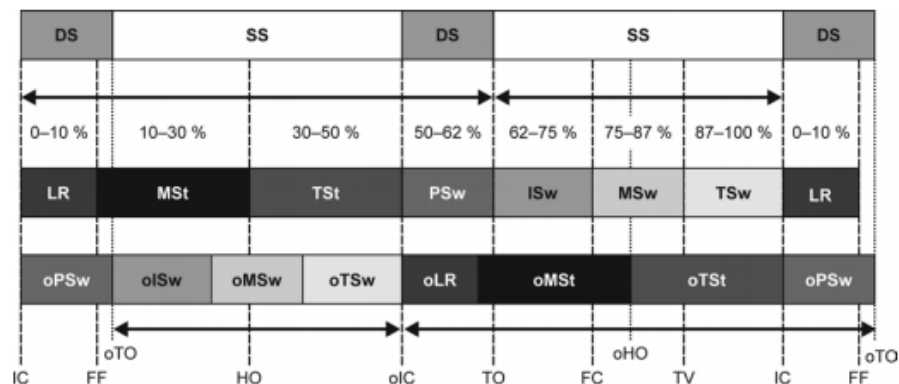
Fáza švihu

Začína sa obdobím počiatočného švihu (Initial Swing; 62 - 75% GC), ktoré prechádza do obdobia stredného švihu (MidSwing; 75 - 87% GC) v čase predchádzania chodidiel (Foot Clearance; 75 % GC). V okamihu vertikalizácie holennej kosti (Tibia Vertical) sa začína obdobie koncového švihu (Terminal Swing; 87 - 100% GC), ktoré je rovnako ako celý krokový cyklus ukončené ďalším IC a začína sa ďalší krokový cyklus danej DK.

Prekrývaním fáz opory oboch dolných končatín vzniká obdobie dvojitej opory (Double Support), ktoré je vystriedané obdobím jednoduchej opory (Single Support).

Obrázok 1

Fázy a obdobia krokového cyklu (Vařeka et al., 2018)



Poznámka. DS = dvojoporná fáza, SS = jednooporná fáza, LR = prenos záťaže, MSt = medzistoj, TSt = koncový stoj, PSw = predšvih, ISw = počiatočný švih, MSw = medzišvih, TSw = koncový švih, oPSw = kontralaterálny predšvih, oISw = kontralaterálny počiatočný švih, oMSw = kontralaterálny medzišvih, oTSw = kontralaterálny koncový švih, oLR = kontralaterálny prenos záťaže, oMSt = kontralaterálny medzistoj, oTSt = kontralaterálny koncový stoj, IC = počiatočný kontakt, FF = plný kontakt chodidla s podložkou, oTo = kontralaterálny odraz palca, HO = zdvih/ vypnutie päty, oIC = kontralaterálny počiatočný kontakt, TO = odraz palca, FC = predchádzanie chodidiel, oHO = kontralaterálny zdvih päty, TV = tibia vertikálne

2.1.2 Časovo-priestorové parametre chôdze

Časovo-priestorové charakteristiky napomáhajú porozumeniu pohybovému vzorcu chôdze a kvantifikácií jeho prípadných asymetrií (Svoboda et al., 2020). Nakoľko časovo-priestorové parametre chôdze odrážajú pri každodenných činnostiach behaviorálne ciele, neurokognitívnu výkonnosť so zohľadneným faktorom prostredia bolo dokázané, že predstavujú klinický ukazateľ starnutia, nakoľko súvisia, pretože súvisia s inými geriatrickými parametrami, stupňom vaskulárneho starnutia a neurokognitívnymi funkciami (Springer & Gottlieb, 2017; Yoon et al., 2021).

V rámci časových parametrov sa pri zaznamenávaní každého došľapu päty a odrazu špičky vypočítava čas kroku (step time) a čas dvojkroku (stride time). Pri priestorových parametroch hovoríme o dĺžke kroku (step length) a dĺžke dvojkroku (stride length). Step time a step length sú definované ako čas a vzdialenosť medzi rovnakými bodmi oboch chodidiel vo fáze dvojitej opory. Stride time a stride length čas dvojkroku sú vymedzené dvoma po sebe nasledujúcimi počiatočnými kontaktami tej istej nohy, preto jeden dvojkrok je rovnako dlhý ako jeden úplný cyklus chôdze (Neumannová et al., 2015; Richards, 2008).

Zároveň možno zistiť čas jednoopornej a dvojopornej fázy kroku. Čas jednoduchej opory a čas dvojitej opory možno definovať ako čas, keď je len jedna noha v kontakte so zemou a čas, keď sú obe nohy v kontakte so zemou. Čas švihu je rovnaký ako čas jednoduchej opory na opačnej nohe. Z týchto informácií možno určiť aj symetriu času jednej opory, času dvojitej opory a času kroku (Richards, 2008).

2.1.3 Kinematická analýza chôdze

Analýza pohybu alebo chôdze sa stala veľmi užitočnou technikou využívanou v klinickej diagnostike, muskuloskeletálnej rehabilitácii, športovej vede a základnom biomechanickom výskume. Tento prístup sa tradične používal výlučne na liečbu neurologických ochorení. Postupne sa však jeho prínosy preukázali aj v iných lekárskejších špecializáciách vrátane chirurgie nohy a pacientov po amputácii dolnej končatiny, nakoľko tieto postupy umožňujú lepšie pochopiť, objektivizovať a kvantifikovať jednotlivé príčiny porúch chôdze a pohybu s cieľom optimalizovať terapiu špecifickú pre pacienta. (Klöpfer-Krämer et al., 2020)

Vývoj kinematických metód sa začal rozvíjať v 80. rokoch 20. storočia. Christian Wilhelm Braune a Otto Fischer zachytili prvú 3D analýzu pohybu segmentov ľudského tela počas chôdze v roku 1890. Trojrozmerné zobrazenie umožňuje sledovať sekvenciu pohybov pomocou dvoch alebo viacerých kamier, pričom od roku 1989 je k dispozícii prvá generácia digitálnych kamier. K vývoju kinematografických vyšetrovacích techník došlo postupom času, keď sa stali dostupnými

pamäťové médiá, ktoré umožňovali zachytenie pohybu, aby sa mohol dlhodobo uchovávať a následne prehrávať počas analýzy (Zahálka & Janura, 2004).

Kinematická analýza sa zaoberá kinematickou stránkou pohybu, ktorá zahŕňa všetky časovo-priestorové závislosti pre jednotlivé segmenty pohybujúceho sa človeka. Jedná sa o trojrozmernú analýzu chôdze, pričom pre priestorové súradnice vybraného bodu treba poznať jeho rovinné súradnice konkrétnej polohy nasnímanej z rôznych pohľadov minimálne 2 kamier. Zo závislosti polohy na čase sa ďalej odvodzuje rýchlosť a zrýchlenie častí tela a z uhlových závislostí sa dajú odvodiť rotačné momenty segmentov (Kalichová et al., 2011; Zahálka & Janura, 2004).

Kinematická analýza má rôzne výhody, vrátane možnosti zaznamenávať pohyb bez zásahu do subjektu, rýchlo vyhodnocovať vykonané pohyby a porovnávať pohyb viacerých osôb naraz (Janura & Zahálka, 2004).

V súčasnosti máme prístup k širokej škále meracích systémov, medzi tie najbežnejšie patria systémy vysokorýchlostné a optoelektronické. Jedným z nich je aj Vicon Vantage V5, ktorý predstavuje systém na snímanie pohybu za pomoci súboru sieťových kamier Vantage, hardvérových zariadení a softvérových aplikácií, ktoré poskytujú digitálno-optické údaje o snímaní pohybu v reálnom čase a offline. V5 je najrýchlejšia kamera v rade Vicon Vantage a výrazne prekonáva podobné kamery na snímanie pohybu v rozlíšení aj rýchlosti. Systém Vantage je namontovaný vo výške 3,5 m, čo poskytuje výrazne väčšie pokrytie v laboratóriu. Je ideálna na snímanie vysokorýchlostných pohybov či na nuansy analýzy chôdze. Kamery na snímanie pohybu Vantage je možné kombinovať s ďalšími aktuálnymi radmi kamier Vicon a podporovanými zariadeniami tretích strán, ako sú napríklad silové plošiny či EMG, a vytvoriť systém, ktorý spĺňa individuálne požiadavky na aplikáciu. Údaje o snímaní pohybu z kamier Vicon Vantage sa prostredníctvom prepínačov pripájajú k hostiteľskému počítaču Vantage, na ktorom sa spúšťajú požadované aplikačný softvér ako Vicon Nexus. Na trojrozmerné zobrazenie vybraných bodov a na lokalizáciu a odstránenie artefaktov v zázname sa v rámci spracovania vykonáva 3D rekonštrukcia. Pre potreby analýzy chôdze je panva väčšinou definovaná pomocou štyroch bodov – pravá a ľavá spina iliaca anterior (SIAS) a spina iliaca posterior (SIPS). Spojením jednotlivých bodov sa vytvoria segmenty, ktoré sú zobrazované ako úsečky zvierajúce medzi sebou uhly v 3 rovinách, čím je vytvorený vybraný model, v tomto prípade panvy (Nandy et al., 2021; Smirnova et al., 2022; Svoboda et al., 2020).

2.2 Menštruačný cyklus

Reprodukčný systém ženy vykazuje pravidelné cyklické zmeny, ktoré možno považovať za prípravu na tehotenstvo a oplodnenie. U primátov a ľudí hovoríme o menštruačnom cykle (MC). V širšom zmysle sa pojem menštruačný cyklus používa na označenie pravidelne sa opakujúcich zmien celého ženského tela. Vonkajším prejavom MC je pravidelné vaginálne krvácanie (menštruácia), ku ktorému dochádza v priemere každých 28 dní \pm 7 dní. Ukazuje sa, že iba 10 až 15 % žien má cyklus presne 28 dní (Grieger & Norman, 2020). Termín menštruácia sa vzťahuje na prebiehajúci ovulačný cyklus. V prípade anovulácie hovoríme o tzv. pseudomenštruácií. U 80 % ovulujúcich žien sa krvácanie objavuje v priebehu 3-6 dní (Reed & Carr, 2018). MC začína v puberte, vo veku od 10 do 16 rokov a končí v menopauze v priemernom veku 51 rokov. V daných obdobiach sú cykly zvyčajne najviac nepravidelné. (Mihm et al., 2011; Pilka, 2017; Thiyagarajan et al., 2022)

MC je dôležitý biologický rytmus, ktorý je prísne kontrolovaný endokrinnými, autokrinnými a parakrinnými faktormi. Riadi špecifické funkcie vaječníkov (vývoj ovariálnych folikulov, ovuláciu, luteinizáciu, luteolýzu), vajíčkovodu (transport oocytov a embryí), maternice (remodeláciu endometria, implantáciu embrya, tehotenstvo a pôrod) a krčka maternice (tehotenstvo a pôrod). Zároveň reguluje činnosť mnohých ďalších orgánov, ako sú adipocyty, cievne bunky a imunitné bunky (J. S. Richards, 2018; Thiyagarajan et al., 2022).

V rámci MC sa pozorujú veľké cyklické výkyvy endogénnych pohlavných hormónov, ako sú estrogény a gestagény. Estrogény majú v organizme ženy trofický a rastový účinok s vplyvom na rozvoj sekundárnych pohlavných znakov a diferenciaciu špecifických cieľových buniek (Čihák, 2013). Gestagény, z toho hlavný progesterón, zodpovedajú za prípravu a udržanie tehotenstva, rozvoj mliečnej žľazy a skrz pôsobenie na hypothalamus zvyšujú bazálnu teplotu tela (Čihák, 2013).

Estrogény a gestagény sú hormóny tvoriace sa na úrovni ovaria. V nadväznosti na deje prebiehajúce na úrovni ovaria sa MC klasicky delí na dve fázy (1) preovulačnú = folikulárnu a (2) poovulačnú = luteálnu. Na úrovni endometria sa popisuje fáza proliferačná a sekrečná. Z toho vyplýva, že pod pojmom menštruačný cyklus sa skrývajú súčasne prebiehajúci ovariálny a endometriálny cyklus. Zároveň sa však popisuje cyklus cervikálny a vaginálny (McNulty et al., 2020; Pilka, 2017).

2.2.1 Fázy menštruačného cyklu a ich vplyv na reprodukčné procesy

Hladina estrogénu má za ideálnych podmienok (28-dňového cyklu) dva vrcholy. Hlavný vrchol nastáva na 13. deň MC, kedy je estrogén tvorený rastúcim folikulom a priamo predchádza ovulácii. Druhý vrchol je v 21. deň MC, kedy je tvorený žltým telieskom. Progesterón sa mierne zvyšuje pred ovuláciou, svoj vrchol však dosahuje päť až sedem dní po ovulácii (Čihák, 2013; Pilka, 2017).

Týmito prechodnými hormonálnymi profilmi fluktuujúceho estrogénu a progesterónu možno bližšie špecifikovať delenie MC na skorú folikulárnu fázu, ktorá je charakterizovaná nízkym estrogénom a progesterónom, ovulačnú fázu, s vysokým estrogénom a nízkym progesterónom a strednú luteálnu fázu, pri ktorej sú vysoké hladiny estrogénu aj progesterónu. Všeobecne sa udávajú 4 fázy MC (Janse De Jonge et al., 2019; McNulty et al., 2020; Mihm et al., 2011; Pilka, 2017).

1, Folikulárna fáza ovariálneho cyklu, pod ktorú na endometriálnej úrovni spadá menštruácia a **proliferačná fáza**, sa v praxi vymedzuje začiatkom menštruačného krvácania a nástupom ovulácie. Z hľadiska hormonálnych zmien sa však začiatok cyklu spája so vzostupom hladiny folikulostimulačného hormónu (FSH), ktorý predchádza samotnému menštruačnému krvácaniu o 2 až 3 dni (Thiyagarajan et al., 2022). Variabilita v dĺžke menštruačného cyklu vzniká v dôsledku rozdielov v dĺžke folikulárnej fázy, ktorá sa môže pohybovať od 10 do 16 dní (Reed & Carr, 2018). Hlavným hormónom počas tejto fázy je estrogén, konkrétne 17-beta-estradiol. K jeho sekrécii dochádza zvýšením hladiny vyššie spomínaného FSH na začiatku cyklu. FSH stúpa vplyvom klesajúcej produkcie steroidov žltým telieskom a dramatickým poklesom inhibínu A počas niekoľkých posledných dní menštruačného cyklu. Keď nastane menštruácia, hladiny FSH začnú klesať v dôsledku negatívnej spätnej väzby estrogénu a negatívnych účinkov inhibínu B produkovaného vyvíjajúcim sa folikulom (Reed & Carr, 2018; Thiyagarajan et al., 2022).

Pre túto fázu sú charakteristické *nižšie teploty* na grafe bazálnej telesnej teploty a na úrovni ovária *vývoj folikulu*, ktorý je schopný ovulácie. Ako už bolo uvedené, folikulogenéza sa začína počas niekoľkých posledných dní predchádzajúceho menštruačného cyklu a trvá až do uvoľnenia zrelého folikulu pri ovulácii. Bežne dôjde k vytvoreniu jedného dominantného folikulu, pričom pre jeho úplné vyzretie v Graafov folikul je potrebný 17-beta-estradiol, ktorý on sám produkuje. Na úrovni maternice 17-beta-estradiol zabezpečuje *rast endometriálnej vrstvy* stimuláciou zvýšeného množstva strómy a žliaz a zvýšením hĺbky špirálových artérií, ktoré zásobujú endometrium (Pilka, 2017; Reed & Carr, 2018; Thiyagarajan et al., 2022).

Táto fáza je tiež rozhodujúca pre vytvorenie výhodného prostredia pre potenciálne prichádzajúce spermie. To sa dosahuje pomocou 17-beta-estradiolu, ktorý vytvorením kanálikov

v krčku maternice umožňuje prístup spermiami. Svoju rolu tu zohráva aj *zvýšená produkcia hojného elastického hlienu* krčka maternice (Herbison, 2020; Thiyagarajan et al., 2022).

Na hormonálne zmeny citlivo reaguje aj dlaždicový epitel pošvy. Preto v tomto období dochádza vplyvom estrogénov k jeho *navrstvovaniu a celkovému zhrubnutiu* (Pilka, 2017).

2, Ovulácia nastáva zväčša 14. deň typického 28-dňového cyklu. V dôsledku dozrievania folikulov a zvýšenej produkcie hormónov sú hladiny 17-beta-estradiolu na konci proliferačného obdobia vysoké. Len v tomto čase môže 17-beta-estradiol stimulovať produkciu FSH a luteinizačného hormónu (LH). Momentálna vysoká hladina FSH a LH sa nazýva vrchol LH, čo je podmienkou ovulácie. Pri ovulácii sú vajíčko s corona radiata vyplavené do peritoneálnej dutiny. Vajíčko adheruje k fimbriám vajcovodu, svalové kontrakcie vajcovodu ho privádzajú do kontaktu s výstelkou a tým začína migrácia vajíčka vajcovodom.

Počiatkové úpravy krčka maternice z folikulárnej fázy pokračujú, čo umožňuje hojnejší a vodnatejší hlien krčka maternice, ktorý lepšie prijíma potenciálne spermie (Pilka, 2017; Thiyagarajan et al., 2022).

3, Luteálna fáza ovariálneho cyklu, korelujúca **so sekrečnou fázou** endometriálneho cyklu, je u všetkých žien relatívne konštantná a trvá 14 dní. Hlavným hormónom počas tejto fázy je progesterón, ktorého sekrécia je stimulovaná prostredníctvom luteinizačného hormónu. Keď sa luteálna fáza blíži k záveru, progesterón negatívnou spätnou väzbou spôsobí pokles uvoľňovania FSH a LH prednou hypofýzou a nakoniec aj 17-beta-estradiolu a progesterónu. Na konci tejto fázy však 17-beta-estradiol a progesterón prevažujú v dôsledku ich *produkcie žltým telieskom*, ktoré vzniká vo vaječníku v mieste prasknutia zrelého folikulu. Ak sa neimplantuje žiadne oplodnené vajíčko, žlté teliesko regreduje a hladiny 17-beta-estradiolu a progesterónu v sére rýchlo klesajú (Critchley, Maybin, et al., 2020; Thiyagarajan et al., 2022).

Na začiatku tejto fázy je endometrium pripravené na potenciálnu implantáciu oplodneného vajíčka. Progesterón stimuluje endometrium s cieľom produkovať viac endometriálnych žliazok a hlienu, ukladať energiu vo forme glykogénu ako aj zväčšiť povrch špirálovitých artérií. Ak nedôjde k oplodneniu, hladiny estrogénov a progesterónu klesajú, čím začnú endometriálne žliazky kolabovať a postupne dochádza k rozpadu endometria. Na 25. až 26. deň MC nastáva vazokonstrikcia špirálovitých artérií, čo vedie k ischémii a rýchlejšej *endometriálnej deštrukcii*. (Pilka, 2017).

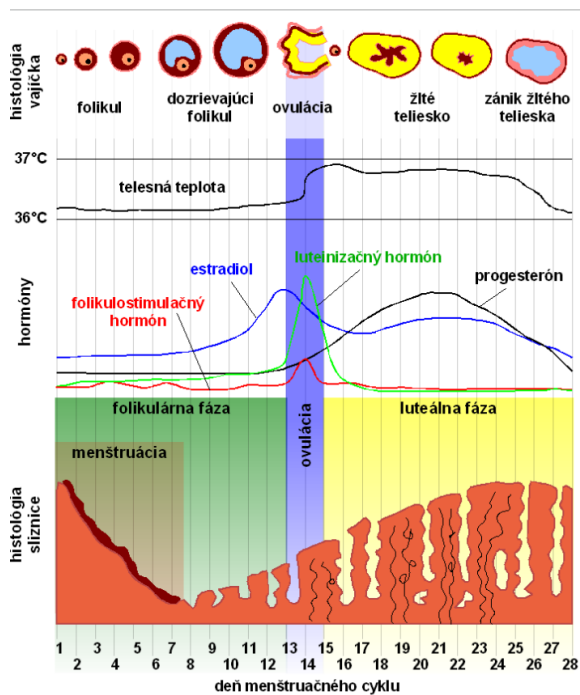
Na úrovni krčka maternice progesterón znižuje a zahusťuje sliznicu, čím sa stáva neelastická, pretože obdobie oplodnenia už pominulo a vstup spermíí už nie je prioritou. Progesterón počas luteálnej fázy tiež *zvyšuje teplotu* hypotalamu, čo spôsobuje zvýšenie bazálnej telesnej teploty (Thiyagarajan et al., 2022).

4) Menštruácia je definovaná ako fyziologické cyklické uvoľnenie a odlúčenie pars functionalis endometria, ktoré je spojené s krvácaním. Samotnému odlučovaniu endometria predchádza jeho degradácia na podklade atrofie špirálovitých artérií endometria. Objem krvi stratenej počas menštruácie je približne 30 ml. Akékoľvek množstvo väčšie ako 80 ml sa považuje za abnormálne (Critchley, Maybin, et al., 2020; Pilka, 2017; Reed & Carr, 2018). Ako bolo už spomenuté vyššie, technicky menštruácia nie je samostatnou fázou, ale je zastrešená proliferačnou fázou ovariálneho cyklu.

Degradácia endometria bola pôvodne chápaná ako pasívny proces vzniklý v dôsledku ischemie. Pilka (2017) popisuje degradáciu extracelulárnej matrix endometria ako aktívny proces, sprostredkovaný proteolytickými enzýmami, kedy prostredníctvom prostaglandínov dochádza ku kontrakciám myometria a vypudzovaniu deštruovanej sliznice. In vitro štúdie dnes ukazujú, že v endometriu sú mechanické vplyvy ešte premenené na biochemické signály. Tieto zistenia naznačujú, že endometrium pasívne získava nové kontraktilné funkcie in vivo pri mechanickej stimulácii myometria. Myometriálne kontrakcie deformujú endometriálnu vrstvu a vyvolávajú peristaltický vnútromaternicový tok tekutiny (Matsuzaki, 2021).

Obrázok 2

Menštruálny cyklus. Zmeny hormonálnych hladín v krvi a bazálnej teploty, histológia maternicového endometria a vajíčka v priebehu 28-dňového menštruálneho cyklu (,Encyklopédia zdravotnej sestry," 2023)



(uvedené hodnoty sú priemerné; môžu sa líšiť medzi ženami i medzi cyklami)

2.2.2 MC a jeho vplyv na mimoreprodukčné procesy

Ako bolo popísané v predošlej kapitole, v priebehu menštruačného cyklu sú ženy vystavené neustále sa meniacemu profilu endogénnych pohlavných hormónov. Okrem ich hlavnej role v reprodukčnej funkcii a kontrole pohlavných znakov, hlavné ženské vaječníkové hormóny, estrogén a progesterón, ovplyvňujú množstvo rôznych fyziologických systémov, kardiovaskulárny, respiračný, nervový či šľachosvalový systém. Zmeny v rámci týchto systémov, ku ktorým dochádza vplyvom zmien hladín hormónov v krvi naprieč menštruačným cyklom, by bolo možné nazvať ako mimoreprodukčné (Blagrove et al., 2020; McNulty et al., 2020).

Mnohé štúdie skúmajú viacúrovňový vplyv MC na telo ženy z pohľadu športového výkonu u žien, nakoľko sa v ňom odrážajú zmeny z viacerých systémov, ako z neuromuskulárneho, tak aj z kardiovaskulárneho a respiračného (McNulty et al., 2020). Výsledky štúdií sú však v tejto súvislosti nejednotné. Najčastejšie sa udáva zníženie silových a aeróbnych parametrov v neskorej luteálnej fáze a zníženie anaeróbnej výkonnosti v neskorej folikulárnej fáze. Neskorá luteálna fáza je tiež jednou z fáz, kedy športovkyne subjektívne vnímajú zníženie výkonnosti (Carmichael et al., 2021; Solli et al., 2020). McNulty et al., (2020) uvádza, že počas včasnej folikulárnej fázy MC dochádza k zníženiu výkonnosti u žien. Rozdiely vo výkonnosti sú však oproti ostatným fázam MC natoľko malé, že z praktického hľadiska pre väčšinu populácie nemajú význam. A v metaanalýze od Blagrove et al. (2020) sa píše, že i keď kolísanie ženských pohlavných hormónov počas MC môže vysvetľovať rozdiely vo fyzickej výkonnosti, silové kvality sú behom MC ovplyvnené len minimálne.

Rovnako sa u žien popisuje vplyv menštruačného cyklu na náladu, vnútornú motiváciu, mieru pozornosti, kvalitu spánku a celkový level energie, to však nikdy nebolo dané do súvislosti so zmenami v prevedení chôdze.

Metaanalýza od Paludo et al. (2022) zhrnula štúdie, ktoré popisujú tieto aspekty ako percepčné zmeny v priebehu MC u atlétiek. Udáva, že vnútorná motivácia a súťaživosť bola u žien vyššia v období ovulácie v porovnaní s folikulárnou a luteálnou fázou MC. Ďalšie štúdie vykazovali poruchu nálady počas predmenštruačnej fázy (neskoršie luteálne obdobie) v porovnaní so strednou fázou cyklu (stredné luteálne obdobie) a pokles energie počas menštruačného obdobia (začiatok folikulárnej fázy) v porovnaní s luteálnou fázou (18.-20. deň). Hofmeister & Bodden (2016) píše, že predmenštruačný syndróm (PMS) označujúci kombináciu fyzických a psychických príznakov vrátane podráždenosti, úzkosti a depresívnych príznakov sa vyskytujú v luteálnej fáze. Možno to pripísať interakcii medzi hormonálnymi výkyvmi a neurotransmiterovými systémami, ako sú serotonín a kyselina gama-aminomaslová (GABA), ktoré sa podieľajú na regulácii nálady. Taktiež sa popisujú zmeny na úrovni sebavnímania žien,

pričom hormonálne zmeny vo folikulárnej fáze sa spájajú so zvýšenou spokojnosťou s vlastným telom (Tiggemann et al., 2020).

Popisuje sa aj spojitosť medzi MC a nadväzovaním sociálnych interakcií. Počas ovulačnej fázy, ktorá je charakterizovaná vysokou hladinou estrogénu, môžu ženy vykazovať zvýšené prosociálne správanie a väčší záujem o sociálne väzby (Haselton & Miller, 2006). Naopak, predmenštruačná fáza sa spája so zvýšeným rizikovým správaním, čo možno pripísať hormonálnym výkyvom ovplyvňujúcim rozhodovacie procesy (Eisenegger et al., 2010).

Zároveň môže mať MC vplyv na kognitívne funkcie. Štúdie ukázali, že hormonálne výkyvy počas menštruačného cyklu môžu ovplyvniť pozornosť, pamäť a výkonné funkcie. Napríklad počas menštruačnej fázy, keď sú estrogény aj progesterón nízke, môžu mať ženy ťažkosti s pozornosťou a pracovnou pamäťou (Solís-Ortiz & González-Pérez, 2020).

Všetky vyššie zmienené percepčné schopnosti sú závislé od levelu energie a spánku. Je známe, že estrogén so svojimi modulačnými účinkami na neurotransmitery ako serotonín a GABA, môže prispievať k zmenám v štruktúre spánku. Štúdie naznačujú, že luteálna fáza, ktorá sa vyznačuje vyššími hladinami progesterónu, môže byť spojená so zníženou kvalitou spánku, zvýšeným počtom prebudení a zmenami v spánku s rýchlymi pohybmi očí (REM). Zároveň sa uvádza, že pri posudzovaní sťažností žien na spánok by sa mala zohľadniť fáza menštruačného cyklu a poruchy súvisiace s menštruáciou (Baker & Lee, 2018).

Podľa Romans et al. (2015) je kvalita spánku u dospelých žien, ktoré nevyhľadávajú lekársku pomoc, štatisticky horšia v predmenštruačnom období, ale veľkosť rozdielu je málo klinicky významná a po zahrnutí potenciálne mäťúcich premenných, vnímaného stresu a sociálnej podpory, už nebola štatisticky významná.

Baker & Driver (2007) vo svojej štúdií, kde odmaskoval cirkadiánne rytmy hormónov a telesnej teploty v rôznych fázach menštruačného cyklu, uvádza zistenia zníženej amplitúdy 24-hodinového rytmu telesnej teploty, prípadne zníženej sekrécie melatonínu a zníženej amplitúdy rytmov kortizolu a tyreotropného hormónu (TSH) v luteálnej fáze v porovnaní s folikulárnou fázou, ktoré naznačujú zníženú amplitúdu endogénneho oscilátora cirkadiánneho pacemakera v luteálnej fáze.

2.3 Ženská panva a jej zmeny v priebehu menštruačného cyklu

2.3.1 *Znaky ženskej panvy a anatomia panvového dna*

Panva predstavuje na kostre ženy významný sekundárny pohlavný znak a ženskej postave udáva jej typický tvar. Ženská panva v porovnaní s mužskou vykazuje tvarové rozdiely.

Udáva sa, že mužská panva je vyššia a užšia, ženská nižšia a širšia, celkovo priestrannejšia (Hájek et al., 2014). Typicky je u ženy symphysis pubica nižšia a arcus pubicus širší. Panvový vchod má u muža tvar srdca (s predozadnou orientáciou) a u ženy je oválny (Netter, 2016). Earls (2021) uvádza, že medio-laterálne miery medzi sedacími hrbolmi, jamkami bedrových kĺbov a cez panvový východ sú väčšie u žien než u mužov. Niektorí autori popisujú aj bispinálnu a biacetabulárnu šírku panvy, pričom, pri bispinálnej sa pozoruje väčší medzigendrový rozdiel ako u biacetabulárnej šírky. Tento rozdiel je čiastočne spôsobený väčšou hlavicou stehennej kosti u mužov, ktorá posúva stred bedrového kĺbu laterálne (Kurki, 2011; Lewis et al., 2017).

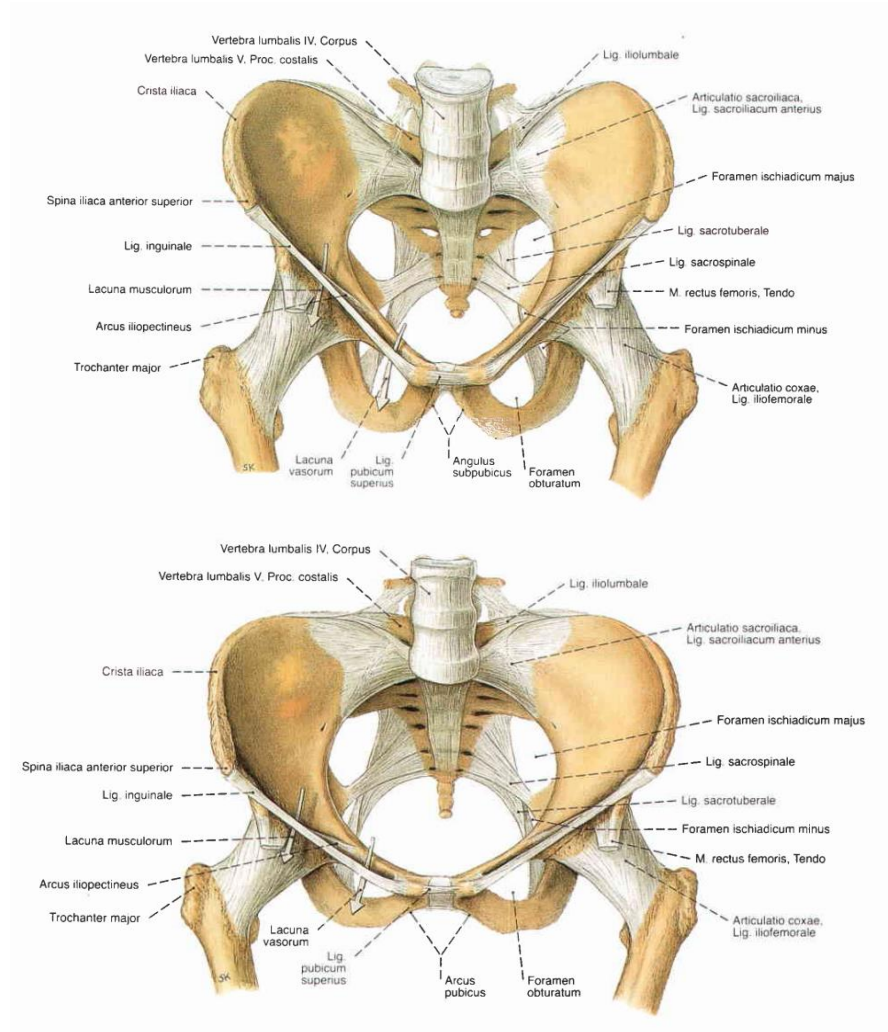
Štúdie naznačujú, že rozdiely v panve medzi mužmi a ženami môžu byť výsledkom hormonálneho vplyvu na rast kostí (Badyaev, 2002; Huseynov et al., 2016; Tague & Lovejoy, 1986). Predpokladá sa, že pohlavne špecifické hormóny počas rastu, ako napríklad testosterón a estrogén, ovplyvňujú morfológiu panvy, pričom u ľudí, kde sú samce o niečo väčšie ako samice, sa trajektórie rastu medzi pohlaviami líšia (Badyaev 2002; Huseynov et al. 2016). Či je to príčinou pohlavne špecifickej morfológie panvy u ľudí zatiaľ nebolo zistené, ale výskum od Huseynov et al. (2016) naznačil, že ženské hormóny v období puberty ovplyvňujú pôrodné rozmery panvy. Lewis et al. (2017) teda udáva, že intersexuálne panvové morfológické rozdiely u ľudí môžu byť výsledkom pôrodných požiadaviek, rozdielov v rastových modeloch alebo kombinácie oboch.

Avšak na základe rozdielných interindividuálnych telesných parametrov a vplyvov prostredia sú aj medzipohlavné rozdiely v parametroch panvy relatívne (Joukal & Horáčková, 2013). K širšej panve môžu totiž inklinovať aj jedinci (chlapci), ktorí boli v detstve obézni, a to na podklade relatívne zvýšenej hladiny estrogénu a nižšej hladiny testosterónu (Novak et al., 2020).

Obrázok 3

Porovnanie anatómie mužskej panvy (vyššie) a ženskej panvy (nižšie), ventrosuperiorný pohľad

(Sobotta et al., 2003)



Panva predstavuje funkčný celok tranzmisného, protektívneho a podporného systému. V rámci tranzmisného systému hrá veľkú rolu fyziologický sklon panvy v stoji – orthoskelia, popisovaný ako *inclinatio pelvis superior*, ktorý u človeka dosahuje 60 stupňov. Panvový sklon je dôležitý zo statického hľadiska, nakoľko dostáva ťažisko tela nad bedrové kĺby. Zároveň má v stoji a pri chôdzi výraznú odozvu v stabilite a funkcii panvového dna (PD). Vzhľadom k sklonu panvy nesie hlavnú váhu panvových orgánov ventrálna plocha malej panvy a predná časť PD, zatiaľ čo zadná časť, ktorá je pomerne slabá je zaťažená minimálne. V tejto súvislosti je panvové dno anatomicky adaptované, nakoľko ho ventrálnie tvorí svalová dvojvrstva a dorzálne prevažne väzivové štruktúry (Dylevský et al., 2000; Hájek et al., 2014).

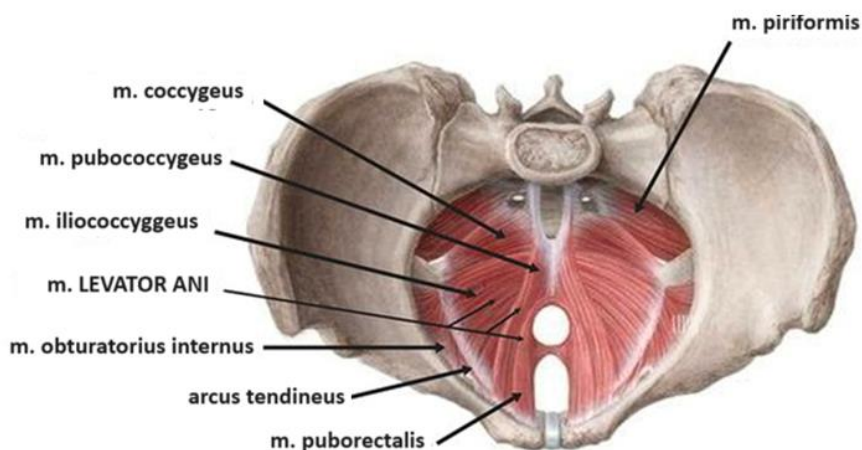
Protektívna a podporná funkcia panvy je daná silou a mechanickou odolnosťou panvových stien, kedy sa okrem prvého krížového stavca, ktorý priamo preberá váhu trupu, väčšina vertikálneho tlaku intraabdominálneho stĺpca rozkladá na vnútorné fossae iliacae a rami ischiopubici. To má následne vplyv na panvové orgány, ktoré jednak nie sú preťažované orgánmi ležiacimi nad nimi a zároveň ich kopulovitým tvarom s konvexitou smerom nahor, im je umožnené distribuovať sily prichádzajúce zhora do stran ku kotviacej panve a kaudálne k panvovému dnu (Dylevský et al., 2000; Kapandji, 2007; Neumann et al., 2017). Podľa najnovších štúdií, je tlak vyvolávaný na panvové dno ovplyvnený aj šírkou panvy, pričom s narastajúcou plochou PD sa tlak rýchlo zvyšuje (Stansfield et al., 2021).

Panvové dno

Anatomicky sa za vlastné panvové dno považuje diaphragma pelvis, ktorá predstavuje nálevkovitú prepážku oddeľujúcu perineum od obsahu panvovej dutiny. Tvoria ju m. coccygeus a m. levator ani, ktorý odstupuje od väzivového pruhu arcus tendineus musculi levatoris ani a delí sa na m. iliococcygeus, m. pubococcygeus a m. puborectalis (Krhovský, 2011).

Obrázok 4

Ženské panvové dno- hlboká vrstva - pohľad zhora („Kenhub,“ 2023).

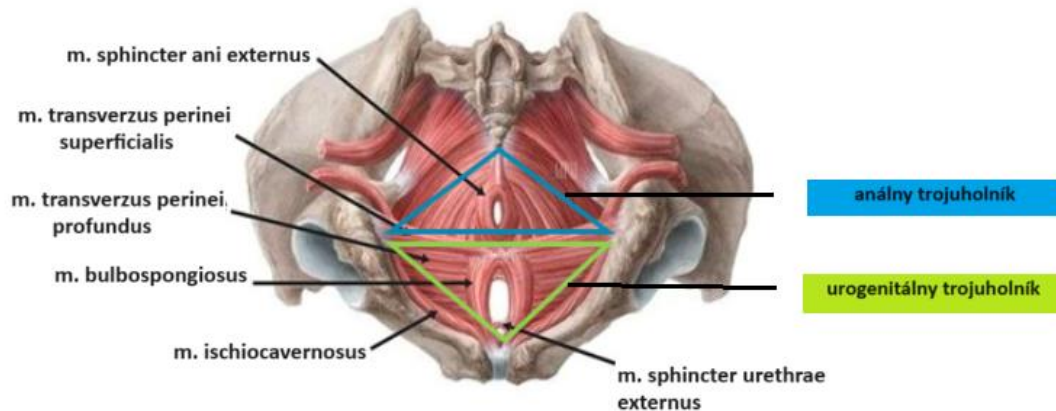


Perineum sa typicky delí na dva trojuholníky - urogenitálny a análny, medzi ktorými sa v strednej čiare nachádza centrum tendineum perinei. V urogenitálnom trojuholníku je tvorené väzivovou perineálnou membránou s hlbokým a povrchovým perineálnym vakom. Zastaralejším názvom danej štruktúry je diaphragma urogenitale. Hlboký perineálny vak je tvorený svalmi m. transversus perinei profundus, m. compressor urethrae, m. sphincter urethrovaginalis, m. sphincter urethrae externum. Povrchový vak obsahuje m. ischiocavernosus, bulbospongiosus

(bulbocavernosus) a m. transversus perinei superficialis upnutý v centrum tendineum perinei, ktoré stabilizuje, robí z neho kotvu pre m. levator ani (Drake, 2019; Chaurasia, 2004).

Obrázok 5

Ženské panvové dno- všetky vrstvy- pohľad zdola (Drake, 2019)



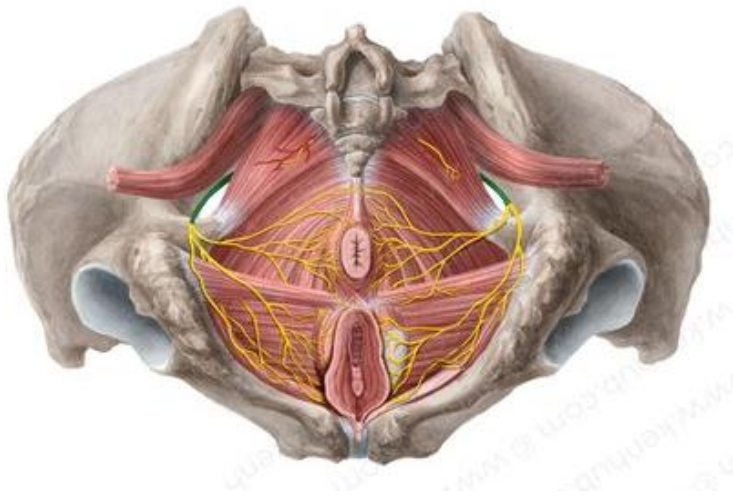
Z funkčného hľadiska panvové dno možno rozdeliť do troch skupín, vrstiev, na základe ich úrovne zapojenia. Funkčné zapojenie svalových skupín PD však presne nekoreluje s ich anatomickým popisom.

- Hlboká vrstva, vejárovito rozprestrená medzi lonovou kosťou a bedrovými kĺbmi, je súčasťou hlbokého stabilizačného systému, podieľa sa na podpornej a posturálnej funkcii PD. Jedná sa o čisto ľudskú funkciu PD, viazanú k vzpriamenej chôdzi. Jej aktiváciou dochádza k napriamaniu panvy a jej prepojeniu s hlbokými stabilizátormi driekovej chrbtice a s bránicou. Nakoľko je fylogeneticky najmladšou vrstvou, je najzraniteľnejšia. Anatomicky zodpovedá svalom diaphragmy pelvis - m. levator ani a m. coccygeus (Skalka, 2002).
- Stredná vrstva, s laterolaterálnym ťahom a hviezdovitým vyžarovaním od centra hrádze, je zapojená do stabilizácie panvy a bedrových kĺbov. Má vplyv na tonus dolných končatín a funkciu nohy, zodpovedá za pružnosť chôdze. Dysfunkcia tejto vrstvy vedie k zlej tolerancii chôdze po tvrdom povrchu, ku kolapsu nožných klenieb, prípadne ku tvorbe kladivkových prstov alebo hallux valgus. Anatomicky sa pripodobňuje k svalovo-väzivovej diaphragma urogenitale (Skalka, 2002).
- Povrchová vrstva, tvorená svalmi s predozadným ťahom sa učastní sfinkterovej funkcie. Jej primárnou funkciou je kontrola močenia a defekácie. Do posturálnej funkcie sa zapája najmenej, dochádza však k jej aktivácii pri zvýšení vnútrobrušného tlaku, ako napríklad pri kašli (Skalka, 2002).

Krhovský (2011) udáva, že diaphragma pelvis a diaphragma urogenitale sú komplexné funkčné jednotky, stretávajúce sa v kľúčovom uzlovom bode PD, v centrum perineale. Každá má svoju špeciálnu funkciu i inerváciu. M. levator ani je inervovaný krátkymi motorickými vetvami, ktoré vstupujú do jednotlivých častí svalov priamo z koreňov plexus sacralis S3-S5. Diaphragma urogenitale s m. sphincter ani externus majú spoločný embryologický základ a inerváciu z nervus pudendus S2-S4, čo zodpovedá parasymptatickej inervácii pre pošvu, cervix uteri a ovaria.

Obrázok 6

Inervácia panvového dna, žltou- nervus pudendus, pohľad zdola, („Kenhub,“ 2023)



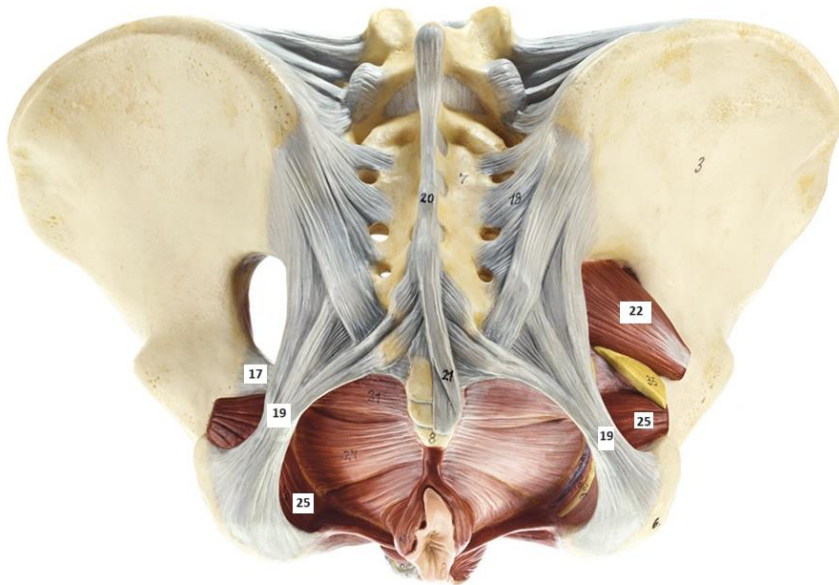
V nadväznosti na panvové dno je dôležité spomenúť aj párové ligamenta, lig. sacrospinale (SSL), lig. sacrotuberale a svaly, m. obturatorius internus a m. piriformis, ktoré sa podieľajú na tvorbe laterálnych stien panvy. Spoločne so svalmi panvového dna vplývajú na mobilitu bedrových kĺbov a panvy ako celku (Dimon et al., 2017; Drake, 2019).

Na panvové dno treba pozeráť ako na vzájomne previazaný systém zložený zo svalových, spojivových a nervových komponentov, z ktorých najzraniteľnejšie sú spojivé tkanivá.

Z vyššie uvedeného vyplýva, že komplexné problémy nemožno riešiť monotematicky urologicky, gynekologicky alebo proktologicky, ale „pelvip erineologicky“ (Krhovský, 2011).

Obrázok 7

Ženské panvové dno, vybrané ligamentózne-svalové komponenty, pohľad zozadu
(„SOMSO®," 2023)



Poznámka. 17- ligamentum sacrospinale, 19- ligamentum sacrotuberale, 22- musculus piriformis, 25- musculus obturatorius internus

2.3.2 Panvové dno ženy v priebehu MC

Doterajšie výskumy naznačujú, že prítomnosť androgénnych a estrogénových receptorov v kostrovom svalstve spôsobuje, že hormonálne zmeny menštruačného cyklu ovplyvňujú silu a odolnosť kostrového svalstva (Lemoine et al., 2003; Phillips et al., 1996). Testosterón má priamu súvislosť s prírastkom svalovej hmoty, objemu a maximálnej voľnej sily u mužov, avšak jeho účinky na kostrové svaly žien sú zatiaľ málo známe (Ho et al., 2004; Lee et al., 2003).

Napriek tomu je už zistené, že pokles hladiny estrogénov, ku ktorému dochádza behom klimakteria, respektíve behom menštruácie, je spojený so slabosťou svalov panvového dna (PD) a v dôsledku toho s možným vznikom urogynekologických dysfunkcií vrátane urgentnej inkontinencie (Silva & Karram, 2004; Talasz et al., 2008). Zároveň sa udáva, že estrogén, ktorý spôsobuje zvýšenú laxicitu väzov a jeho hladiny sú najvyššie v období ovulácie, má anabolické účinky na svalstvo, čo by mohlo viesť k zvýšeniu svalovej aktivity panvového dna, za účelom kompenzácie stavu vyššej mobility panvy (Talasz et al., 2008; Zazulak et al., 2006).

Micussi et al. (2015) vo svojej štúdií udávajú, že ženy majú počas luteálnej fázy lepší svalový tonus. Svalový tonus a maximálna voľná kontrakcia silne korelovali s hladinou estradiolu v 7. deň MC a svalový tonus koreloval s hladinou testosterónu na 21. deň menštruačného cyklu.

2.3.3 Funkčná anatómia ženských reprodukčných orgánov

MATERNICA

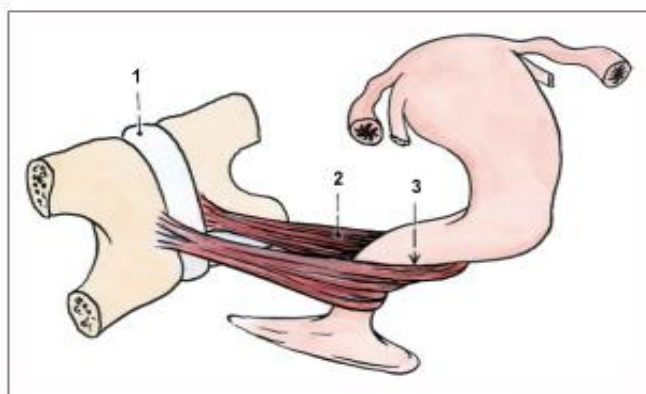
Maternica je orgán hruškovitého tvaru s priemernou dĺžkou 7.5 cm, šírkou v oblasti bázy 5cm a hrúbkou 2.5 cm v premenopauze (K. M. Myers & Elad, 2017). Medzi jej telom a čípkom sa, v prípade prázdneho mechúra, popisuje tzv. uhol anteflexie v hodnote 125° a 90-stupňový uhol anteverzcie, ktorý zvierá pozdĺžna os maternice s pozdĺžnou osou vagíny. Pozdĺžna os maternice zodpovedá osi panvového vstupu a pozdĺžna os vagíny osi panvovej dutiny a panvového výstupu. Obe pozdĺžne osi sú paralelné so zakrivením krížovej kosti. S umbilikokokcygeálnou osou maternica zvierá uhol 60° (J.-P. Barral & Mercier, 2006; Chaurasia, 2004).

Maternica je anatomicky a funkčne úzko prepojená s peritoneom, pričom peritoneum pokrývajúce prednú časť maternice svojim záhybom vytvára excavatio vesicouterina a jeho prechodom zo zadnej časti maternice na rectum vzniká excavatio rectouterina, Douglasov priestor. Plynulým pokračovaním peritonea vo frontálnu abdominálnu duplikatúru vznikajú ligamenta lata uteri, ako mesometrium odstupujúce od bočných strán maternice k obojstranám malej panvy. Dané ligamenta rozdeľujú panvovú dutinu na preuterinnú a retrouterinnú a prepájajú maternicu s panvovým dnom (J.-P. Barral & Mercier, 2006; K. M. Myers & Elad, 2017; Sobotta et al., 2018).

Maternica je udržiavaná vo svojej polohe prostredníctvom podporného a závesného aparátu. Do podporného aparátu zaraďujeme svalstvo m. levator ani, z ktorých hlavnú úlohu zohráva m. pubovaginalis (Roch et al., 2021; Sobotta et al., 2018).

Obrázok 8

Fixácia maternice prostredníctvom m. pubovaginalis (Čihák, 2013)



Poznámka. 2,3- m. pubovaginalis

V súvislosti so závesným aparátom, nazývaným aj parakolpium, sa formulujú viaceré modely, pričom dnes za najaktuálnejšiu sa považuje tzv. integrálna teória podľa Petrosa (2010). Tá popisuje endopelvickú fasciu (EF) ako elastický skelet pre orgány malej panvy. Predstavuje neustále sa prestavujúcu štruktúru tvorenú najmä elastickými a kolagénovými vláknami, spolu s bunkami hladkej svaloviny v posteriornej oblasti EF pri recte, ktorá do veľkej miery reaguje na hormonálne zmeny (Hirata et al., 2011; Petros, 2010). Najčastejšie sa tieto zmeny popisujú v tehotenstve či v období menopauzy, kedy vplyvom zníženia hladín estrogénu a progesterónu dochádza k degradácii kolagénu typu I., a tak k znižovaniu integrity mäkkých tkanív panvovej dutiny (Bhattarai & Staat, 2018).

Endopelvická fascia na rôzne ťahy a tlaky v panvovej dutine reaguje svojou reštrukturalizáciou, pričom pri trvalejšom napätí dochádza k jej kondenzácii, a tak behom vývoja vznikli špecifické ligamenta (Krhovský, 2011; Roch et al., 2021). Nejedná sa však o fascie a ligamenta v zmysle muskulárnych a skeletálnych štruktúr. EF sa skôr podobá mesenteriu a obdobne ako mesenterium obsahuje nervovo- cievne zväzky (Wein et al., 2020).

Zároveň sa v tejto súvislosti líši nomenklatúra rôznych autorov. Krhovský (2011) popisuje fasciálne oblasti upevňujúce uterus ako perimetrium a analogicky závesný aparát vagíny ako parakolpium. Podľa Sobotta (2018) závesný aparát v okolí maternice sa nazýva parametrium a jeho zahustením vznikajú párové parametrálne ligamenta.

Lig. cardinale uteri (transverzum cervicis)- odstupuje od bokov istmu a cervixu maternice laterálne k panvovej stene, subperitoneálne vytvára osu otáčania do anteverzie a retroverzie maternice

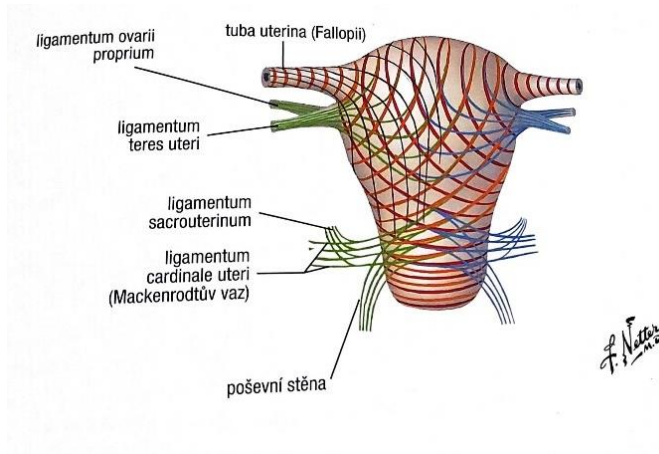
Lig. sacrouterinum (rectouterinum)- odstupuje z bokov cervixu maternice dozadu na sacrum

Lig. vesicouterinum- odstupuje od okrajov maternice dopredu k močovému mechúru a prostredníctvom ligg. pubovesicales na symfýzu

Lig. teres uteri- dlhý 4-5 mm, prestúpený hladkou svalovinou, odstupuje od rohov maternice, prebieha pod peritoneom lig. latum uteri a prechodom cez trieslový kanál sa upína do labia majora, do veľkej miery stabilizuje maternicu v jej anteverznom postavení, ktoré pri zvýšení intraabdominálneho tlaku zabranuje jej herniácii (Čihák, 2013; Sobotta et al., 2018).

Obrázok 9

Parametrálne väzy maternice (Netter, 2016)



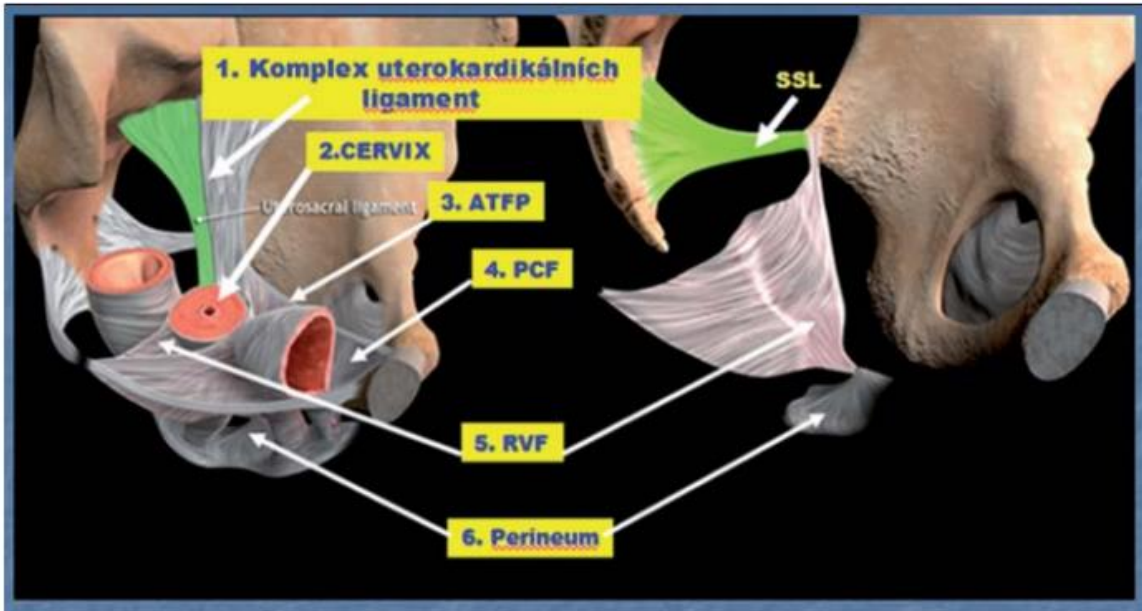
Podľa integrálnej teórie patrí medzi štruktúry EF zaisťujúce polohu panvových orgánov:

- 1) **Uterosakrálne ligamentum (USL)**- najdôležitejšia štruktúra, zaisťujúca záves 1. etáže pošvy (viz nižšie). Pruhy hladkej svaloviny, prebiehajúce v USL sú označované ako m. rectouterinus. Súčasťou USL je tiež zostupná vetva uterinnej artérie. Defektné USL je príčinou poklesu maternice alebo apexu pošvy (Krhovský, 2011).
 - 2) **Cervikálny prstenec**- kolagénová kotva, miesto odstupe kardinálnych, uterosakrálnych ligament a pubocervikálnej a rektovaginálnej fascie
 - 3) **Arcus tendineus fasciae pelvis (ATFP)**- párové ligamentum odstupujúce od os pubis k spina ischiadica (porucha-paravaginálny defekt-cystokéla)
 - 4) **Pubocervikálna fascia (PCF)**- čisto kolagénová štruktúra, laterálne vychádza z ATFP a plošne prechádza dorzálnym smerom, kde splýva s cervikálnym prstencom a kardinálnym ligamentom (transverzálny defekt- vysoká cystokéla)
 - 5) **Rektovaginálna fascia (RVF)**- trojuholníkovo sa rozprestiera v oblasti rektovaginálneho septa, proximálne od cervikálneho prstenca, distálne od vrcholu centra perineale k spina ischiadica, sieť kolagenových, elastických/ elastínových vlákien spolu s hladkou svalovinou a adipóznym tkanivom, v laterálnej časti zhrubnutejšia v porovnaní so strednou časťou (porucha – rektokéla, zadná enterokéla) (Stecco et al., 2005)
- Centrum perineale (perineal body – PB)**- fibromuskulárny pyramídový útvar s bázou medzi análnym otvorom a vaginálnym vchodom a s vrcholom v oblasti dolnej a strednej tretiny zadnej pošvovej steny; úponové miesto pre distálnu časť vagíny, anu a svalov PD; v súvislosti s úponom svalov je rozdeľované na inferiornú časť s úponom m. bulbospongiosus, m. perinealis transversus superficialis a externý análny sfinkter;

strednú časť s úponom m. transversus superficialis, m. puboperinealis a m. puboanalis a svaly vnútorného a vonkajšieho análneho zvierča; superiornú časť s úponom vnútorného análneho zvierča a časti svalov m. pubovaginalis a m. puboanalis (porucha- distálny typ rektokély) (Krhovský, 2011; Larson et al., 2010; Roch et al., 2021).

Obrázok 10

Štruktúry EF zaisťujúce polohu panvových orgánov (Krhovský, 2011)

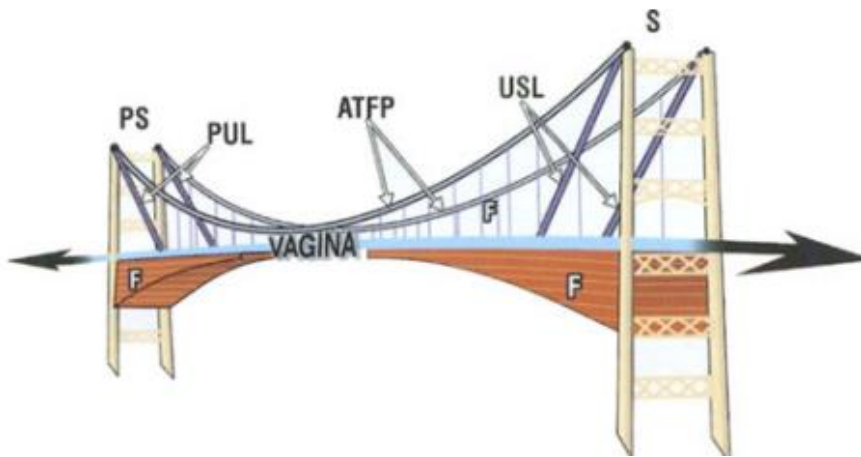


Poznámka. ATFP - arcus tendineus fasciae pelvis, PCF - fascia pubocervicalis, RVF - fascia rectovaginalis, SSL- ligamentum sacrospinale

Biomechanika endopelvickej fascie sa často prirovnáva k húpajúcim sa sieťam či k obrazu závesného mostu. Daný koncept poukazuje na vzájomnú spoluprácu PD a EF, kedy v prípade optimálneho tonu PD je zaistená adekvátne podpora panvových orgánov a štruktúry EF nie sú preťažované (Bhattarai & Staat, 2018). V skutočnosti, vagína je zavesená presne ako visutý most, s väzmi hore a svalmi PD dole. Štruktúry EF, ligamenta, na obrázku reprezentované ako kovové laná, cez svoje adekvátne napätie v kooperácii s ťahmi svalov PD, zabezpečujú napätie a formu pošvy (Petros, 2010).

Obrázok 11

Vyobrazenie biomechaniky EF pomocou „závesného mostu“ (Petros, 2010)



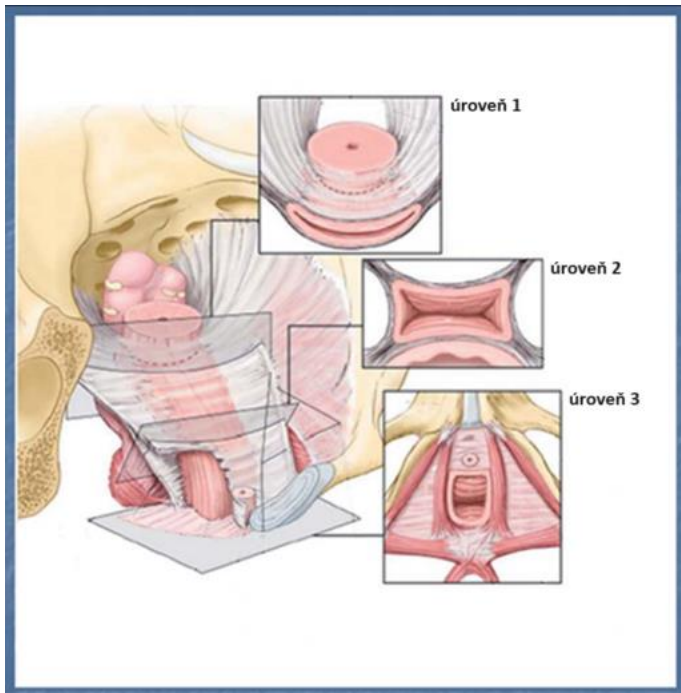
Poznámka. F - panvové dno - šípky znazorňujú smer ťahu , PS - symphysis pubica , PUL – pubouretrálne ligamenta , ATFP - arcus tendineus fasciae pelvis, USL - uterosakrálne ligamenta , S – sacrum

Pošva predstavuje ústredný orgán ženskej panvy, ktorý prostredníctvom parakolpia rozdeľuje panvu na predný a zadný kompartment. Vďaka tomu optimálne napätie pošvy a parakolpia, udávajúce pošve funkciu elastickej membrány, vplýva na správne fungovanie ostatných orgánov malej panvy (Krhovský, 2011). Ako bolo už vyššie spomenuté napätie pošvy je zaistené jej závesným aparátom (parakolpiom), a to sa rozdeľuje do 3 etáží:

1. Jej úpon je sprostredkovaný cervikálnym prstencom. Spolu s hornou tretinou pošvy a dolným segmentom maternice je cez komplex uterosakrálnych a kardinálnych ligament i snopcov hladkovej svaloviny m. rectouterinus prepojená so sakroiliakálnymi skĺbeniami, m. piriformis a m. coccygeus. Z toho plynie kraniodorzálny vektor pôsobenia danej etáže na pošvu, a teda jej fixácia v pozdĺžnej ose. Zabraňuje tak prolapsu maternice či vaginálneho apexu a pošvejnej everzii. Štrbina pošvy je v danej etáži priečneho, miskovitého tvaru (Bhattarai & Staat, 2018; DeLancey, 1992; Krhovský, 2011).
2. Upevňuje strednú časť pošvy k laterálnym stenám malej panvy pomocou PCF a RVF, ktoré v proximálnej polovici splývajú v ATFP. Tá predstavuje základnú nosnú štruktúru fixujúcu pošvu v priečnej ose a vďaka jej dvom ramenám udáva pošvejnej štrbine motýľovitý tvar.
3. Udáva prepojenie distálnej časti vagíny s centrum perineale, svalmi m. levator ani a perineálnou membránou. Ostium vaginae je v tvare písmena U (DeLancey, 1992; Krhovský, 2011).

Obrázok 12

Vytváranie závesného aparátu pošvy v jednotlivých etážach (DeLancey, 1992).



Na princípe závesného aparátu sa ukazuje mechanické prepojenie medzi viscerálnou a muskuloskeletálnou kinematikou (Roch et al., 2021). Ramin et al. (2016) popisuje teóriu fasciálnej anatomickej continuity, ktorá prepája trup, panvové dno a región lumbálnej chrbtice, čo vysvetľuje koreláciu klinickej symptomatológie daných oblastí. Panvové orgány sa pohybujú dvojm spôsobom. Ich vnútornými pohybmi-motilita a prostredníctvom tlaku a tahu okolitých orgánov-mobilita. K tomu je nutné aby endopelvicá fascia bola dostatočne elastická.

VAJCOVOD

Vajcovod je párový intraperitoneálny orgán, ktorý slúži k transportu oocytov z vaječníc do maternice a zároveň je miestom oplodnenia a skorého vývoja embrya.

Smerom od ústia maternice sa funkčne rozdeľuje na **pars uterina**, **isthmus tubae uterinae**, kde je zvláňajúca svalovina a mieri naprieč k bočnej stene malej panvy, **ampulla tubae uterinae**, kde zahýba smerom dozadu a nahor, **infundibulum uterinae**, ktoré sa in situ sklápajú dorzolaterálne k ovariu spolu s **fimbriae tubae uterinae** a jednou **fimbria ovarica**, ktorá býva prirastená k ovariu. Vajcovod je pripojený k hornému okraju lig. latum uteri tenkým peritoneálnym závesom-**mesosalpinx**, ktorého dva peritoneálne listy sú pokračovaním

peritonea z prednej a zadnej plochy lig.latum. Vajcovod pravej a ľavej strany je zhora krytý kľučkami tenkého čreva, ktoré súčasne prehŕňajú mesosalpinx cez ovarium, čím sa znižuje priestor, kam sa z ovaria dostáva vajíčko pri ovulácii. Vpravo sa s vajcovodom môže stykať apendix, v prípade jeho panvovej polohy, vľavo časť colon sigmoideum (Čihák, 2013; Hudák et al., 2015).

VAJEČNÍK

Vaječník patrí medzi ženské pohlavné žľazy. Jedná sa o párový intraperitoneálny orgán, obsahujúci vajíčka vo folikuloch a viaceré steroidné a polypeptidové hormóny. V rámci peritoneálnych obalov vajíčka rozlišujeme **mesovarium**, pripájajúce sa k zadnej časti lig. latum uteri, **lig. suspensorium ovarii**, prepájajúci tubariálny pól vajíčka s laterálnou stenou panvy a **lig. ovarii proprium**, prepájajúci uterinný pól ovaria k rohom maternice. Udáva sa prepojenie medzi uterinným pólom ovaria a panvovým dnom (Čihák, 2013; Chaurasia, 2004).

Dolný pól ovaria nazývaný aj maternicový pól je prepojený s panvovým dnom. Bočná časť lig. latum uteri, ktorá sa tiahne od infundibula vajcovodu a horného pólu vaječníka až po vonkajšie iliakálne cievy, tvorí výrazný záhyb známy ako závesný väz vaječníka alebo **infundibulopelvickej väz**. Obsahuje vaječníkové cievy a nervy (Chaurasia, 2004).

Pozícia vaječníka je variabilná. U nullipary je vo vertikálnej polohe, u multipary vplyvom ťahu tehotnej maternice sa dostáva do horizontálnej polohy. V rámci zmien polohy sa môže vyskytnúť retencia ovaria v priebehu jeho zostupu a dostane sa napríklad do inkuinálneho kanála či veľkého pysku ohanbia. Čo sa týka počtu, existujú rôzne variácie ovaria ako nadpočetné ovarium, hypoplazia ovaria či chýbajúce ovarium. Ovarium môže chýbať jedno aj obojstranne, čo sa nazýva gonádová dysgenéza (Čihák, 2013).

2.3.4 Fyziológia ženských reprodukčných orgánov v priebehu MC

MATERNICA

Mobilita, motilita a kontraktilita maternice

V zmysle mobility je maternica veľmi pohyblivá a jej aktuálna poloha závisí od distenzie okolitých orgánov, fázy menštruačného cyklu či tehotenstva. Slabými pohybmi reaguje aj na diaphragmatické dýchanie. Pri silnom nádychu a výdychu sa u mladých žien môže hýbať až o 2 cm, čo možno pozorovať behom hysterosalpingografie.

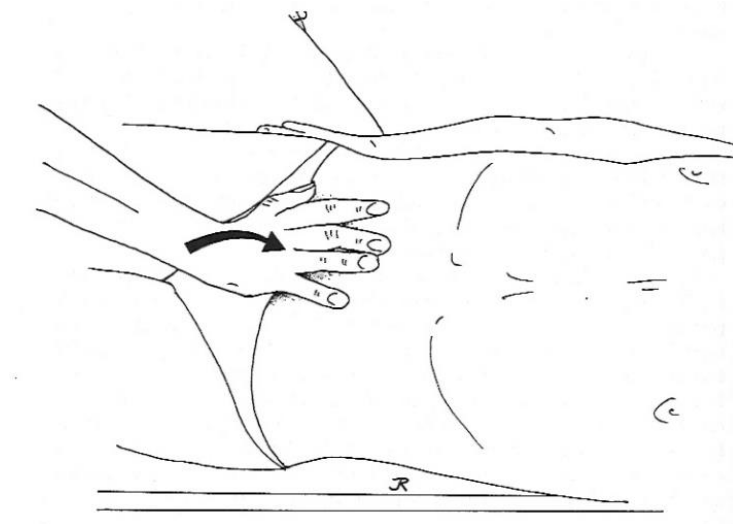
Poloha maternice sa definuje k mediosagitálnej rovine, kedy telo a fundus leží zhora na močovom mechúre. Existujú viaceré deviácie polohy maternice ako vnútorná deviácia

s výraznou anteflexiou či retroflexiou a retroverziou celej maternice, ktorá udáva predpoklad k jej prolapsu. V prípade retroverzie maternice u mladých žien dochádza k zmene jej polohy pred a po každej menštruácii. V súvislosti s polohou a pohyblivosťou maternice možno spomenúť faktor jej rozťažnosti, kedy do ôsmeho mesiaca tehotenstva jej vrchol vystúpi až do polovice vzdialenosti medzi processus xiphoideus a pupkom (J. P. Barral et al., 1993; Barral & Mercier, 2006).

Z pohľadu orgánovej motility (expíria) sa maternica pohybuje dozadu a následne smerom nahor, ako behom embryogenézy. Daný pohyb možno palpačne vyšetriť, viz. obrázok 10. (Barral & Mercier, 2006).

Obrázok 13

Test motility maternice (Barral & Mercier, 2006)



Poznámka. Dlaň položená na pubickej symfýze sa v expíriu pohybuje prstami smerom dozadu, dorzum ruky smeruje nahor k pupku a hrana zápästia je vedená dopredu.

V závislosti od fáz menštruačného cyklu, maternica vplyvom hormonálnych zmien vykazuje kontraktilnú funkciu, kedy sa mení frekvencia a smer tzv. peristaltiky maternice. Predpokladá sa, že tieto pohyby sú regulované sekréciou estrogénu a progesterónu a zohrávajú úlohu vo veľmi skorých štádiách reprodukcie a pri vypúšťaní menštruačnej krvi. Peristaltika maternice je najaktívnejšia počas periovulačnej fázy a po ovulácii (v luteálnej fáze) takmer vymizne. To znamená, že estrogén stimuluje myometriálnu aktivitu, zatiaľ čo progesterón ju tlmí a potenciálne napomáha zahniezdeniu vajíčka (Myers & Elad, 2017).

Rozlišujú sa tri typy peristaltických kontrakcií maternice: cervikofundálne kontrakcie, fundocervikálne kontrakcie a isthmické kontrakcie. Dominantný smer peristaltiky je retrográdny

(od cervixu k fundu) počas periovulačnej fázy a anterográdny (od fundu k cervixu) počas menštruácie. Isthmické vlny sa spolu s cervikofundálnymi kontrakciami o klesajúcej frekvencii vyskytujú počas luteálnej fázy (Kunz & Leyendecker, 2002).

Uvádza sa, že prebehne 1-5 kontrakcií za minútu v smere od cervixu k fundu v období proliferatívnej a sekrečnej fázy, a naopak od fundu k cervixu 0.5-2.5 kontrakcií o širšej amplitúde v priebehu menštruácie. Počas menštruácie veľkosť intrauterinného tlaku pri kontrakciách myometria dosahuje hodnôt až 200 mmHg (27 kPa) (Eytan et al., 1999).

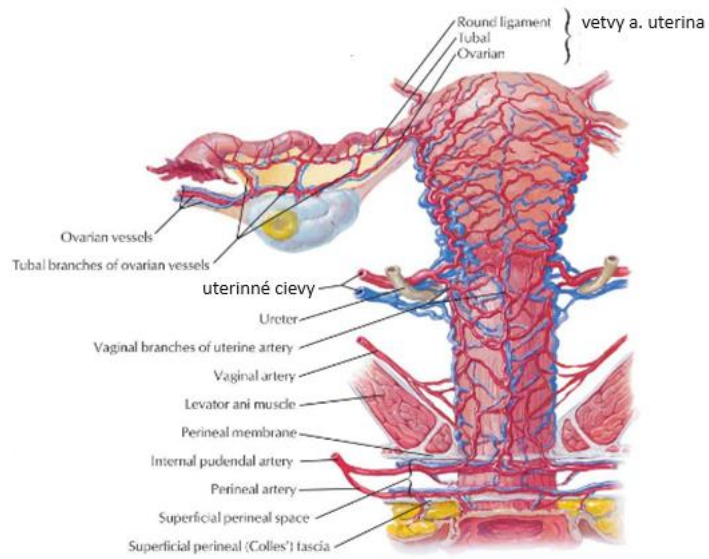
V súvislosti s vyššou myometriálnou kotraktilitou pred ovuláciou dochádza aj k zvýšenej absorpcii intersticiálnej tekutiny a maternica sa stáva v tejto fáze ťažšou. Naopak v luteálnej fáze myometrium nastáva hypotonické a s tým súvisí aj vyššia amplitúda kontrakcií (J. P. Barral et al., 1993).

Prietok krvi maternicou v priebehu MC

Maternica je prekrvovaná najmä z maternicovej tepny, ktorá vychádza z prednej časti vnútornej iliackej tepny (Netter, 2016). V panve prebieha vo vnútri bázy lig. latum uteri mediálnym smerom a v rámci neho delí na zostupnú a vzostupnú časť. Zostupná časť vedie ako a. vaginalis k stene pošvy (Čihák, 2013). Vzostupné vetvy prebiehajú pozdĺž maternice a prechádzajú anteriorne od močovodu. V myometriu maternice sa maternicové tepny ďalej rozvetvujú a vznikajú radiálne tepny, ktoré vychádzajú z oblúkových tepien a smerujú k endometriu, z ktorých sa potom stávajú špirálové tepny (Sharma et al., 2013). Časť krvného zásobenia maternice pochádza z ovariálnych artérií, ktoré anastomozujú s hornými vetvami maternicových artérií v lig. latum (Drake, 2019). Priebeh a. uterina je v mladosti rovný, u nullipary mierne vlnovitý a multipar silne vinutý, jako dôsledok striedavých zmien veľkosti maternice (Čihák, 2013).

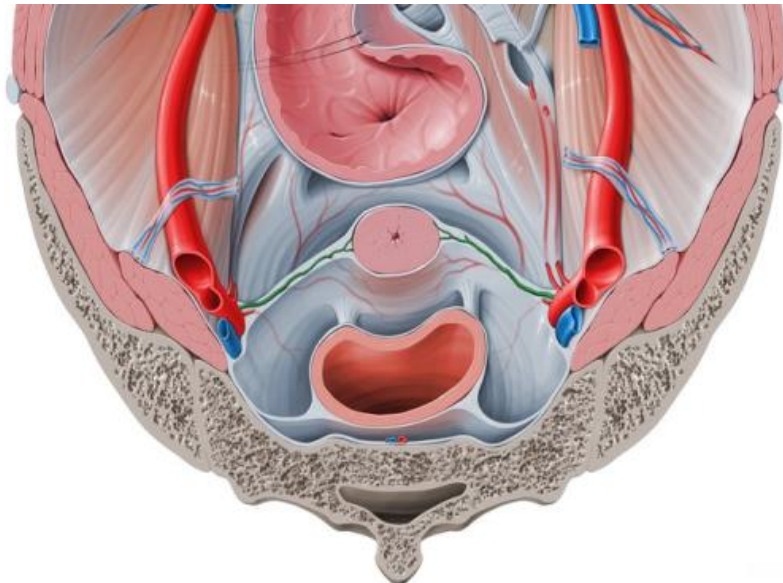
Obrázok 14

Krvné zásobenie maternice (Netter, 2016)



Obrázok 15

Maternicová tepna, transverzálny rez panvou, pohľad zhora. Prevzaté z Kenhub (2023).



Poznámka. A. uterina, vyznačená zelenou

Prietok krvi maternicou úzko súvisí s vaskularitou endometria (Sher & Fisch, 2002). V štúdií od Choi et al. (2023) sa píše, že meranie prietoku krvi maternicovou tepnou sa prevádza z dôvodu jej ľahkej prístupnosti v porovnaní s jej menšími vetvami, ktoré endometrium zásobujú priamo. V našom prípade však možno zohľadniť mieru prekrvenia myometria s ohľadom na mobilitu, motilitu a metabolizmus maternice.

Počas normálneho menštruačného cyklu sa prietok krvi maternicovou tepnou periodicky mení. Počas včasnej folikulárnej fázy dochádza k zvýšeniu hodnôt indexu pulzatility (PI) a rýchlosti prietoku krvi, ktoré sú maximálne v strednej luteálnej fáze. Niekoľko štúdií preukázalo pokles PI 1 týždeň pred a po ovulácii (Steer et al., 1990; Zaidi et al., 1996). Index rezistencie (RI) je v proliferačnej fáze približne $0,88 \pm 0,04$ a začína klesať deň pred ovuláciou. V 18. deň menštruačného cyklu klesá na $0,84 \pm 0,04$ a na tejto úrovni zostáva po zvyšok cyklu.

Tieto zmeny s predovulačným vrcholom a postovulačným poklesom impedancie korešpondujú so zmenami pozorovanými v sérových hladinách estradiolu počas folikulárnej fázy a sérového progesterónu počas luteálnej fázy (Tan et al., 1996). Počas anovulačných cyklov sa nevyskytujú (Kurjak et al., 1991).

VAJEČNÍK

Ovariálny cyklus

Ovariálny cyklus sa popisuje pravidelné zmeny na vaječníku, ovariálne procesy, pri každom reprodukčnom cykle počas plodného života ženy. Medzi ovariálne procesy sa radí folikulogenéza ako proces dynamickej tvorby a rastu folikulov, ovulácia a prechod ovariálnych folikulov do terminálne diferencovaných štruktúr známych ako žlté telieska (J. S. Richards, 2018). Každý folikul predstavuje základnú funkčnú jednotku vaječníka. Od počiatočného štádia vývoja sa folikul skladá z oocytu obklopeného somatickými bunkami. Oocyt rastie a dozrieva, aby sa stal oplodniteľným, a somatické bunky sa množia a diferencujú na hlavných dodávateľov steroidných pohlavných hormónov, ako aj generátorov iných lokálnych regulátorov. Folikulogenéza pozostáva z troch prechodových fáz. Z prechodu primordiálneho folikulu v primárny folikul, primárneho folikulu v preantrálny folikul a nakoniec z prechodu antrálneho v Graafov folikul (Gershon & Dekel, 2020).

Rast folikulov z primordiálneho do preantrálneho štádia je nezávislý od stimulácie gonadotropínmi, ale je riadený obojsmernou komunikáciou lokálnych signálov, ktoré pochádzajú z oocytu aj zo somatických buniek. Somatické bunky folikulov podporujú rast a vývoj

oocytov, zatiaľ čo oocyt zohráva rozhodujúcu úlohu pri regulácii proliferácie a diferenciácie GC aj theca buniek (Liu et al., 2015; Rimon-Dahari et al., 2016).

V rámci poslednej fázy folikulogenézy sa tekutinou vyplnené dutiny, ktoré sa objavujú v preantrálnych folikuloch, spájajú za tvorby antrálnych folikulov. Tie sú charakterizované dvoma subpopuláciami granulóznych buniek (GB): kumulusovými bunkami obklopujúcimi oocyt a muralnými GB, ktoré lemujú stenu folikulu (Edson et al., 2009). Väčšina antrálnych folikulov prejde atretickou degeneráciou a len niekoľko z nich reaguje na hypofyzárne gonadotropíny folikuly stimulujúci hormón (FSH) a luteinizačný hormón (LH). Prvý gonadotropín ovplyvňujúci antrálny folikul, FSH, je zodpovedný za prežívanie GB a ich proliferáciu, produkciu estradiolu a expresiu LH receptorov (J. S. Richards & Pangas, 2010).

Antrálne folikuly, ktoré exprimujú vysokú koncentráciu LH receptorov, odpovedajú na tento gonadotropín a transformujú sa na preovulačné Graafove folikuly (Rimon-Dahari et al., 2016). V rámci procesu ovulácie dochádza k nárastu LH, ktorý aktivuje Graafove folikuly, čím vzniká sled udalostí vrátane dozrievania oocytov, mucifikácie kumulusových buniek, prasknutia folikulu a následnej extrudácie oocytu. (Gershon & Dekel, 2020).

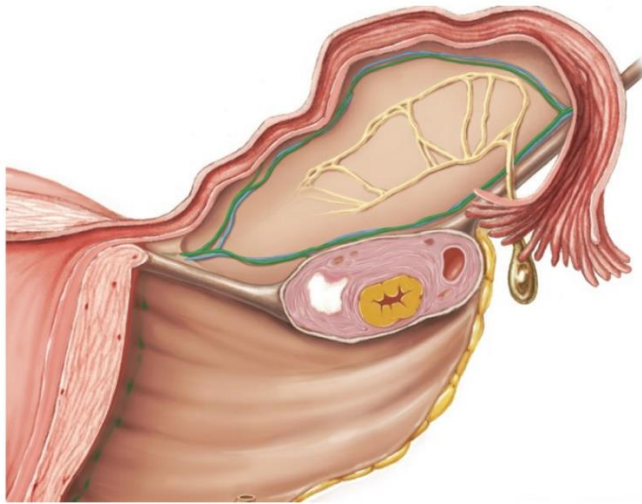
Prietok krvi vaječníkmi v priebehu MC

Ukazuje sa, že angiogenéza, dozrievanie a regresia ciev zohrávajú rozhodujúcu úlohu pri výbere dominantného folikulu, ovulácii a tvorbe a funkcii žltého telieska. Zároveň sa uvádza, že dokumentácia ovariálnej stromálnej cievnej siete môže poskytnúť užitočné informácie, pretože súvisí s následnou reaktivitou vaječníkov pri liečbe IVF (Abulafia & Sherer, 2000). To znamená, že miera prekrvenia vaječníka určuje jeho reaktibilitu na hormonálne stimuly a zároveň pozmeňuje lokálny metabolizmus malej panvy, čo spolu so zmenami na nervovo-reflexnej úrovni môže vyvolávať zmeny v pohybovom aparáte.

Hlavné zásobovanie vaječníkov krvou pochádza z ovariálnych artérií, ktoré vychádzajú priamo z brušnej aorty (Netter, 2016). Ovariálna artéria vstupuje do panvy cez infundibulopelvický väz v blízkosti panvového okraja a potom prechádza inferiorne a mediálne medzi dvoma vrstvami lig. latum, cez mezovarium sa dostáva do vaječníka a prechádza cez ovariálny hilus, kde vzniká množstvo špirálovitých vetiev. Ovariálna artéria je veľmi kľukatá, najmä keď sa nachádza v blízkosti vaječníka (Drake, 2019). Krvné zásobovanie vaječníka pochádza aj z ovariálnej vetvy maternicovej tepny, ktorá sa spája s ovariálnou tepnou, blízko vaječníka (Hackelöer & Nitschke-Dabelstein, 1980).

Obrázok 16

Ovariálna artéria, frontálny pohľad („Kenhub,“ 2023)



Poznámka. A. ovarica vyznačená zelenou

V prirodzenom cykle pred vytvorením dominantného folikulu je prietok krvi v intraovariálnych arteriolách charakterizovaný nízkou rýchlosťou a vysokým odporom. Počas folikulárneho rastu sa intraovariálny prietok krvi neustále zvyšuje v závislosti od nárastu maximálnej systolickej rýchlosti. Výrazné zvýšenie prietoku krvi na báze folikulu a zníženie prietoku krvi k vrcholu možno zaznamenať pomocou farebného/silového Dopplera a predpokladá sa, že takéto zmeny môžu byť nevyhnutné pre uvoľnenie zrelého oocytu (Brännström et al., 1998).

Rýchlosť intrafolikulárneho prietoku krvi sa zvyšuje približne 29 h pred ovuláciou a pokračuje najmenej 72 h po vytvorení corpus hemorrhagicum. Môže to byť dôsledok prenikania krvných ciev do vrstvy granulózových buniek. Pre vytvorenie normálne fungujúceho žltého telieska je rozhodujúca angiogenéza, ktorá sa začína približne 24 h po náraste luteinizačného hormónu. Vývojom cievnej arkády v stene vytvoreného žltého telieska dochádza k poklesu impedancie krvného toku. Rýchlosti sa zvyšujú až na 40 cm/s, čo predstavuje plne funkčné žlté teliesko. Index rezistencie zostáva konštantný 4 - 5 dní po ovulácii a potom stúpa na približne $0,50 + 0,04$ (Matijevic & Grgic, 2005).

Tubo-ovariálne pohyby

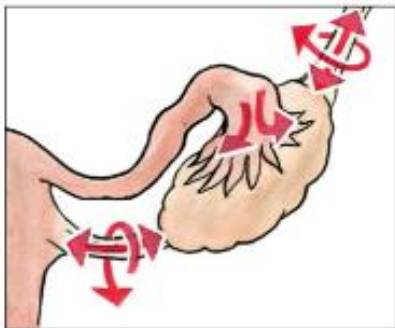
Transport oocytov vajcovodmi je zabezpečený pohybmi, ktoré prebiehajú na úrovni riasinkového epitelu sliznice, fimbrií a svaloviny steny vajcovodov. Celkovo sú vajcovody vysoko pohyblivé, vedia sa dostať aj cez strednú čiaru a zachytiť vajíčko z kontralaterálnej strany (Barral & Mercier, 2006; Čihák, 2013).

Pohyby vajcovodov sú regulované hormonálnymi zmenami, ku ktorým dochádza počas menštruačného cyklu. Počas folikulárnej fázy stúpajúca hladina estrogénu stimuluje zhrubnutie výstelky vajcovodu. Tento proces, nazývaný ciliácia vajcovodov, zahŕňa rast riasiniek na epitelových bunkách sliznice. Riasinky koordinovanými pohybmi vytvárajú slizničný prúd smerom k maternici, čo napomáha transportu oocytov (Čihák, 2013).

Tesne pred ovuláciou sa na podklade vyplavenia LH objavujú aktívne pohyby svaloviny v oblasti infundibula a fimbrií a zároveň svaloviny obsiahnutej v závesoch a ligamentách ovaria. Ovarium sa pri tom otočí okolo svojej pozdĺžnej osi a zostúpi alebo vystúpa v závislosti na svojej polohe v panvovej dutine. Pri vzájomnom aktívnom pohybe ovaria a infundibula sa fimbrie priložia na povrch ovaria a obomknú vyvýšené miesto vyklenutého dozretého folikulu. Uvoľnenie vajíčka sa potom deje takmer priamo do infundibula. V prípade oplodnenia (väčšinou prebiehajúce v ampulle) ovarium prechádza vajcovodom na podklade peristaltických pohybov a prúdu vytvoreného riasinkami 4-5 dní. Oba konce vajcovodu musia byť čisté, aby sa tento prúd udržal. To ukazuje na dôležitosť jeho mobility (Barral & Mercier, 2006; Čihák, 2013).

Obrázok 17

Schéma pohybov vajcovodu a závesov vaječníka v priebehu ovulácie (Čihák, 2013)



Predpokladá sa, že predovulačný nárast sekrécie ovariálneho estradiolu stimuluje syntézu F-série prostaglandínov (PGF) v tkanive vajcovodu sekvenčným spôsobom, pričom vrcholová hodnota nastáva vtedy, keď je istmus vajcovodu najcitlivejší na stimuláciu PGF2alfa. Zmeny v koncentrácii PGF v tkanive a v citlivosti na PGF2alfa by mohli prispieť k oklúzii istmu a zabrániť predčasnemu prechodu ovaria do maternice. Zvýšenie sekrécie ovariálneho progesterónu po

ovulácii môže znížiť tkanivový PGF, znížiť odpoveď na stimuláciu PGF2alfa a zvýšiť odpoveď na PGF1. Tieto zmeny potom môžu umožniť postupný presun ovaria cez istmus do maternice (Spilman & Harper, 1975).

Bolo zistené, že kontraktilné vlastnosti hladkej svaloviny vajcovodu sa po ovulácii či liečbe estrogénom a progesterónom menia na úrovni sily a rýchlosti kontrakčného procesu. Vo všeobecnosti je kontrakcia nízka 24 hodín po „vajcovod blokujúcej“ dávke estrogénu, zatiaľ čo 72 hodín po „transport vajíčok urýchľujúcej“ dávke progesterónu je kontraktilita zvýšená (Hodgson et al., 1980).

2.4 Ženská panva a trup v biomechanických súvislostiach

2.4.1 Posturálna funkcia panvy

Uvádza sa, že aferentná signalizácia z panvovej oblasti je potrebná pre riadenie homeostázy celého organizmu. V priebehu evolúcie človeka prešla výraznými zmenami jej tvaru a funkcie a dnes nás na základe jej úzkeho prepojenia na funkciu dolných končatín a osového aparátu predurčuje pre bipedálnu lokomóciu (Gruss & Schmitt, 2015; Stansfield et al., 2021).

Z vývojového hľadiska znamenalo vzpriamovanie polohy tela a bipedálny typ lokomócie predovšetkým postupnú vertikalizáciu chrbtice a presun ťažiska tela. Presunom ťažiska pred osový skelet na úroveň bedrových kĺbov sa panva dostala do rovnovážnej polohy. Podmienkou stabilnej vertikalizácie je fixovaná extenzia dolných končatín, ktorá je staticky najvýhodnejšia, pretože znižuje nároky na činnosť antigravitačných svalov a hlavné zaťaženie smeruje do vertikálne a paralelne orientovaných kostí dolnej končatiny (Véle, 2006).

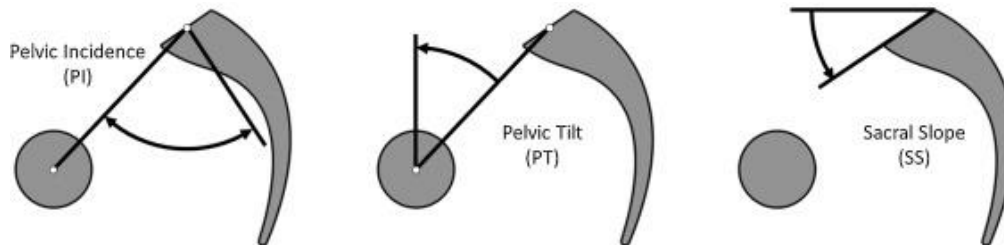
Panva slúži ako dôležitý spojovací článok medzi axiálnym skeletom a dolnými končatinami, ktorý zabezpečuje dynamickú rovnováhu a koordinovaný pohyb. Vzťah medzi morfológiou panvy a sagitálnym usporiadaním chrbtice popísal Dubousset vo svojej koncepcii, podľa ktorej "celá panva je stavcom". V danej súvislosti boli definované tri geometricky prepojené parametre panvy: incidencia panvy (PI), sklon panvy (PT) a sklon krížovej kosti (SS); kde $PI = PT + SS$ (Diebo et al., 2015).

Vzhľadom na obmedzenú pohyblivosť sakroiliakálneho kĺbu je **incidencia panvy** pevným anatomickým parametrom definovaným ako uhol medzi kolmicou na stavec S1 a čiarou od stredu hlavíc stehenných kostí k stredu plateau kĺžového stavca S1. **Sklon panvy** je definovaný ako uhol medzi kolmicou a priamkou od stredu hlavíc stehenných kostí k stredovému bodu krížovej platničky. PT kvantifikuje rotáciu panvy okolo hlavíc stehenných kostí, čo je uznávaný kompenzačný mechanizmus pre pozitívnu deformáciu chrbtice. **Sklon krížovej kosti** je

definovaný ako uhol medzi horizontálou a plateau krížového stavca S1 a vytvára základ pre krivku bedrovej chrbtice. Uvádza sa, že lumbálna lordóza je úmerná sklonu krížovej kosti. Ich vzťah pri pohybe v sagitálnej rovine popisuje lumbopelvicový rytmus (Diebo et al., 2015; Kolber & Cheatham, 2015; Le Huec et al., 2011).

Obrázok 18

Parametre panvy podľa Ginette Duval-Beaupere (Diebo et al., 2015)



Avšak zmena sklonu panvy alebo parametru incidencie panvy nemá vplyv len na chrbticu. Yoshimoto et al. (2005) zistili, že dochádza k zmenám prenosu zaťaženia na bedrové kĺby pri rôznom nastavení panvy v sagitálnej rovine, čo môže mať vplyv na rozvoj artrózy bedrového kĺbu. V danom prípade možno hovoriť o lumbo-pelvic-bedrovom komplexe.

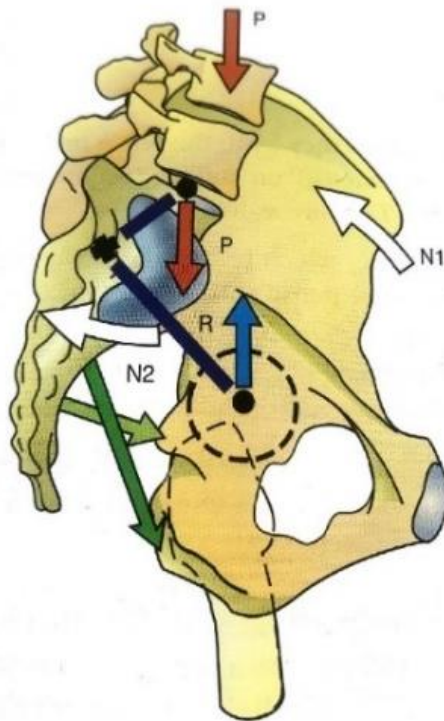
Bastlová (2018) popisuje, že panvový pletenec je funkčne rozdelený na sakrum a bedrovú kosť, ktoré prepájajú sakroilikálne kĺby. Sakrum je predĺžením drienkovej chrbtice a funguje s ňou vo vzájomnom súlade, bedrová kosť je cez bedrový kĺb priamym pokračovaním dolnej končatiny. V tejto súvislosti sa o panve hovorí ako o mechanickom prevodníku, v rámci ktorého dochádza k prenosu síl vertikalizovaného trupu na pohybujúce sa dolné končatiny a naopak. Pri stoji na oboch dolných končatinách (DKK) sa na podklade symetrickej opory sily rovnomerne rozkladajú cez sakroilikálne (SI) kĺby, bedrové kosti na oba femury. V prípade pohybu, sa sily vzniknuté pri reakcii DKK s podložkou prenášajú kraniálne, cez bedrové kĺby na panvu, kde sa vetvia na horizontálnu vetvu k symfýze a vertikálnu vetvu ku krížovej kosti. Z toho vyplýva, že symfýza a SI kĺby čelia zvýšeným nárokom na mechanické zaťaženie (Kapandji, 2007; Véle, 2006).

Pri symetrickom vzpriamenom stoji, vplyvom hmotnosti trupu (P) pôsobiaceho na promontorium sacra, ktoré má tendenciu sa znižovať, sacrum podlieha nutačnému pohybu (N2). Tento pohyb je rýchlo obmedzený prednými SI väzmi ("brzdami nutácie") a predovšetkým sakrospinóznymi a sakrotuberóznymi väzmi, čím sa zabraňuje tomu, aby sa apex sacra vzdaloval od sedacích hrbolov. Zároveň reakcia zeme (R) prenášaná stehennými kosťami v bedrových kĺboch vytvára (s hmotnosťou tela pôsobiacou na sacrum) rotačný pár, ktorý núti bedrovú kosť nakláňať sa dozadu (N1). Táto retroverzia panvy zvyšuje nutačný pohyb sacra v SI kĺboch. Aj keď

sa táto analýza zaoberá pohybmi, malo by sa hovoriť predovšetkým o silách, pretože väzy sú mimoriadne silné a okamžite zastavujú všetky pohyby. Ak dôjde k poruche nutácie v SI sklbení, dochádza k posunu ťažiska v bipedálnom stoji (Kapandji, 2007; Skalka, 2002).

Obrázok 19

Deje v rámci koordinovaného systému chrbtice, sakra, bedrových kostí a dolných končatín pri symetrickom vzpriamenom stoji (Kapandji, 2007)

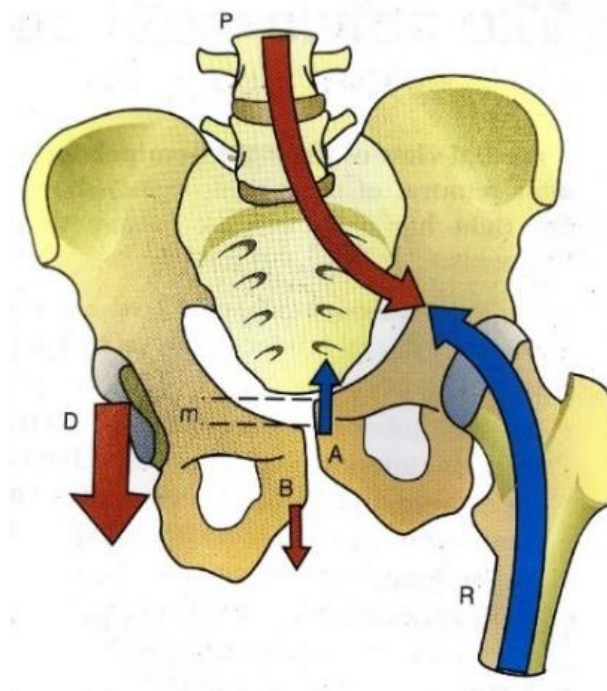


Poznámka. P- tiažová sila trupu, R- reakčná sila zeme, N1- smer klopenia bedrovej kosti, N2- smer nutačného pohybu sakra

V rámci chôdze sa pri každom kroku reakcia zeme (R) prenáša opornou končatinou a dvíha príslušný bok, zatiaľ čo druhý bok je ťahaný nadol hmotnosťou voľne visiacej končatiny (D). To vedie k strihovej sile v lonovej symfýze, ktorá má tendenciu zdvihnúť lonovú kosť na podpornej strane (A) a znížiť opačnú lonovú kosť (B). Za normálnych okolností robustnosť symfýzy vylučuje akýkoľvek pohyb, ale keď je „vyklbená“, horné hrany lonových kostí sa počas chôdze posunú (m). Rovnakým spôsobom si možno predstaviť aj vybočenie SI kĺbov v opačnom smere počas chôdze. Ich odolnosť voči pohybu spočíva v silných väzoch, ale po „vyklbení“ jedného z kĺbov SI dochádza k bolestivým pohybom pri každom kroku. Preto stoj aj chôdza závisia od mechanickej odolnosti panvového pletenca (Kapandji, 2007).

Obrázok 20

Pôsobenie tiažových a reakčných síl na panvový pletenec pri chôdzi (Kapandji, 2007)



Poznámka. P- tiažová sila trupu, R- reakčná sila zeme, A- smer zdvihnutia lonovej kosti na opornej strane panvy pri chôdzi, B- smer poklesu lonovej kosti na švihovej strane panvy pri chôdzi, D- tiažová sila švihovej dolnej končatiny

2.4.2 Kinematika panvy a trupu pri chôdzi

Chrbtica a panva sú hlavnými hnacími silami pohybu ľudí aj zvierat. Chrbtica a panva musia pracovať v protiklade (krížový plazivý vzor), aby sa človek mohol efektívne pohybovať (Gracovetsky, 2008).

Z evolučného pohľadu sa anatómia našej panvy a chrbtice prispôsobila nárokom na vzpriamenú posturu a bipedálnej lokomócií. U panvy sa jednalo o zmenu v laterálnejšej orientácii bedrových kostí pre stabilizáciu panvy vo frontálnej rovine pri jednoopornej fáze GC a v predĺžení sedacieho hrbolu pre väčší pákový efekt hamstringov podporujúcich vzpriamenú chôdzu. Na chrbtici došlo k extenzii driekovej chrbtice, ktorá umožňuje, aby sa sekundárne zakrivená chrbtica adaptovala na vzpriamený postoj. To spôsobuje, že hlava, hrudník, panva, kolená a chodidlá sa nachádzajú bližšie k vertikálnej ose (Earls, 2021).

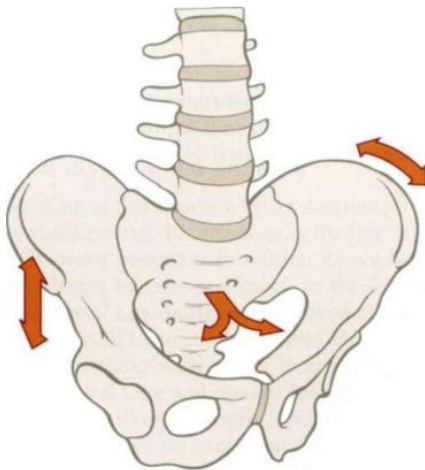
Pri chôdzi je veľmi dôležité sledovať pohyby panvy, nakoľko slúžia k optimalizácii pohybu ťažiska, čím sa vytvára plynulá a energeticky efektívna lokomócia. Chrbtica sa daným pohybom panvy musí prispôsobovať a redukovať ich pre zaistenie stability hlavy a zorného poľa (Earls, 2021; Neumann et al., 2017; Svoboda et al., 2020).

Panva

Vo všeobecnosti sa pohyby panvy opisujú ako rotácie okolo jednej z troch hlavných osí, z ktorých každá vytvára pohyb v jednej z rovín (Cappozzo et al. 2005). Počas ľudskej chôdze sa panva pohybuje okolo všetkých troch osí. Veľkosť týchto pohybov čiastočne závisí od rýchlosti chôdze, pričom väčšie pohyby sa vyskytujú pri vyšších rýchlostiach chôdze (Lewis et al., 2017). Rôzne modely chôdze kombinujú rôzne pomery týchto osových pohybov. Nedostatok jedného pohybu si zvyčajne vyžaduje zvýšenie jedného alebo viacerých pohybov v ostatných rovinách (Myers, 2020).

Obrázok 21

Trojdimenzionálny pohyb panvy (Myers, 2020)



Poznámka. Šípky naznačujú pohyb panvy okolo vertikálnej osi v horizontálnej rovine, zdvíhanie panvy v koronárnej rovine okolo antero-posteriornej osi, a polopelvický náklon v sagitálnej rovine okolo ľavo-pravej osi.

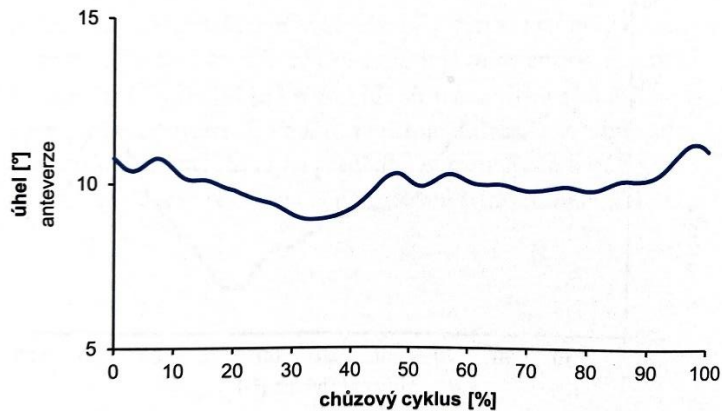
Rotácia okolo mediolaterálnej osi spôsobuje pohyb v **sagitálnej rovine** a často sa označuje ako predný sklon (**anteverzia**) alebo zadný sklon (**retroverzia**) panvy. V sagitálnej rovine sa pri chôdzi panva nachádza po celú dobu v anteverzii a počas každého cyklu chôdze dokončí dva plné cykly sínusoidálnej vlny (O'Neill et al., 2015). Predlžovanie a skracovanie flexorov a extenzorov na striedajúcich sa stranách panvy v nej následne vytvára torziu (Earls, 2021).

Po počiatočnom kontakte sa panva nakloní dozadu na menej ako 20 % cyklu chôdze. Potom sa začne opäť nakláňať smerom dopredu, až kým sa kontralaterálne chodidlo nedotkne zeme približne v 50 % cyklu chôdze. Maximálna hodnota anteverzcie panvy nastáva v konečnom stoji a v konečnom švihu (Lewis et al., 2017; Neumannová et al., 2015). Celková exkurzia tohto

pohybu je pomerne malá. Lewis et al. (2017) uvádza 4,3 stupňa \pm 1,1 stupňa a rozsahom 2,6 až 7,3 stupňa pri preferovanej rýchlosti chôdze.

Obrázok 22

Pohyb panvy v sagitálnej rovine (Svoboda et al., 2020)



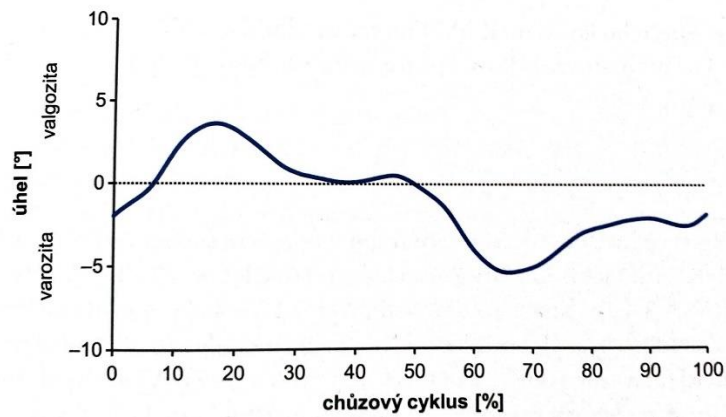
Rotácia panvy okolo ventro-dorzálnej osi spôsobuje pohyb vo **frontálnej rovine**. Pohyb v tejto rovine sa označuje ako **úklon** panvy (pelvic obliquity).

Vo frontálnej rovine panva počas každého cyklu chôdze vykoná jeden cyklus pohybu. Pri počiatočnom kontakte je panva približne neutrálna, pričom ľavá a pravá SIAS sú v jednej rovine. Behom štádia zaťažovania panva klesne na stranu kontralaterálnej končatiny, potom sa začne opäť dvíhať. Keď sa druhá noha dotkne zeme, panva je opäť približne neutrálna. Tesne po odraze palca dôjde k maximálnemu úklonu panvy na opačnej strane tela. Celková exkurzia pri tomto pohybe vychádza na 1,9 až 12,5 stupňa s priemernou celkovou exkurziou 7,4 stupňa \pm 2,5 stupňa pri chôdzi preferovanou rýchlosťou (Lewis et al., 2017; Svoboda et al., 2020).

Úklon panvy znižuje vertikálny pohyb trupu a redukuje energetickú náročnosť chôdze (Neumannová et al., 2015). Ďalej sa udáva, že pohyb panvy a lumbálnej chrbtice vo frontálnej rovine je kľúčovým mechanizmom na oddelenie intenzívneho pohybu dolných končatín od trupu a hlavy, čím umožňuje udržať dynamickú rovnováhu (Novacheck, 1998). Podľa Richardsa (2008) úklon panvy slúži na dva účely: umožňuje tlmenie nárazov a umožňuje úpravu dĺžky končatín. Úklon panvy by mal byť tlmený lateroflexiou dolnej časti drierkovej chrbtice (L3-S1), inak bude laterálna odchýlka vyslaná do thorakolumbálneho prechodu, kde spôsobí preťažovanie (Earls, 2021).

Obrázok 23

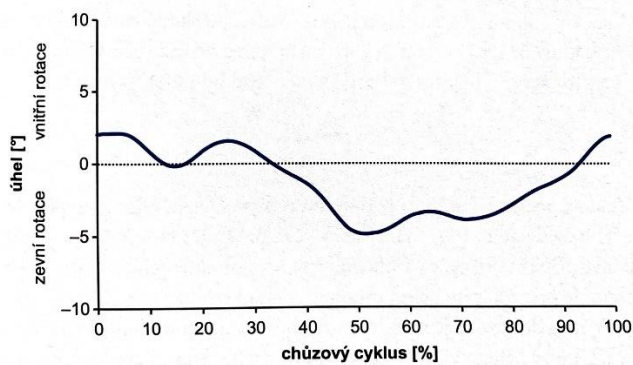
Pohyb panvy vo frontálnej rovine (Svoboda et al., 2020)



Rotácia panvy okolo vertikálnej osi vytvára pohyb v **transverzálnej rovine**. Tento pohyb sa označuje ako samotná **rotácia** panvy. Pri počiatocnom kontakte pravého chodidla je panva napravo v maximálnej rotácii dopredu. Táto poloha sa označuje ako vnútorná rotácia, ktorá v priemere činí približne 5 stupňov. V období medzistoja sa dostáva do neutrálneho postavenia a následne do zadnej, vonkajšej rotácie, až do okamihu počiatocného kontaktu ľavého chodidla, kde dosahuje svojho maxima, taktiež o veľkosti 5 stupňov (Gage, 1991; Perry & Burnfield, 2010; Rose & Gamble, 2006).

Obrázok 24

Pohyb panvy v transverzálnej rovine (Svoboda et al., 2020).



Chôdza a ťažisko tela

Pri analýze rovnováhy a pohybu sa často sleduje ťažisko tela človeka, inak nazývané aj stred hmotnosti ľudského tela (COM). Ovplyvňujú ho rôzne faktory vrátane rozloženia hmotnosti a konfigurácie tela a jeho poloha nie je pevná vzhľadom na nepravidelný tvar a neustále sa meniacu konfiguráciu ľudského tela (Patel et al., 2018). V stoji je ťažisko zvyčajne asi o 10 cm nižšie ako pupok, v blízkosti hornej časti bedrových kostí, a neustále sa mení pri každej novej polohe tela a končatín. Pohyb ťažiska tela počas chôdze je veľmi kľúčový. Dolné končatiny fungujú ako vzpery obráteného kyvadla, čo umožňuje minimalizovať svalovú prácu, a plantárne flexory zadných končatín boli identifikované ako hlavné motory pohonu CoM (Tesio & Rota, 2019). Daná problematika bude bližšie popísaná v diskusii.

Panvové dno a chôdza

Existujú rôzne štúdie o aktivácií svalov PD počas pohybových úloh, ktoré zvyšujú vnútrobrušný tlak, ale o jeho reakcii na dynamické aktivity, ako je napríklad chôdza, sa vie len málo. Williams et al. (2022) vo svojej štúdií charakterizovali a porovnávali aktivitu PD počas chôdze a behu u dospelých zdravých osôb. Ich výsledky ukazujú, že PD je aktívne v priebehu celého cyklu chôdze, so zvýšenou aktivitou počas jednoopornej fázy chôdzového cyklu a pri vyšších rýchlostiach chôdze. Zároveň poukázali na prepojenie svalov PD a gluteálnych svalov, ktoré sú do určitej miery koaktívne počas chôdze, ale nie sú úplne vo vzájomnej fáze pri akejkoľvek rýchlosti.

Trup

Lokomócia bola dlho vnímaná ako funkcia nôh, pričom trup sa považoval za viac-menej pasívny. Vzhľadom na početné pozorovania, ktoré sú v rozpore s týmto názorom, Gracovetsky (2008) navrhol alternatívnu hypotézu „chrbtového motora“ (spinal engine), podľa ktorej chrbtica a okolité tkanivá tvoria základný motor lokomócie, a teda predchádzajú pohyb nôh.

Zároveň Skaličková-Kováčiková (2020) píše, že lokomóciu ako skrížený pohyb vo vertikále si možno predstaviť predovšetkým ako záležitosť funkcie svalov trupu a funkcie autochtonnej muskulatúry, nielen ako striedanie dolných končatín. Pohyb osi panvy proti osi ramien s rotáciou pozdĺžnej osi tela je okom len veľmi málo pozorovateľné. Pohyb os sa prenáša na pohyb končatín horných a dolných, pričom výrazom skríženého vzoru v bipedálnej lokomócií je práve súhyb paže v ramene pri kroku dolnej končatiny na kontralaterálnej strane. Skrížený vzor teda možno chápať

ako diferenciaciu končatín vo vzťahu k opornej a fázickej funkcii, v ktorom je integrovaná chrbtica, segmentálne schopná rotačných pohybov (Skaličková-Kováčiková, 2020).

Van Criekinge et al. (2017) udáva, že pri normálnej chôdzi sa horná a dolná časť trupu pohybujú koordinovane, ale opačným smerom okolo vertikálnej osi tela. Avšak najnovší výskum Van Dieën et al. (2021) tvrdí, že pri nízkej rýchlosti chôdze sa hrudník a panva otáčajú viac-menej rovnakým smerom okolo vertikály a pri vysokej rýchlosti viac-menej opačným smerom, čo vedie k axiálnej torzii driekovej chrbtice. Zároveň sa zdá, že zmeny v koordinácii trupu pri rýchlejšej chôdzi závisia skôr od zvyšujúcej sa dĺžky kroku ako od frekvencie krokov. Pri vyššej rýchlosti sa panva otáča viac vo fáze s kyvadlovými pohybmi nohy, zatiaľ čo hrudník sa naďalej otáča mimo fázy s nohou (Huang et al., 2010).

Pohyblivosť chrbtice by sme podobne ako u panvy mohli rozlíšiť vzhľadom k rovinám. Na základe polohy processus articulares jednotlivých stavcov, ma každý úsek chrbtice predispozíciu k pohyblivosti v inej rovine.

Krčná chrbtica (Cp) má processus articulares v transverzálnej rovine, čo tvorí podklad pre jej vysokú pohyblivosť v **sagitálnej** a **frontálnej** rovine a aj do rotácií v **rovine transverzálnej**. **Hrudná chrbtica** (Thp) má processus articulares, s výnimkou stavcov na C-Th prechode, uložené vo frontálnej rovine, čo spolu s dlhými dorzokaudálne smerujúcimi trňovými výbežkami spôsobuje obmedzenie jej pohyblivosti do záklonu, ale umožňuje jej pohyblivosť do rotácií v **transverzálnej rovine**. Naopak **drieková chrbtica** (Lp) má processus articulares uložené v sagitálnej rovine, čo zamedzuje jej pohyblivosti do rotácií. Z toho dôvodu prenáša pri chôdzi rotáciu panvy smerom nahor do hrudných stavcov. Vďaka výškam medzistavcových platničiek, ktoré sú o 2/5 väčšie oproti telám, má však Lp veľký pohybový rozsah v **sagitálnej rovine**. To umožňuje vzpriamený stoj a dlhý dvojkrok a vytvára jednu zo „základných udalostí“ efektívnej chôdze. V rámci frontálnej roviny dolné driekové stavce (L3 a nižšie) tlmia väčšinu laterálneho náklonu panvy. Jedná sa o pohyb laterálnej flexie, ktorá je v lumbálnej chrbtici automaticky prepojená s rotáciou (Dylevský et al., 2000; Earls, 2021; Joukal & Horáčková, 2013).

V nadväznosti na Gracovetského teóriu, počas chôdze prispievajú k pohybu trupu v transverzálnej rovine tri sekcie chrbtice. Driekové stavce sa pohybujú s panvou. Hrudné stavce prevádzajú protirotaáciu kvôli ramennému pletencu. Krčná oblasť nie je prepojená so zbytkom chrbtice, čo jej umožňuje udržiavať pohľad hlavy vpred (Earls, 2021; Gracovetsky, 2008).

2.4.3 Vzťahy medzi reprodukčnými orgánmi a kinematikou panvy a trupu v priebehu MC

Vplyv menštruačného cyklu na telesné procesy prostredníctvom hormónov bol už vyššie popísaný. Táto kapitola sa bude zameriavať na ďalšie cesty, ktorými menštruačný cyklus na viacerých úrovniach ovplyvňuje telo ženy, respektíve panvu a trup a ich pohyblivosť.

Ľudské telo sa z funkčného hľadiska delí na dve základné časti, somatickú (telesnú) a viscerálnu (orgánovú). Tieto dva systémy sa vzájomne ovplyvňujú, čo tvorí podklad tzv. viscerosomatických či somato-viscerálnych vzťahov. Dané vzťahy sú v praxi zaužívané i pod názvom viscerovertebrálne či vertebro-viscerálne. Na ich základe môžu orgánové zmeny počas menštruačného cyklu vyvolávať zmenu na úrovni kinematiky panvy a trupu. Podľa Tichého (2009) tieto systémy na seba pôsobia tromi spôsobmi, a to reflexne, kontaktne a metabolicky.

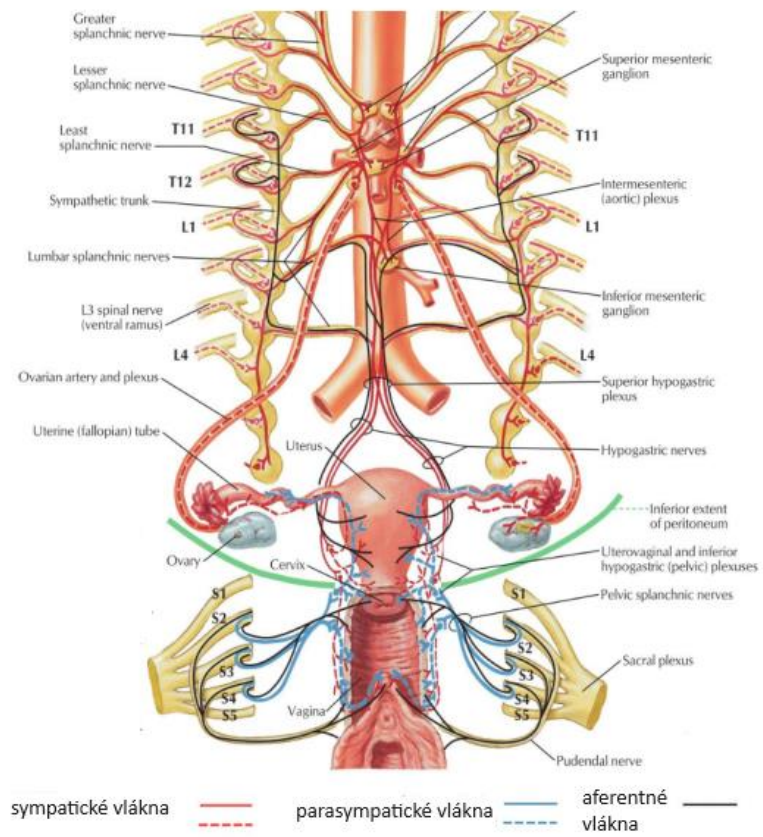
1. Vzťah nervovo-reflexný

Somatická a viscerálna oblasť tela sú prepojené na podklade prepojenia nervových vetiev, z ktorých sú zásobené. Rozhodujúcu nervovú bunku tu predstavujú interneuróny, u ktorých sa informácie zo senzitívnych-aforentných vlákien či už somatických alebo viscerálnych/vegetatívnych spracujú a výsledok je prepojený na oboje motorické-eferentné vlákna (somatické i viscerálne). V našom prípade možno hovoriť o reflexnom vzťahu močopohlavnej sústavy, okolitých mäkkých tkanív a segmentov drierkovej a krížovej chrbtice. Pri orgánových zmenách močopohlavnej sústavy, ku ktorým dochádza behom menštruačného cyklu na úrovni zmien prekrvenia a napätia ich závesneho, fixačného aparátu, ako bolo uvedené už vyššie, dochádza prostredníctvom sympatiku k ovplyvneniu drierkovej chrbtice na úrovni L1-L4. Prostredníctvom parasympatiku dôjde k ovplyvneniu krížovej krajiny v segmentoch S2-S5. Zároveň je dobré zdôrazniť, že sympatikus vychádzajúci zo segmentov Th10-L2 zásobuje dolné končatiny. Nakoľko sympatický NS v rámci končatín spôsobuje zmenu v ich prekrvení, dala by sa predpokladať možná zmena v ich hybnosti a v následnom prevedení chôdze (Tichý, 2009).

Na danom princípe taktiež popisuje Bitnar viscerálny vzorec, ako zmes reflexných zmien v pohybovom systéme, ktorý reaguje na interne vzniknuté nociceptívne dráždenie (Kolář, 2012).

Obrázok 25

Schéma inervácie ženských reprodukčných orgánov (Netter, 2016)



Tabuľka 1

Príklady funkčných vzťahov miešnych centier („Prokešová,“ 2023)

Miešna segmentová inervácia	Viscerosenzitívna signalizácia	Visceromotorická odozva	Somatomotorická odozva
Th11-Th12 n. subcostalis	Fundus uteri Plx. hypogastricus inferior	S - vazokonštrikcia, zvýšenie kontrakcií maternice PS - vazodilatácia	mm. multifidi mm. rotatores m.longissimus thoracis m.quadratus lumborum
L2-L4 n. femoralis	Tuba uterina Plx. ovaricus Plx. uterovaginalis	S - vazokonštrikcia, spazmus svaloviny vajcovodov PS -vazodilatácia, relaxácia	m. iliopsoas m.quadriceps femoris
L4-S1 n.gluteus sup. L5-S2 n.gluteus inf. S1-S3 n.cutaneus femoris post.	Cervix uteri Vagina Plx. Uterovaginalis S- Th 12-L1 PS- S2-S4	S - vazokonštrikcia, spazmus svaloviny maternice a pošvy PS -vazodilatácia, relaxácia	m. gluteus max m. gluteus min m. gluteus med m. TFL m. levator ani m. coccygeus m. piriformis
L1-L4 n. femoralis S3-S4 nn. perineales	Ovaria S- L1-L3 PS-S2-S4	S - vazokonštrikcia, kontrakcia PS -vazodilatácia, relaxácia	svaly hrádze m. pectineus m. iliopsoas

Bolo preukázané, že menštruačný cyklus má vplyv na sympatický aj parasympatický nervový systém, avšak priame prepojenie týchto systémov s maternicou nie je dostatočne známe. Vo všeobecnosti autonómny nervový systém reguluje mnohé telesné funkcie vrátane srdcovej frekvencie, trávenia, frekvencie dýchania, reakcie zreníc a sexuálneho vzrušenia, ktoré môžu počas menštruačného cyklu kolísť.

Počas menštruácie sa u niektorých žien vyskytuje predmenštruačný syndróm (PMS) alebo menštruačné kŕče, ktoré môžu spôsobiť recipročné zmeny v autonómnom nervovom systéme, čo často vedie k dominancii sympatického systému.

Na druhej strane, obdobie ovulácie je zvyčajne spojené so zvýšenou aktivitou parasympatického nervového systému. V reakcii "odpočívaj a tráv" sa telo pripravuje na potenciálne tehotenstvo (Matsumoto et al., 2006, 2007).

Možné súvislosti vyplývajúce z Tabuľky 1 budú bližšie popísané v diskusii. Je však dôležité si uvedomiť, že za fyziologických podmienok sa reakcie tela na hormonálne zmeny u jednotlivých žien sú odlišné a dočasné, nakoľko by sa na konci menštruačného cyklu mali vrátiť do istého „normálu“.

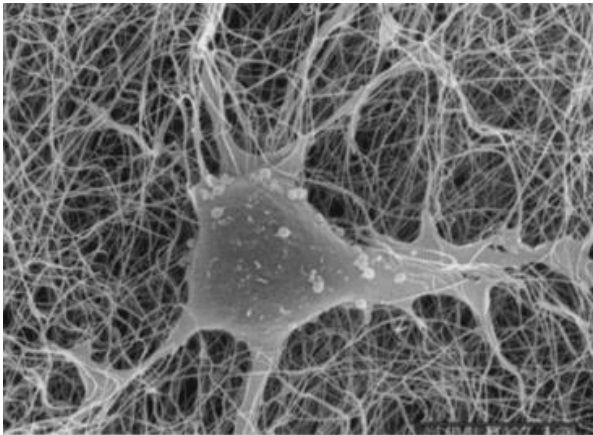
2. Vzťah kontaktný/ topografický

Na základe vyššie popísaných anatomických súvislostí, je na podklade tesného kontaktu medzi orgánmi malej panvy a panvovým dnom zjavné úzke prepojenie. Viscero-vertebrálne vzťahy popisujú, že ochorenie vnútorného orgánu sa dotykom (kontaktom) bezprostredne prenáša na pohybový aparát (Tichý, 2014). Z toho vyplýva, že zmeny, ktorým podliehajú orgány malej panvy behom menštruačného cyklu môžu vplývať na napätie panvového dna.

Do tejto kategórie by sme mohli zaradiť aj komunikáciu jednotlivých častí tela skrz fasciálny systém či spojivové tkanivo. Na spojivové tkanivo možno nazerať ako na živú, citlivú, polovodivú kryštálovú mriežku, uchovávajúcu a distribuujúcu mechanické informácie. Mechanické informácie sa prenášajú skrz súhru ťahu a stlačenia pozdĺž vláknitej siete, lepivých proteoglykánov a dokonca prostredníctvom samotných buniek (Myers, 2020). Fasciálny systém možno vnímať na pomedzí kontaktného a metabolického vzťahu, ktorý bude bližšie popísaný nižšie.

Obrázok 26

Spojivové tkanivo tvoriace syncytium - kontinuitu buniek a medzibunkových vlákien, v ktorom môžu bunky prenášať napätie prostredníctvom celej siete extracelulárnej matrix (Myers, 2020).



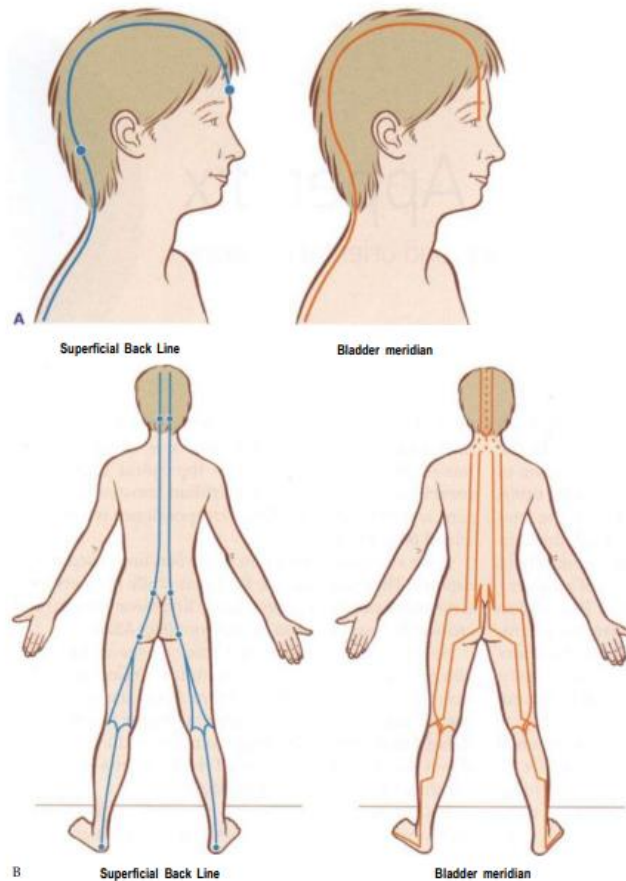
Fascie a chôdza

Pri každom kroku sa myofasciálny reťazec dolnej končatiny pripravuje na prijatie hmotnosti tela a reakciu zeme. Akonáhle dopadne päta a začne sa prevracanie chodidla, myofasciálny reťazec SBL (vid'. obr. nižšie) prevezme kontrolu nad zadnou časťou DK a zapája sa do extenzie bedrového kĺbu a plantárnej flexie v členku. Bez ohľadu na sekvenciu zapojenia svalov, celá spodná časť SBL je zapojená kontinuálne od spodnej časti chrbta až po prsty na nohách počas celej tejto fázy (Myers, 2020).

Navyše na základe Obrázku 23, viz nižšie, dedukovať možnú viscero-vertebrálnu súvislosť medzi močovým mechúrom, respektíve jeho aktuálnym stavom a prevedením chôdze.

Obrázok 27

Dráha zadnej myofasciálnej línie (SBL) v blízkej korešpondencii s meridiánom močového mechúra (Myers, 2020)



Poznámka. SBL - (superficial back line) - povrchová zadná myofasciálna línia. Vedie odspodu chodidla po zadnej strane DK až ku krížovej kosti a cez chrbát až k lebke, cez ktorú prechádza dopredu na čelo. Bladder meridian- meridián močového mechúra

Panva v „sieti fascií“

Často sa hovorí o funkčnom prepojení chodidla a panvy, respektíve panvového dna. Dané prepojenie z myofasciálneho hľadiska začína u musculus tibialis anterior a peroneus longus, ktorých rovnováha respektíve nerovnováha udáva inverzné alebo everzné postavenie nohy. Prostredníctvom špirálnej línie (SPL) je tento „tibiálne-peroneálny záves“ v prepojení s panvou. Myers (2020) udáva jeho vplyv na anteverzný sklon panvy.

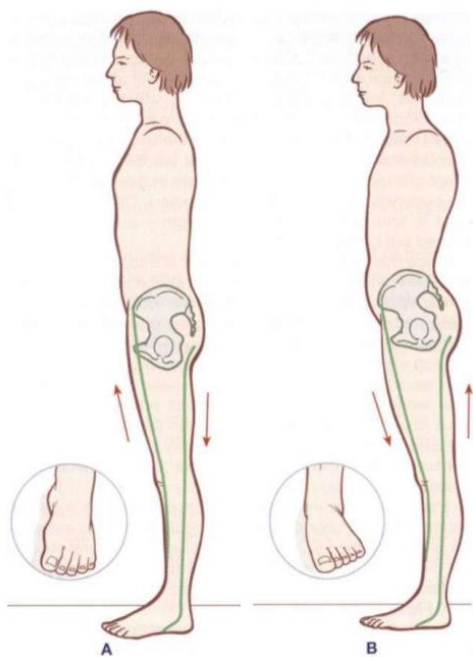
SPL totiž obtáča telo v dvojitej špirále, pričom od bedrového kĺbu prechádza pozdĺž anterolaterálneho stehna a predkolenia k pozdĺžnej klenbe nohy a naprieč chodidlom pokračuje

po zadnej strane dolnej končatiny k sedacej kosti, kde sa napája na myofasciálnu líniu vpramovača trupu.

Z toho vyplýva, že veľmi napätá SPL v zadnej časti by mohla prekonať prednú časť SPL a vytvoriť podsadenie panvy a vybočenie chodidla do everzie. Pri opačnom vzore, kedy je chodidlo v inverznom postavení s anteverzným sklonom panvy dochádza k skráteniu pozdĺž prednej časti dolnej SPL (tibialis anterior) alebo prednej časti SPL celkovo (Myers, 2009).

Obrázok 28

Súvislosť medzi nožnou klenbou a anteverzným postavením panvy (Myers, 2020)

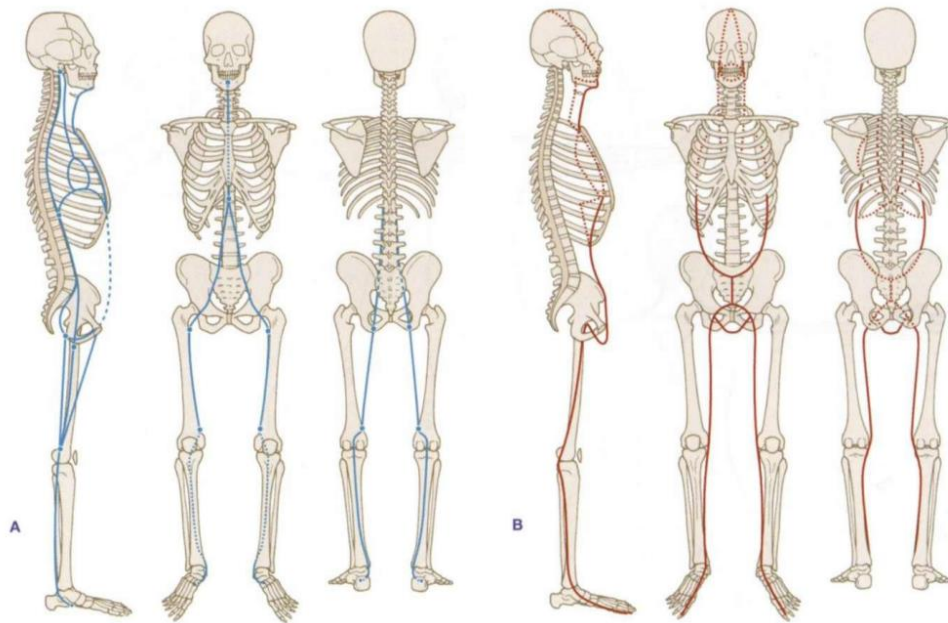


Poznámka. SPL - (superficial posterior line) - povrchová zadná myofasciálna línia.

S ohľadom na zapojenie myofasciálnych reťazcov pri chôdzi, je pre pohyb panvy dôležitá koordinácia hlbkej prednej línie (DFL), pričom línia, ktorá sa musí pohybovať v najväčšom rozsahu a zabezpečiť najväčšie prispôbenie a stabilitu, je laterálna myofasciálna línia. To má opäť súvislosť so zdravím pečene a žlčníka, čím nepriamo nadväzujeme na tretí vzťah, metabolický (Myers, 2020).

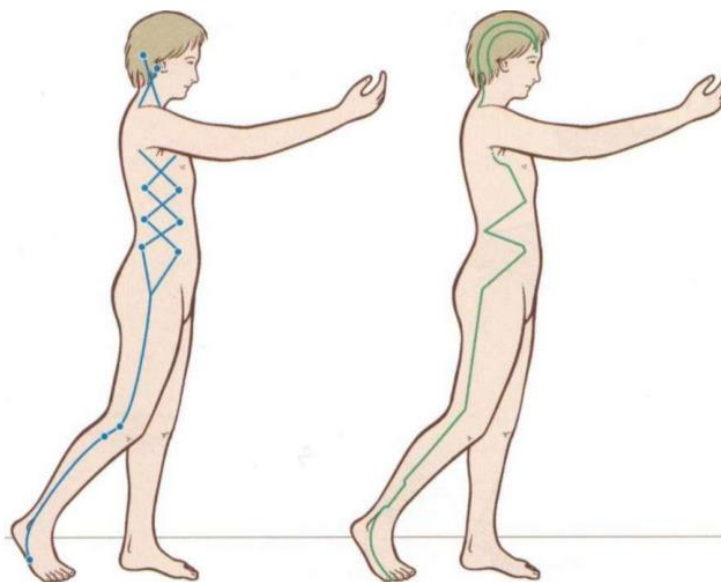
Obrázok 29

Dráha hlbkej prednej myofasciálnej línie (DFL), vyznačené modrou (A), v blízkej korešpondencii s meridiánom pečene, vyznačené červenou (B) (Myers, 2020)



Obrázok 30

Dráha laterálnej myofasciálnej línie, vyznačené modrou, v blízkej korešpondencii s meridiánom žlčníka, vyznačené zelenou (Myers, 2020)



3. Vzťah metabolický

Stav a lokálny metabolizmus jednotlivých vnútorných orgánov zasahuje do metabolizmu celého tela. To znamená, že ich funkčné či štrukturálne poruchy vedia narušiť vnútorné prostredie organizmu, čo sa prejaví aj na pohybovom aparáte. Je nutné zdôrazniť, že tento metabolický vplyv je vždy systémový, to znamená, že sa prejaví v celom pohybovom aparáte vo všetkých častiach tela (Tichý, 2009).

V našom prípade možno pod metabolické vplyvy zaradiť hormonálne pôsobenie či zmeny prekrvenia orgánov malej panvy v priebehu menštruačného cyklu ženy, ktoré boli v tejto práci popísané vyššie.

Keďže estrogénové a progesterónové receptory sú prítomné v kostiach, väzivách, svaloch či nervovom systéme a vyššia hladina estrogénu koreluje s vyššou laxitou väziva, predpokladá sa, že zmeny hormonálnych hladín v jednotlivých menštruačných fázach môžu ovplyvniť štruktúru a funkciu týchto tkanív (El-Shafei et al., 2021). Z toho vyplýva, že hormonálne zmeny môžu viesť ku tkanivovým zmenám v oblasti panvy, čo by mohlo mať vplyv na jej pohyblivosť a následne prevedenie chôdze, avšak tento predpoklad doteraz ešte nebol výskumne popísaný.

Možno sem zaradiť aj vyššie spomenuté zdravie pečene, žlčníka a močového mechúra, čo môže mať nepriamy vplyv na menštruačný cyklus. Tieto orgány totiž zohrávajú dôležitú metabolickú úlohu, pričom pečeň zabezpečuje reguláciu hormónov, vrátane tých, ktoré sa podieľajú na menštruačnom cykle (Stempak-Droissart et al., 2022).

Principiálne

Komunikácia je sprostredkovaná

*„mäkkotkanivovou cestou“ (jemnohmotnou cestou) – tekuto-informačný systém-
cievnym a nervovým systémom spolu s fasciami ich obalujúcimi*

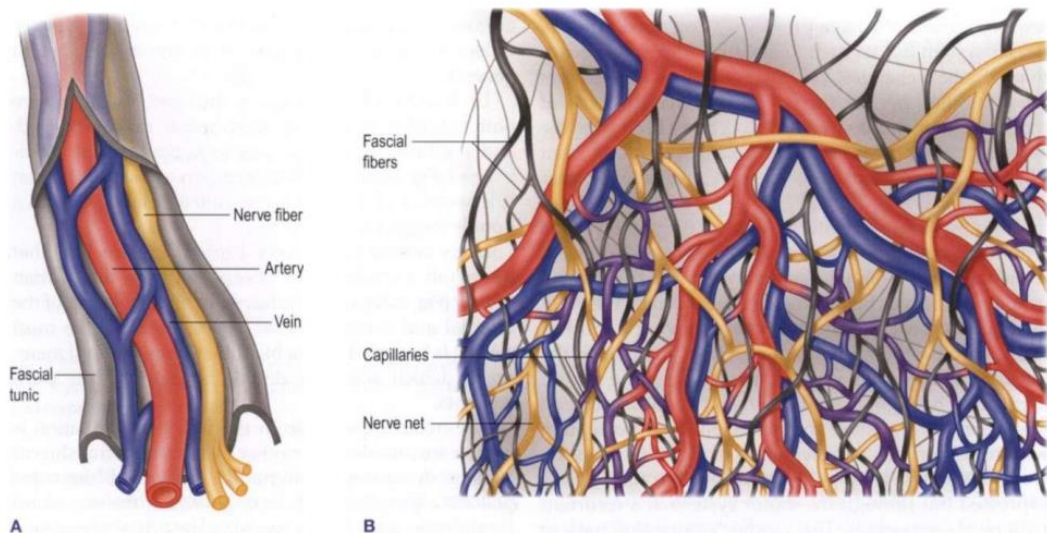
*„tvrdotkanivovou cestou“ (hrubohmotnou cestou) – mechanicky-informačný systém-
kostnými štruktúrami*

Nemôžeme úplne oddeliť mechanickú komunikáciu vláknitej siete od neurologickej komunikácie, ktorá by sa mohla vyskytnúť takmer súčasne. Zároveň ich prepájajú mechanoreceptory, ktoré prenášajú informácie z fasciálnej siete na nervový systém. Táto fasciálna sieť je najväčším "zmyslovým orgánom" v tele, ktorý prevyšuje dokonca aj oči alebo uši.

Rovnako nemožno uvažovať oddelene ani o krvnej cirkulácii, ktorá prináša výživu, a tak umožňuje každému systému fungovať na prvom mieste. V skutočnosti je každý biologický systém vo svojej podstate tekutinovo-chemický systém závislý od toku (Myers, 2009). Hormóny a neurotransmitery informujú obehový systém, čo si "myslí" nervová sieť, neuropeptidy a iné chemické látky podobné hormónom informujú nervový systém o tom, čo "cíti" obehový systém. Cirkulačná sieť dodáva proteíny do vláknitej siete a udržiava turgor vo vnútri tlakových vakov v systéme. Vlákňitá sieť usmerňuje tok tekutín, sprostredkováva ho a zároveň aj obmedzuje (Myers, 2020).

Obrázok 31

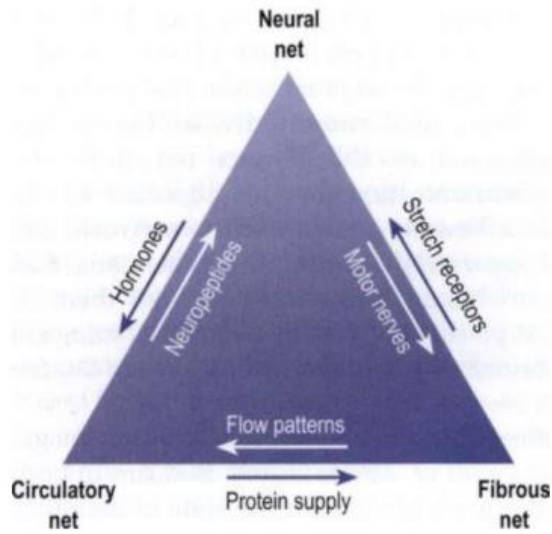
Vyobrazenie tekuto-infomačného systému tela (Myers, 2020)



Vyššie popísané vzťahy možno nazvať holistickými sieťami. Každá zo sietí má "vyslancov" v ostatných sieťach, ktorí menia ich stav a udržiavajú vzájomnú informovanosť a reguláciu systémov. Daný princíp je vyobrazený na obrázku 30.

Obrázok 32

Holistické siete (Myers, 2020)



Poznámka. circulatory net- cievna sieť, fibrous net- vlákňitá sieť, neural net- nervová sieť, hormones- hormóny, neuropeptides- neuropeptidy, flow patterns- vzorce toku, protein supply- zásoba proteínov, stretch receptors- receptory citlivé na napísanie, motor nerves- motorické nervy

3 CIELE A HYPOTÉZY

3.1 Hlavný cieľ

Hlavným cieľom je porovnanie rozsahu pohybu panvy a trupu v rámci chôdzového cyklu u zdravých mladých žien v periovulačnej a menštruačnej fáze MC.

3.2 Čiastkové ciele

- 1) Porovnanie rozsahu pohybu panvy v rámci chôdzového cyklu zdravých mladých žien v periovulačnej a menštruačnej fáze MC.
- 2) Porovnanie rozsahu pohybu trupu v rámci chôdzového cyklu zdravých mladých žien v periovulačnej a menštruačnej fáze MC.

3.3 Hypotézy

- 1) Rozsah pohybu panvy počas chôdze je u zdravých mladých žien vyšší v periovulačnej fáze MC v porovnaní s menštruačnou fázou MC.
- 2) Rozsah pohybu trupu počas chôdze je u zdravých mladých žien vyšší v periovulačnej fáze MC v porovnaní s menštruačnou fázou MC.

Poznámka. Rozsah pohybu bude v oboch hypotézach hodnotený v troch anatomických rovinách - sagitálnej, frontálnej a transverzálnej.

4 METODIKA

4.1 Dizajn štúdie

Táto diplomová práca predstavuje observačnú prierezovú štúdiu zaoberajúcu sa kinematickou analýzou pohybu panvy a trupu pri chôdzi u žien v periovulačnej a menštruačnej fáze MC. Je súčasťou projektu s názvom „Provedení chůze u zdravých mladých žen v různých fázích menstruačního cyklu“, ktorý bol dňa 6.1.2022 schválený Etickou komisiou FTK UP v Olomouci (Príloha 1) pod jednacím číslom 2/2022.

Výskum tohto projektu hodnotil okrem kinematickej analýzy chôdze i dynamickú analýzu chôdze a elektromyografickú (EMG) aktivitu vybraných svalov počas chôdze. Z toho dôvodu bude v tejto práci metodika popísaná v súlade s celým výskumom projektu, hoci sa pri jej tvorbe použila len časť údajov.

4.2 Výskumný súbor

Výskumu sa zúčastnilo 20 žien, z toho plne vyhodnotených vyšlo 18 probandiek. Zvyšné 2 účastníčky nebolo možné zhodnotiť z dôvodu nedokončenia merania. Vekové rozmedzie bolo 18-26 rokov, priemerný vek 22 so smerodatnou odchýlkou ± 4 roky, priemerná výška $169 \pm 5,3$ cm, priemerná váha $63,4 \pm 6,8$ kg a priemerné BMI $22,25 \pm 2,5$ kg/m². Každá záujemkyňa o účasť vo výskume vyplnila dotazník zameraný na anamnestické údaje a inkluzívne, exkluzívne kritériá, na základe ktorého sa rozhodlo o jej zaradení do výskumu.

Do vstupných kritérií sa radilo vekové rozmedzie 18-26 rokov a zdravý MC, ktorý je definovaný ako pravidelný, s dĺžkou 28 ± 5 dní v priebehu posledných 6 mesiacov. Medzi vylučovacie kritériá patrila predmenštruačná alebo menštruačná bolesť, pri ktorej je potrebná analgetická medikácia, či jej určenie v rozsahu VAS > 3. Ďalej nepravidelný cyklus, krvácanie mimo dni menštruácie, užívanie hormonálnej antikoncepcie v posledných 6 mesiacoch, gravidita a pôrody, gynekologická diagnóza či iné systémové ochorenie vyžadujúce liečbu, akútne ochorenie alebo úrazy pohybového aparátu, fajčenie, abúzus, obezita (BMI > 30 kg/m²) a profesionál na športová činnosť.

4.3 Metódy zberu dát

4.3.1 *Priebeh tvorby a prípravy výskumného súboru*

Vstupné a výstupné kritériá sa overovali prostredníctvom online ankety v prostredí Google Forms. Po splnení daných kritérií, vybrané účastníčky absolvovali informačnú schôdzu, kde boli oboznámené o priebehu výskumného merania a okrem základných informácií z ankety Google Forms, o nich boli zhromaždené ďalšie údaje v súvislosti so stresom, stravou a cvičením. Zároveň prebehla edukácia probandiek pre stanovenie očakávaného dňa ovulácie. Kalendárnou metódou si podľa dĺžky cyklu za posledné 3 mesiace mali vypočítať očakávaný deň ovulácie. K jeho potvrdeniu im boli rozdane LH testovacie prúžky (SeeNow LH, Nantong Egens Biotechnology Co., Ltd.) pre self-monitoring vzostupu luteinizačného hormónu v domácom prostredí. Probandky boli zoznámené o spôsobe prevedenia detekcie ovulácie prostredníctvom LH prúžkov, a to z moču ideálne v ranej dobe, prípadne v rovnakú dobu dňa. V prípade pozitivity testu boli probandky zainštruované k nakontaktovaniu niekoho z členov výskumného tímu. Pred začiatkom samotného výskumu bol s každou účastníčkou podpísaný informovaný súhlas.

4.3.2 *Priebeh laboratórneho merania*

Meranie prebiehalo v 2 fázach. Do 72 hodín po detekcii pozitívneho LH testu bolo prevedené meranie v periovulačnej fáze cyklu. Meranie v menštruačnej fáze bolo uskutočnené 1. až 3. deň od začiatku krvácania. Na poradí merania v jednotlivých fázach cyklu nezáležalo, pričom prevádzané výskumné úlohy boli v oboch fázach cyklu zhodné.

Výskumné meranie prebiehalo v Laboratóriu chôdze Centra kinantropologického výskumu FTK UP s využitím kinematického systému Vicon Vantage V5 (Oxford Metrics, Oxford, UK). Chôdza bola meraná na 10 metrov dlhom úseku umelo vytvoreného chodníka, ktorý obsahoval dve silové piezoelektrické plošiny Kistler (typ 9286AA, Kistler Instrumente AG, Winterthur, Švajčiarsko). Pohyb bol zaznamenávaný optickou metódou s frekvenciou 200 Hz za použitia ôsmich optoelektronických kamier emitujúcich infračervené (IR) žiarenie. Pred začiatkom merania vždy prebehla kalibrácia systému kamier v software Vicon Nexus s ich následnou parametrizáciou v priestore do globálneho súradného systému. To bolo prevedené za použitia kalibračnej tyčky a troch markrov umiestnených v rohoch silovej plošiny chodníka. V počítači bola taktiež vytvorená pre každú probandku zložka, do ktorej sa ukladali dáta z oboch

meraní. Samotné meranie prevádzali dvaja členovia výskumného tímu, pričom pozostávalo z ovládania systému Vicon, inštruovania probandky a lepenia značiek na jej telo.

Každá účastníčka bola na začiatku oboch meraní oboznámená o ich priebehu a špecifikách. Boli jej vysvetlené pokyny k prevedeniu chôdze s možnosťou vyskúšania si chôdze „nanečisto“. Tým sa zvýšila schopnosť probandiek prejsť meraný úsek prirodzenou chôdzou.

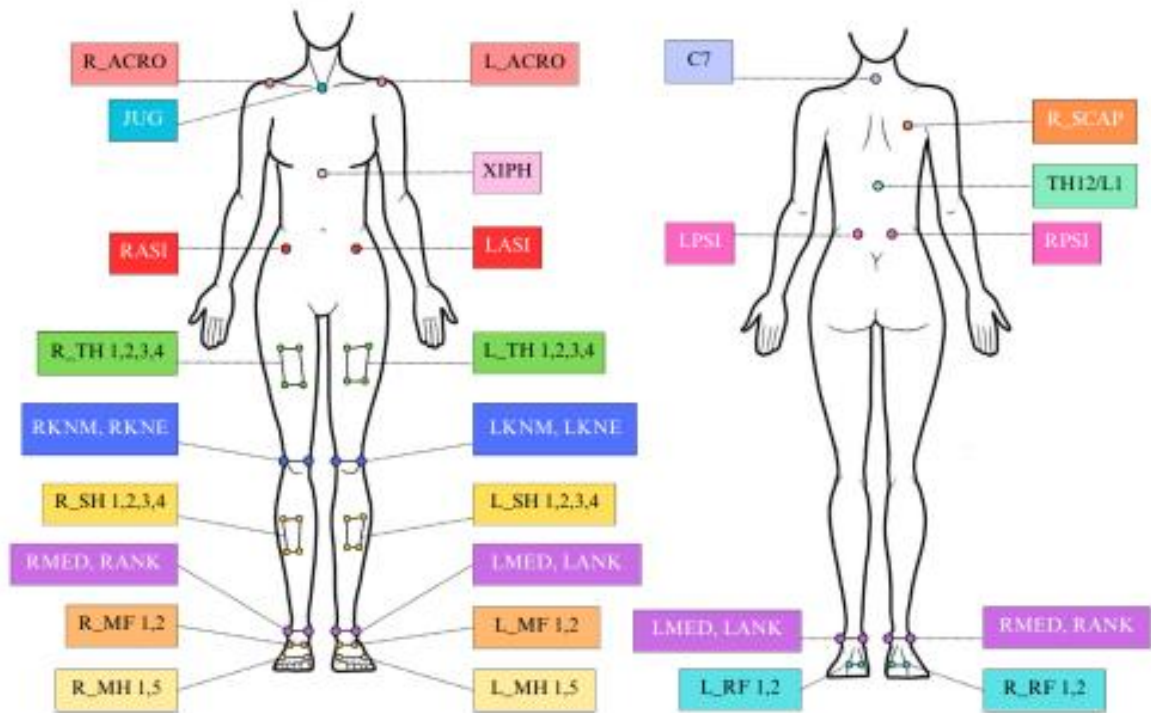
Pre zaznamenanie kinematických parametrov chôdze, bolo potrebné určiť segmenty tela probandky. K tomu boli použité pasívne značky prekryté retroreflexnou páskou odrážajúcou IR žiarenie z kamier. Lokálny súradný systém daných značiek na tele každej probandky zodpovedal anatomickým štruktúram na panve, trupe a dolných končatinách. Časť značiek označovaných ako anatomické s obojstranným umiestnením na mediálnom a laterálnom kondyle femuru, mediálnom a laterálnom malleole a hlavičke I. a V. metatarza, boli zohľadnené pri statickom snímku probandiek a následne z ich tela sňaté. Zvyšné značky, použité už pre samotné meranie chôdze, boli pomocou obojstrannej lepiacej pásky prilepené na chodidlách, konkrétne na palci, malíčku, prvom a piatom metatarze a mediálnej a laterálnej hrane päty. Ďalej na panve, a to obojstranne na spina iliaca anterior superior a spina iliaca anterior posterior. Na trupe boli značky umiestnené nad processus spinosus stavcov Th12/L1, C7, ďalej na pravej lopatke, akromione vpravo i vľavo, vo fossa jugularis a nad processus xiphoides. Na stehná a lýtka dolných končatín boli prostredníctvom elastických pások obojstranne pripevnené štyri „clustre“, každý so štyrmi reflexnými značkami.

Následne bola prevedená statická kalibrácia dát. Probandka mala pred meraním „naostro“ možnosť niekoľkých cvičných pokusov chôdze pre osvojenie si pohybu so značkami na tele.

Samotné meranie bolo prevádzané naboso, pričom bolo nasnímaných 10 pokusov chôdze prirodzenou rýchlosťou. Taktiež bola meraná iniciácia chôdze a stoj na jednej DK. Tieto dáta boli však pri vyhodnocovaní dát z výskumu vyradené. Probandky po každom meraní vyplnili dotazník hodnotiaci subjektívne vnímanie chôdze (prirodzenosť, uvoľnenosť) a dotazník VAS (Visual Analogue Scale) hodnotiaci menštruačnú bolesť či aktuálnu bolesť pri meraní v periovulačnej fáze.

Obrázok 33

Schéma umiestnenia reflexných značiek (Murlová, 2023)



Poznámka. R_ACRO - pravý acromion, L_ACRO - ľavý akromion, JUG - fossa jugularis, XIPH - processus xiphoideus, RASI - pravá predná horná spina, LASI - ľavá predná horná spina, R_TH 1 - pravé stehno - bod vpravo hore, R_TH 2 - R_TH2 - pravé stehno - bod vpravo dole, R_TH 3 - pravé stehno - bod vľavo dole, R_TH 4 - pravé stehno - bod vľavo hore, L_TH 1 - ľavé stehno - bod vľavo hore, L_TH 2 - ľavé stehno - bod vľavo dole, L_TH 3 - ľavé stehno - bod vpravo dole, L_TH 4 - ľavé stehno - bod vpravo hore, RKNM - pravé koleno mediálna strana, RKNE - pravé koleno laterálna strana, R_SH 1 - pravá holeň - bod vľavo hore, R_SH 2 - pravá holeň - bod vľavo dole, R_SH 3 - pravá holeň - bod vpravo dole, R_SH 4 - pravá holeň - bod vpravo hore, L_SH 1 - ľavá holeň - bod vľavo hore, L_SH 2 - ľavá holeň - bod vľavo dole, L_SH 3 - ľavá holeň - bod vpravo dole, L_SH 4 - ľavá holeň - bod vpravo hore, RMED - pravý mediálny malleolus, RANK - pravý laterálny malleolus, LMED - ľavý mediálny malleolus, LANK - ľavý laterálny malleolus, R_MF 1 - pravý prvý metatarz, R_MF 2 - pravý piaty metatarz, L_MF 1 - ľavý prvý metatarz, L_MF 2 - ľavý piaty metatarz, R_MH 1 - pravý palec, R_MH 5 - pravý malíček, L_MH 1 - ľavý palec, L_MH 2 - ľavý malíček, C7 - proc. spinosus siedmého krčného stavca, R_SCAP - pravá lopatka, TH12/L1 - prechod dvanásteho hrudného a prvého drienkového stavca, LPSI - ľavá zadná horná spina, RPSI - pravá zadná horná spina, L_RF 1 - ľavá mediálna hrana päty, L_RF 2 - ľavá laterálna hrana päty, R_RF 1 - pravá mediálna hrana päty, R_RF 2 - pravá laterálna hrana päty

4.4 Analýza dát

4.4.1 Vyhodnotenie dát

Pre získanie záznamu chôdze a súradníc bodov sa použil Vicon Nexus 2.11 (Oxford Metrics Group, Londýn, Spojené kráľovstvo). Záznamy jednotlivých pokusov sa v tomto programe zredukovali na dva cykly chôdze, vyplnili sa prípadné malé medzery v zázname a následne bola prevedená exportácia dát s vytvorením trojrozmerného modelu.

Tieto údaje sa potom spracovali v programe Visual3D, aby sa získalo trojrozmerné zobrazenie dolných končatín, panvy a trupu. Údaje následne prešli automatickými filtrami, ktoré vytvorili grafy zobrazujúce výsledky meraní. Hodnoty parametrov, ktoré sme hľadali, pohyby panvy a trupu v sagitálnej, frontálnej a transverzálnej rovine, boli rovnako získané pomocou tohto softvéru. Číselné údaje boli následne exportované do programu Microsoft Excel a transformované do tabuliek a grafov.

4.4.2 Štatistické spracovanie dát

Na štatistické spracovanie údajov sa použil program Statistica (verzia 13, Palo Alto, CA, USA). K overeniu normality rozloženia dát bol použitý test Kolmogorov-Smirnov. Rozdelenie údajov bolo normálne. Pre porovnanie hodnôt získaných z meraní v menštruačnej a periovulačnej fáze MC sa použil párový t-test. Za hranicu štatistickej významnosti bola určená hodnota $\alpha = 0,05$.

5 VÝSLEDKY

5.1 Výsledky k hypotéze H1

H1: Rozsah pohybu panvy v priebehu chôdze je u zdravých mladých žien vyšší v periovulačnej fáze MC v porovnaní s menštruačnou fázou MC.

Pri porovnaní nameraných hodnôt pohybu panvy boli zistené štatisticky významné rozdiely medzi jednotlivými meraniami, a to v siedmych nameraných hodnotách v každej z anatomických rovín. Tieto hodnoty sú vyznačené červenou v tabuľke (Tabuľka 1), viz nižšie. Rozdiely v pohyboch panvy v periovulačnej a menštruačnej fáze sú v rámci jednotlivých rovín znázornené na nižšie uvedených grafoch (Graf 1, Graf 2, Graf 3).

Tabuľka 1

Hodnoty pohybov panvy v troch rovinách

Panva_ ANATOMICKÁ rovina	Parametre pohybu	Menštruácia		Ovulácia		Hladina p
		priemer	SD	priemer	SD	
Panva_ SAGITÁLNA rovina	rozsah	3,1	0,9	3,5	0,9	0,026
	max	-8,7	4,5	-7,3	3,9	0,216
	min	-11,8	4,1	-10,8	4,0	0,349
Panva_ FRONTÁLNA rovina	rozsah	10,3	2,9	11,4	2,6	0,003
	max	5,2	1,4	5,8	1,4	0,002
	min	-5,1	1,5	-5,6	1,2	0,011
Panva_ TRANSVERZÁLNA rovina	rozsah	14,4	5,3	16,4	6,3	0,000
	max	7,7	2,8	8,7	3,1	0,000
	min	-6,7	2,7	-7,6	3,3	0,001

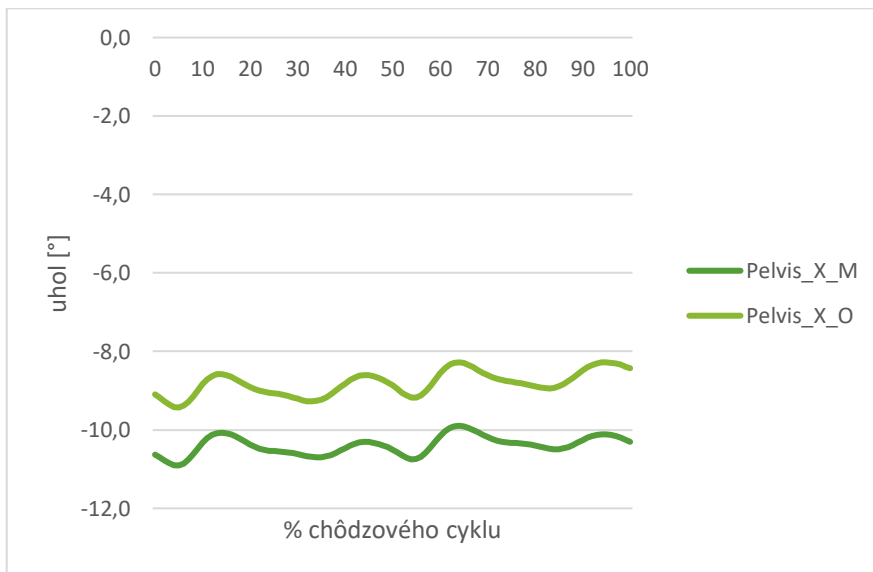
Poznámka. SD - smerodatná odchýlka, Hladina p - hladina štatistickej významnosti.

1) Pre pohyb panvy v SAGITÁLNEJ rovine bol zistený

- štatisticky významný rozdiel $p= 0,026$ pre *rozsah pohybu panvy* medzi menštruačnou a periovulačnou fázou MC
- štatisticky nevýznamný rozdiel $p= 0,216$ pre *maximum pohybu panvy* a $p= 0,349$ pre *minimum pohybu panvy* medzi menštruačnou a periovulačnou fázou MC
- vyšší rozsah pohybu panvy v periovulačnej fáze
- vyššia miera antevertzie panvy v priebehu celého chôdzového cyklu v menštruačnej fáze MC

Graf 1

Priemerné hodnoty pohybov panvy v SAGITÁLNEJ rovine v období ovulácie a menštruácie



Poznámka. Pelvis_X_M - krivka pohybu panvy v sagitálnej rovine behom menštruačnej fázy MC,

Pelvis_X_O - krivka pohybu panvy v sagitálnej rovine behom periovulačnej fázy MC

Z Grafu 1 vyplýva:

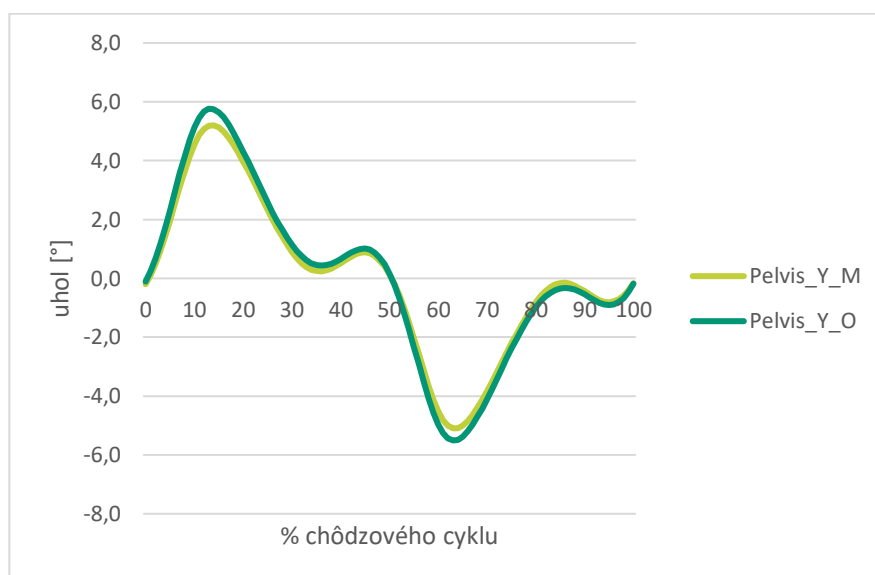
- v sagitálnej rovine je väčšia miera antevertzie panvy v priebehu celého chôdzového cyklu v menštruačnej fáze - krivka v menštruačnej fáze je oproti krivke v periovulačnej fáze posunutá o niekoľko stupňov
- v sagitálnej rovine je vyšší rozsah pohybu panvy v periovulačnej fáze

2) Pre pohyb panvy vo FRONTÁLNEJ rovine bol zistený

- štatisticky významný rozdiel $p=0,003$ pre rozsah pohybu panvy, $p=0,002$ pre maximum pohybu panvy a $p=0,011$ pre minimum pohybu panvy medzi menštruačnou a periovulačnou fázou MC
- vyšší rozsah, maximum a minimum pohybu panvy v periovulačnej fáze

Graf 2

Priemerné hodnoty pohybov panvy vo FRONTÁLNEJ rovine v období menštruácie a ovulácie



Poznámka. Pelvis_Y_M - krivka pohybu panvy vo frontálnej rovine behom menštruačnej fázy MC, Pelvis_Y_O - krivka pohybu panvy vo frontálnej rovine behom periovulačnej fázy MC

Z Grafu 2 vyplýva:

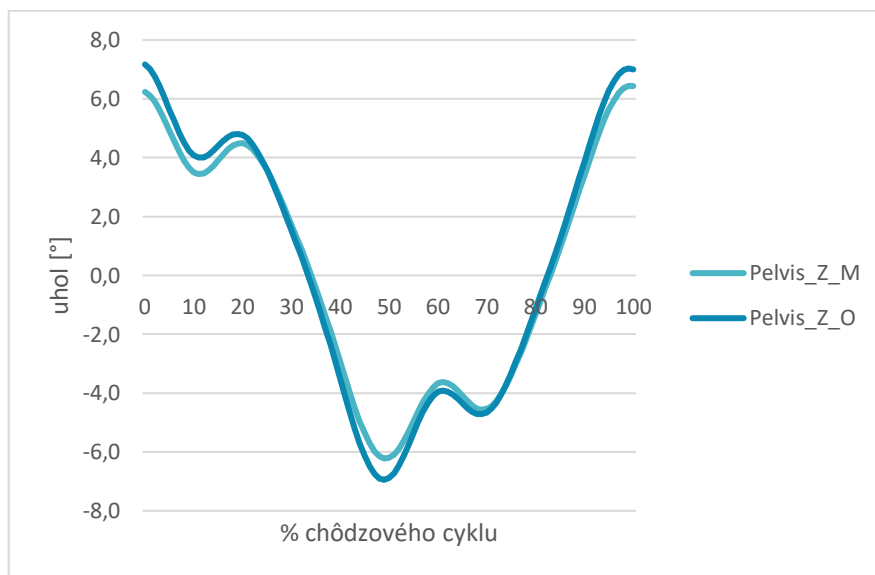
- vo frontálnej rovine je vyšší rozsah pohybu panvy v periovulačnej fáze
- vo frontálnej rovine je vyššie maximum pohybu panvy v periovulačnej fáze
- vo frontálnej rovine je vyššie minimum pohybu panvy v periovulačnej fáze

3) Pre pohyb panvy v TRANSVERZÁLNEJ rovine bol zistený

- štatisticky významný rozdiel $p=0,000$ pre rozsah pohybu panvy, $p=0,000$ pre maximum pohybu panvy a $p=0,001$ pre minimum pohybu panvy medzi menštruačnou a periovulačnou fázou MC
- vyšší rozsah, maximum a minimum pohybu panvy v periovulačnej fáze

Graf 3

Priemerné hodnoty pohybov panvy v TRANSVERZÁLNEJ rovine v období menštruácie a ovulácie



Poznámka. Pelvis_Z_M - krivka pohybu panvy v transverzálnej rovine behom menštruačnej fázy MC, Pelvis_Z_O - krivka pohybu panvy v transverzálnej rovine behom periovulačnej fázy MC

Z Graf 3 vyplýva:

- v transverzálnej rovine je vyšší rozsah pohybu panvy v periovulačnej fáze
 - v transverzálnej rovine je vyššie maximum pohybu panvy v periovulačnej fáze
 - v transverzálnej rovine je vyššie minimum pohybu panvy v periovulačnej fáze
- ❖ S ohľadom na výsledky bola na hladine štatistickej významnosti $p < 0,05$ hypotéza **H1 prijatá**

5.2 Výsledky k hypotéze H2

H2: Rozsah pohybu trupu počas chôdze je u zdravých mladých žien vyšší v periovulačnej fáze MC v porovnaní s menštruačnou fázou MC.

Pri porovnávaní nameraných hodnôt pohybov trupu neboli zistené štatisticky významné rozdiely medzi jednotlivými meraniami, a to ani v jednej z anatomických rovín (Tabuľka 2). Rozdiely v pohyboch trupu v periovulačnej a menštruačnej fáze sú v rámci jednotlivých rovín znázornené na nižšie uvedených grafoch (Graf 4, Graf 5, Graf 6).

Tabuľka 2

Hodnoty rozsahov pohybov trupu

Trup_ ANATOMICKÁ rovina	Parametre pohybu	Menštruácia		Ovulácia		Hladina p
		priemer	SD	priemer	SD	
Trup_ SAGITÁLNA rovina	rozsah	3,7	0,9	3,8	1,0	0,407
	max	-4,2	3,4	-4,2	3,4	0,918
	min	-7,9	3,2	-8,0	3,1	0,766
Trup_ FRONTÁLNA rovina	rozsah	3,1	1,1	3,3	1,2	0,259
	max	1,6	0,6	1,7	0,6	0,356
	min	-1,5	0,6	-1,6	0,6	0,249
Trup_ TRANSVERZÁLNA rovina	rozsah	7,3	1,4	7,4	2,1	0,699
	max	3,7	0,8	3,7	1,0	0,720
	min	-3,6	0,9	-3,7	1,2	0,761

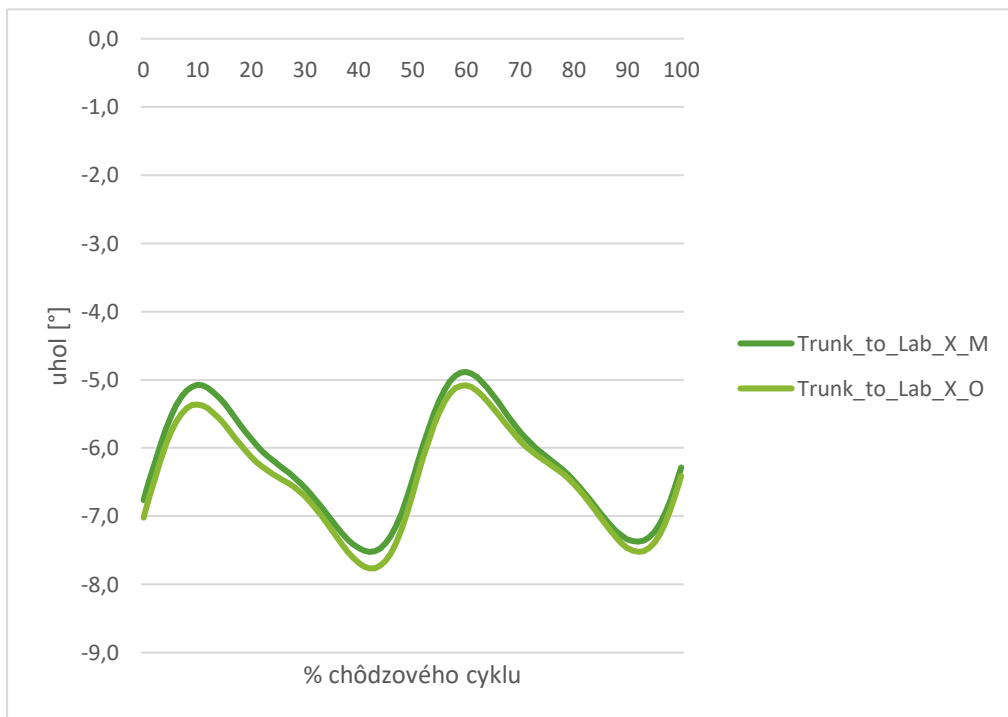
Poznámka. SD - smerodatná odchýlka, Hladina p - hladina štatistickej významnosti.

1) Pre pohyb trupu v SAGITÁLNEJ rovine bol zistený

- štatisticky nevýznamný rozdiel $p= 0,407$ pre *rozsah* pohybu trupu, $p= 0,918$ pre *maximum* pohybu trupu a $p= 0,766$ pre *minimum* pohybu trupu medzi menštruačnou a perioovulačnou fázou MC

Graf 4

Priemerné hodnoty pohybov trupu v SAGITÁLNEJ rovine v období ovulácie a menštruácie



Poznámka. Trunk_to_Lab_X_M - krivka pohybu trupu v sagitálnej rovine behom menštruačnej fázy MC,
Trunk_to_Lab_X_O - krivka pohybu trupu v sagitálnej rovine behom perioovulačnej fázy MC

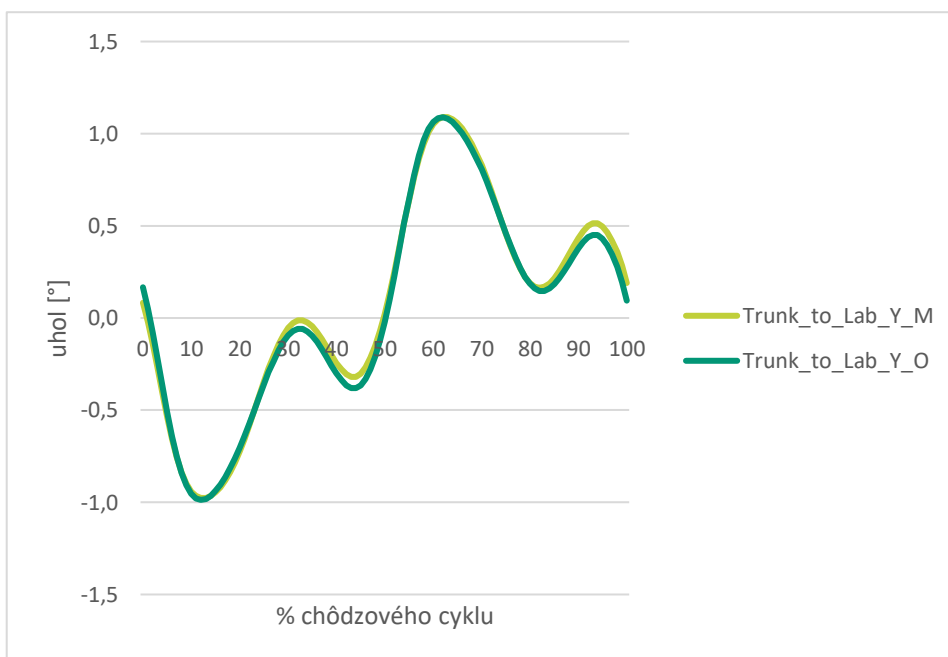
⇒ i keď grafické znázornenie naznačuje mierne rozdiely medzi perioovulačnou a menštruačnou fázou MC, jedná sa o štatisticky nevýznamné rozdiely

2) Pre pohyb trupu vo FRONTÁLNEJ rovine bol zistený

- štatisticky nevýznamný rozdiel $p= 0,259$ pre rozsah pohybu trupu, $p= 0,356$ pre maximum pohybu trupu a $p= 0,249$ pre minimum pohybu trupu medzi menštruačnou a periovulačnou fázou MC

Graf 5

Priemerné hodnoty pohybov trupu vo FRONTÁLNEJ rovine v období ovulácie a menštruácie



Poznámka. Trunk_to_Lab_Y_M - krivka pohybu trupu vo frontálnej rovine behom menštruačnej fázy MC, Trunk_to_Lab_Y_O - krivka pohybu trupu vo frontálnej rovine behom periovulačnej fázy MC

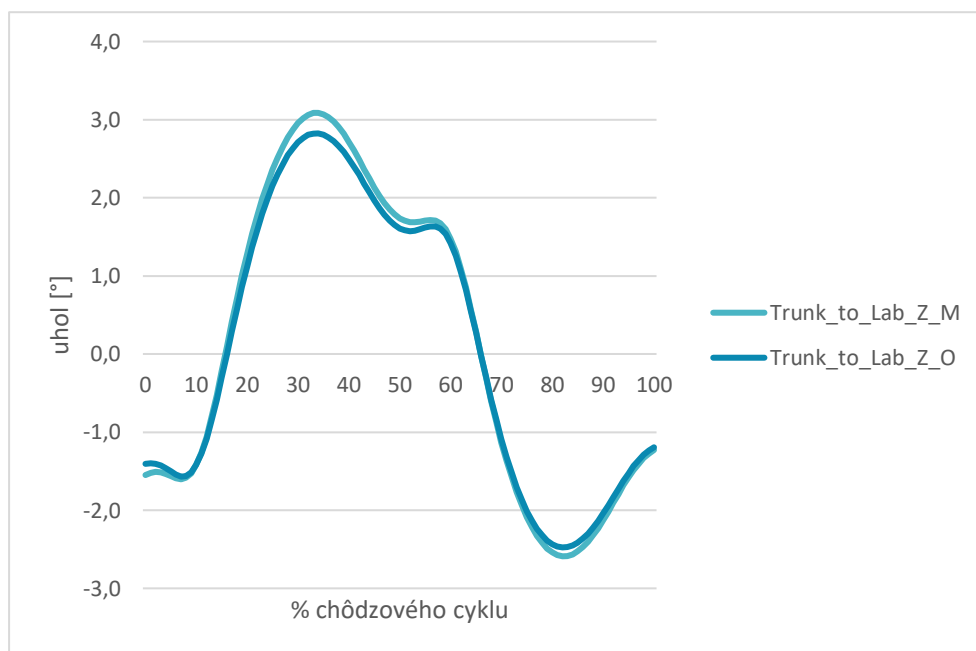
⇒ i keď grafické znázornenie naznačuje mierne rozdiely medzi periovulačnou a menštruačnou fázou MC, jedná sa o štatisticky nevýznamné rozdiely

3) Pre pohyb trupu v TRANSVERZÁLNEJ rovine bol zistený

- štatisticky nevýznamný rozdiel $p= 0,699$ pre *rozsah* pohybu trupu, $p= 0,720$ pre *maximum* pohybu trupu a $p= 0,761$ pre *minimum* pohybu trupu medzi menštruačnou a periovulačnou fázou MC

Graf 6

Priemerné hodnoty pohybov trupu v TRANSVERZÁLNEJ rovine v období ovulácie a menštruácie



Poznámka. Trunk_to_Lab_Z_M - krivka pohybu trupu v transverzálnej rovine behom menštruačnej fázy MC, Trunk_to_Lab_Z_O - krivka pohybu trupu v transverzálnej rovine behom periovulačnej fázy MC

⇒ i keď grafické znázornenie naznačuje mierne rozdiely medzi periovulačnou a menštruačnou fázou MC, jedná sa o štatisticky nevýznamné rozdiely

- ❖ S ohľadom na výsledky bola na hladine štatistickej významnosti $p < 0,05$ hypotéza **H2 zamietnutá**

6 DISKUSIA

Táto diplomová práca skúmala vzťah medzi menštruačným cyklom a chôdzou. Konkrétne kinematiku panvy a trupu pri chôdzi na začiatku a v polovici menštruačného cyklu (MC). To predstavuje obdobie menštruácie, kedy je hladina estrogénu v krvi najnižšia a obdobie ovulácie, kedy je hladina estrogénu v krvi najvyššia (Reed & Carr, 2018). A nakoľko estrogénové a progesterónové receptory sú prítomné v kostiach, väzivách, svaloch či nervovom systéme a zároveň vyššia hladina estrogénu koreluje s vyššou laxicitou väziva, hypotézou bolo, že zmeny hormonálnych hladín v jednotlivých fázach MC môžu ovplyvniť štruktúru a funkciu týchto tkanív a tým ovplyvniť chôdzu (El-Shafei et al., 2021; Zazulak et al., 2006).

Pre výskumné účely tejto práce bolo preto dôležité presné stanovenie ovulácie. K tomu bola použitá kalendárna metóda spolu s detekciou LH z moču, čo sa vedecky považuje za dostačujúce (Janse De Jonge et al., 2019). Paludo (2022) vo svojej metaanalýze však udáva, že pre presnosť merania bol vo väčšine skúmaných štúdií MC u žien sledovaný 1 až 6 mesiacov pred samotným meraním. To sa ukazuje ako dobrá alternatíva pre spresnenie merania, nakoľko ďalšie nástroje upresnenia ovulácie, akými sú ultrazvukové vyšetrenie či meranie sérového estrogénu z krvi, vrámci tohto výskumu neboli prístupné.

I keď téma menštruačného cyklu si vo výskumnej sfére získava v posledných rokoch čoraz viac pozornosti, vzťah medzi menštruačným cyklom a chôdzou je popísaný len minimálnym množstvom štúdií, respektíve vo väčšine je uvedený nepriamo.

Ako bolo písané už v teoretickej časti tejto práce, vplyv MC sa prepisuje na viacero úrovniach ženy. Mnohé štúdie skúmali potenciálny vzťah medzi menštruačným cyklom a fyzickou výkonnosťou, nakoľko sa v ňom odrážajú zmeny z viacero systémov, ako z neuromuskulárneho, tak aj z kardiovaskulárneho a respiračného (McNulty et al., 2020). Výskumy preukázali, že kolísanie hladín estrogénu a progesterónu počas menštruačného cyklu môže ovplyvniť rýchlosť metabolizmu a využitie substrátov. Predpokladá sa, že estrogén má anabolický účinok na kostrové svalstvo a zohráva úlohu pri zmenách substrátového metabolizmu prostredníctvom zvýšeného ukladania svalového glykogénu a zvýšeného využívania tukov. Takisto vplýva na tvorbu červených krviniek a hormóny štítnej žľazy, čo súvisí s kostným metabolizmom a celkovou výkonnosťou (Ansdell et al., 2019; Čihák, 2013).

Celkovo sú výsledky ohľadom výkonnosti v priebehu MC nesúrodé. Dalo by sa však povedať, že vytrvalostné schopnosti sú najoptimálnejšie počas ranej folikulárnej fázy a svalová sila spolu s anaeróbnymi schopnosťami sú najideálnejšie v periovulačnom období (Carmichael et al., 2021; McNulty et al., 2020).

Pochopenie zložitej hormonálnej dynamiky a jej vplyvu na metabolické a výkonnostné procesy je nevyhnutné pre prispôsobenie tréningových intervencií a optimalizáciu športového výkonu u žien. Danú problematiku je však potrebné hlbšie vedecky preskúmať.

Zároveň, už vyššie bolo uvedené, že MC v rámci mimoreprodukčných procesov u žien ovplyvňuje okrem pohybového aparátu, aj ich náladu, chuť k socializácii, kvalitu spánku či level energie. To však nikdy nebolo dané do súvislosti so zmenami v prevedení chôdze. V prípade, že sa však zistenia daných štúdií dajú do korelácie so štúdiami, ktoré sa zameriavali na subjektívne pocity a chôdzu, vyjde nám vzťah medzi chôdzou a menštruačným cyklom.

Mahoney et al. (2021) vo svojej štúdií uvádza, že pocity únavy a zníženej energie, ako javy spojené s obdobím menštruácie, majú vplyv na charakteristiky chôdze a rovnováhu zdravých mladých dospelých. Zároveň v štúdií od Feldman et al. (2019) odhalili, že účastníčky s úzkosťou, ktorá býva u žien spojovaná s predmenštruačným a menštruačným obdobím, sa v porovnaní s kontrolnou skupinou vyznačovali pomalšou rýchlosťou chôdze, kratšou dĺžkou kroku a menším počtom krokov za minútu, ako aj poruchami rovnováhy a koordinácie.

Táto diplomová práca bola postavená na skúmaní kinematiky panvy a trupu pri chôdzi. Nakoľko je však súčasťou väčšieho projektu, v ktorom boli sledované aj časopriestorové parametre chôdze, možno konštatovať, že výsledky vyššie spomenutej štúdie sú podopreté i našim výskumom. Ten totiž preukázal významne rýchlejšiu chôdzu s väčšou dĺžkou kroku u žien v periovulačnom období.

Podobné výsledky vykazujú aj štúdie zameriavajúce sa na charakteristiku chôdze u žien a jej atraktivitu pre mužov. Z pohľadu prosociálneho správania žien v období ovulácie, ktoré sa tak isto spája s ich väčšou spokojnosťou s vlastným telom, sa v štúdií od Guéguen (2012) zistilo, že ženy v blízkosti ovulácie strávili viac času chôdzou pred mužmi a ich chôdza bola vnímaná ako viac atraktívna, keď ju hodnotili muži. Zaujímavé ale je, že v štúdií od Provost et al. (2008) muži výrazne častejšie hodnotili chodkyne v luteálnej fáze ako atraktívnejšie. Toto zistenie je v rozpore aj s predchádzajúcimi výskumami fyzických zmien počas MC, ktoré preukázali vysokú úroveň atraktivity počas vrcholu plodnosti, teda obdobia ovulácie, ale všetky tieto zmeny (telesný pach, atraktivita tváre atď.) sú podnety, ktoré sa prejavujú v menšej miere ako vzor chôdze. Je preto potrebný ďalší výskum, aby sa preskúmali ďalšie signály stavu plodnosti u žien a či šírka signálu ovplyvňuje to, ako na ne muži reagujú.

Dané súvislosti ukazujú, že pre komplexnejší obraz výskumu tejto práce dáva zmysel poznať intraindividuálne rozdiely u žien a prepojiť ich s ich subjektívnymi pocitmi, čo je momentálne v štádiu spracovania.

Vzhľadom k vplyvu MC na pohybový aparát, možno v priebehu cyklu u žien pozorovať odlišnú tendenciu ku vzniku zranení. Na základe poznatku o vplyve estrogénov na laxicitu väziva, je často predmetom výskumu biomechanika dolných končatín, napríklad z hľadiska poranenia predného skríženého väzu či väzov členkového kĺbu a jeho následnej stabilizácie (Balachandar et al., 2017; Zazulak et al., 2006). V tejto súvislosti bola v štúdiách zameraných na neuromuskulárnu kontrolu zistená horšia posturálna stabilita u žien počas periovulačnej fázy (Balachandar et al., 2017, Yim et al., 2018). Nakoľko je známe, že posturálna stabilita v priebehu chôdze úzko súvisí aj s pohybmi panvy, možno uviesť, že zmeny pohyblivosti panvy v periovulačnej fáze, ktoré boli pozorované v našom výskume by pri dynamických pohyboch mohli súvisieť s nižšou stabilitou DK. Z biomechanického pohľadu sú však zmeny panvy a trupu v priebehu MC preskúmané len minimálne.

Provost et al. (2008), ktorý skúmal chôdzu u zdravých žien v priebehu MC zistil významné rozdiely. Z jeho výsledkov je relevantný k téme tejto diplomovej práce rozdiel v priemernom vertikálnom posune bokov, ktorý je v neskorej folikulárnej fáze 89,9 mm a v luteálnej fáze 94,54 mm. Na tomto základe však môže byť vnímaný nedostatok výskumu tejto práce, nakoľko v ňom nebol sledovaný chôdzový cyklus v priebehu celého MC, teda vo folikulárnej a luteálnej fáze, čo by nám v spojení s výsledkami vyššie spomenutej štúdie opäť poskytlo hlbší pohľad do skúmanej problematiky.

Zaujímavé sú zistenia štúdie od Anjos et al. (2023), ktorej cieľom bolo zistiť, ako generalizovaná únava spolu s hormonálnymi zmenami počas menštruačného cyklu ovplyvňuje variabilitu trupu a lokálnu dynamickú stabilitu (LDS) v priebehu chôdze u zdravých žien. Tie ukazujú, že po indukovanej únave prostredníctvom prírastkového testu na bežiacom páse sa variabilita trupu zvýšila a LDS sa znížil. U žien sa však v porovnaní s predchádzajúcimi výsledkami u mužov prejavila tendencia rýchlejšie sa vrátiť k pôvodnej hodnote. Vo folikulárnej fáze, pri ktorej dochádza k menšiemu uvoľňovaniu hormónov, sa dobrovoľníčky takmer úplne zotavili z LDS krátko po prvom oddychovom intervale, čo naznačuje, že ženské hormóny môžu zasahovať do zotavenia z únavy. Napriek tomu, čo sa týka LDS, tá bola v luteálnej fáze výrazne nižšia ako vo folikulárnej fáze. Z toho vyplýva, že ženy, ktoré neužívajú perorálnu antikoncepciu, by si mali zvedomiť náchylnosť na zvýšenú nestabilitu chôdze v predmenštruačnej fáze po náročných aktivitách. V našom prípade však nevyšli významné rozdiely v pohyblivosti trupu v menštruačnej a periovulačnej fáze ani v jednej z anatomických rovin.

V rámci pohyblivosti panvy pri chôdzi sa v tejto práci zistila jej vyššia mobilita v periovulačnej fáze vo všetkých troch anatomických rovinách.

V sagitálnej rovine sa jednalo o väčší rozsah pohybu panvy, avšak minimum ani maximum hodnoty pohybu panvy nevykazovalo signifikantné rozdiely. Je však dôležité spomenúť, že v priebehu celého GC bola v menštruačnej fáze o niekoľko stupňov väčšia anteverzia panvy ako v periovulačnej fáze. Dané zistenie je v súhlase s dátami ohľadom svalovej aktivity v priebehu chôdze, ktoré boli zisťované vrámci výskumu projektu zastrešujúceho túto diplomovú prácu. Prostredníctvom povrchovej EMG sa zistilo, že v priebehu menštruácie dochádza k navýšeniu svalovej aktivity u musculi erectori spinae (ES), respektíve bol dokázaný signifikantný rozdiel na pravom ES. Predmetom skúmania bola aj svalová aktivita brušných svalov, dáta však neboli zhodnotiteľné (Wojnarová, 2023). Zároveň možno v tejto súvislosti myslieť na prepojenie medzi postavením chodidla a postavením panvy, pričom by sa dalo predpokladať, že na základe relatívne vyššej tuhosti tkanív v menštruačnej fáze, by mohlo dochádzať k skráteniu prednej porcie SPL (viz súhrn poznatkov), čo by mohlo potencovať anteverzné postavenie panvy. Zmysluplná by však bola aj úvaha, že v priebehu ovulácie vplyvom estrogénov dochádza k poklesu pozdĺžnej klenby chodidla, čo by mohlo panvu takisto viesť do anteverzného postavenia. Preto je túto problematiku nutno bližšie preskúmať a vedecky podložiť.

Navyše, nakoľko vybrané myofasciálne reťazce, vplývajúce na chôdzu a pohyb panvy pri chôdzi, úzko korelujú s meridiánmi pečene, žlčníka a močového mechúra, ich fyziologická funkcia môže byť ovplyvnená nielen priamymi zmenami reprodukčných hormónov, ale aj nepriamo, respektíve zmenami metabolizmu. Na základe toho možno predložiť jednu z úvah, že naoptimálne fungovanie, preťaženie pečene môže viesť k hormonálnej nerovnováhe s dopadom na menštruačný cyklus. To sa vplyvom myofasciálnych prepojení môže prepisovať do prevedenia chôdze.

Haková (2022) vo svojej práci popisuje signifikantný vplyv typu lokomócie na rozsah anteverzie a retroverzie panvy, kedy so zvyšujúcou sa rýchlosťou chôdze dochádza k väčšiemu rozsahu pohybu panvy v sagitálnej rovine. To koreluje s nálezmi nášho výskumu, kedy pri vyššej mobilite panvy v periovulačnej fáze bola prítomná vyššia rýchlosť chôdze (Murlová, 2023). Zároveň uvádza signifikantný vzťah medzi BMI a rozsahom pohybu panvy do anteverzie a retroverzie. Nakoľko sa daný údaj v priebehu výskumu u probandiek zisťoval, bolo by zaujímavé zistiť naše výsledky v prípade spracovania intraindividuálnych rozdielov. Avšak, u BMI našich probandiek sa nevyskytovali veľké rozdiely, preto sa dá predpokladať, že tento faktor u nich nebude zohrávať rolu.

Vo frontálnej rovine sa zistila väčšia pohyblivosť panvy vo všetkých parametroch, ako v rozsahu, tak v maxime a v minime rozsahu pohybu v periovulačnej fáze MC. Podobne ako

u pohyboch panvy v sagitálnej rovine, aj rozsah zošikmenia panvy pozitívne koreluje s rýchlosťou chôdze (Bruening et al., 2020).

Zaujímavým poznatkom vo výskume od Hakrovej (2022) je, že do určitého veku môže rozsah zošikmenia panvy narastať, nakoľko náklon panvy vo frontálnej rovine napomáha absorpcii nárazov pri pohybe a človek se nachádza na vrchole svojich fyzických síl obvykle okolo 30-tich rokov (Hertzog, 2020). V našom prípade by mohlo byť prínosné porovnať interindividuálne rozdiely v rozsahu pohybu panvy vo frontálnej rovine medzi probandkami na základe ich veku.

Zároveň by sa mohol zrovnáť rozsah zošikmenia panvy s rozsahom jej anteverzie respektíve retroverzie, nakoľko Hakrová (2022) popisuje významný vplyv zošikmenia panvy na pohyb panvy v sagitálnej rovine.

Nakoniec výsledky pohyblivosti panvy v transverzálnej rovine vyšli obdobne ako v rovine frontálnej. Teda bola zistená vyššia pohyblivosť v rozsahu, maxime a i minime pohybu panvy v periovulačnom období.

Pri skúmaní rozsahu rotácie panvy pri chôdzi sa sledovali medzipohlavné rozdiely. Aj keď výsledky nie sú úplne konzistentné, udáva sa, že pri nižších rýchlostiach chôdze je rodový rozdiel v stupni rotácie panvy minimálny, ale so zvyšujúcou sa rýchlosťou chôdze sa rozsah rotácie panvy zvyšoval (Bruening et al., 2020). V tejto súvislosti možno uvažovať spôsobom, že chôdza predstavuje nízku mieru záťaže k tomu, aby preukázala vplyv ženských hormónov cez relevantné rozdiely medzi mužmi a ženami. Tie sa zväčša ukážu až pri vyššej záťaži vo forme rýchlejšej chôdze, respektíve behu, na čo je aj väčšina štúdií zameraných. Zároveň to nepriamo potvrdzuje výsledky tejto práce, nakoľko, ako už bolo viackrát spomenuté, ženy v priebehu ovulácie chodili rýchlejšie (Murlová, 2023). Tu sa tým pádom jasne ukazuje miera vplyvu estrogénu na väčšiu mobility panvy, respektíve jej rotáciu pri chôdzi.

Navyše sa udáva, že väčšia rotácia panvy u žien by mohla súvisieť s dĺžkou kroku. Keďže majú ženy proporčne kratšie DKK v porovnaní s mužmi, vyššia rotácia panvy im umožňuje predĺžiť krok úmerne dĺžke končatiny (Whitcome et al., 2017). Tento predpoklad súhlasí s výsledkami nášho výskumu.

Rotácia panvy pri ľudskej chôdzi je už dlho považovaná za kinematický mechanizmus energeticky účinnej translácie ťažiska (COM). Saunders a kol. vo svojom klasickom článku z roku 1953 opísali striedavú rotáciu panvy vľavo a vpravo ako prvú determinantu chôdze, ktorá pôsobí na zníženie ohybov strednej časti tela na jeho vertikálne oblúkovej dráhe (Whitcome et al., 2017). Richards (2008) udáva, že táto rotácia účinne predlžuje končatinu tým, že zvyšuje krokovú dĺžku nohy a zabraňuje nadmernému poklesu COM tela, teda zmierňuje vertikálnu

exkurziu ťažiska tela (COMv), čím sa zefektívňuje spôsob chôdze. Taktiež má podľa neho vplyv na zníženie nárazu pri došľape.

Podobne to popisuje aj Neumann (2010), ktorý hovorí, že pohyby panvy počas ľudskej chôdze pomáhajú znižovať pohyb ťažiska vo vertikálnom a horizontálnom smere (Neumann 2010). Vo vertikálnom smere sa stred hmotnosti pohybuje po sínusoidálnej krivke, ktorá dosahuje maximum počas každého postoja jednej nohy a minimum počas každého obdobia dvojitej opory, keď sú obe nohy na zemi, čo má za následok dva úplné cykly na jeden cyklus chôdze. Naproti tomu sínusoidálny pohyb v horizontálnom smere dokončí jeden cyklus, pričom sa počas postoja pravej nohy posúva doprava a počas postoja ľavej nohy doľava.

Liang et al. (2014) však zistili, že vplyv rotácie panvy na COMv je zanedbateľný v porovnaní s hlavnými vplyvmi flexie bedrového kĺbu, flexie kolena v stojí a interakcie členka a chodidla.

Skutočnosť vplyvu rotácie panvy na vertikálny pohyb ťažiska by preto bolo potrebné ďalej výskumne overiť.

V teoretickej časti tejto práce bol uvedený termín mimoreprodukčné procesy. Z didaktických dôvodov by sa dalo mimoreprodukčné procesy rozdeliť na extrapelvické a intrapelvické. Intrapelvické zmeny v priebehu MC možno ďalej definovať ako zmeny biomechanického, respektíve somatického charakteru a viscerálneho charakteru. Ako je uvedené v teoretickej časti, ako hlavné komunikačné kanály sa medzi nimi nachádzajú fascie, nervy a cievy.

Vyššie boli popísané výskumy zamerané na mimoreprodukčné procesy v priebehu MC, ktoré cielia predovšetkým na extrapelvické zmeny. Následne bolo nahliadnuté na problematiku intrapelvických zmien somatického charakteru a ich vzájomnú súvzťažnosť s chôdzou. Avšak mimoreprodukčným intrapelvickým zmenám viscerálneho charakteru v priebehu MC je vo výskumnej sfére venovaná len malá, priam žiadna pozornosť. Na základe prehľadu dostupnej literatúry v limitoch tejto diplomovej práce možno konštatovať, že za fyziologických podmienok vplyv zmien reprodukčných orgánov v priebehu menštruačného cyklu na chôdzu ženy nie je výskumne popísaný. Pritom je zjavné, že na základe princípov fyziológie a viscerosomatických vzťahov tam vzájomné vplývajúce prebieha.

Bhattacharai & Staat (2018) uvádza, že vplyv zmenených fasciálnych vlastností na pohyblivosť panvových orgánov sa dá len ťažko vizualizovať pomocou rádiologických techník, preto sa nikdy neskúmali. Avšak prostredníctvom špeciálnej metódy modelovania mäkkých tkanív zistili, že endopelvická fascia (EF) je v panvovom priestore z funkčného hľadiska nosičom indukovaného intraabdominálneho tlaku a zároveň jej štruktúrna integrita je zodpovedná za obmedzenie relatívneho pohybu panvových orgánov. Dalo by sa povedať, že na podklade

súvislostí popísaných v súhrne poznatkov tejto práce sa pri jej výskume pozorovaním zmien pohybu panvy pri chôdzi, nepriamo sledovala aj pohyblivosť orgánov.

U maternice sa popisujú v priebehu menštruácie myometriálne kontrakcie od fundu k cervixu a v priebehu ovulácie kontrakcie o vyššej frekvencii než pri menštruácii v smere od cervixu k fundu. Petros (2010) uvádza, že oslabením ligament závesného aparátu, EP fascie, reprodukčných orgánov vplyvom veku či hormónov môže dôjsť k deaktivácii svalových síl panvového dna pôsobiacich proti silám daných ligament, čo môže viesť k poruche funkcie PD. V prípade, že tento poznatok dáme do súvislosti s pošvou ako ústredným orgánom panvy, ktorý reaguje na kontrakcie maternice v priebehu ovulácie, možno predložiť hypotézu, že kraniálnym ťahom cez EP fasciu vplýva na PD a tým zabezpečuje jeho optimálny tonus. Týmto by sa vykompenzovala estrogénom indukovaná zvýšená laxicita väziva, čo by v prípade neprítomnosti kompenzačného vplyvu mohlo viesť k príliš veľkej mobilite panvy nielen pri chôdzi v priebehu ovulácie.

S ohľadom na skúmanie zmien na tele ženy v periovulačnom období by mohlo byť zaujímavé zrovnať hladiny estrogénu v krvi v prvom trimestri tehotenstva so ženami v periovulačnom období. Nakoľko sú fyziologické zmeny u žien v tehotenstve podrobne popísané, dal by sa tým predpokladať možný typ a miera zmien tela u žien v období ovulácie (Descamps et al., 2000; Meo & Hassain, 2016). Zároveň sa však ponúka otázka, aká je individuálna afinita estrogénových receptorov v jednotlivých tkanivách ženy pre estrogén cirkulujúci v krvi. Pre budúce výskumy by mohlo byť príhodné zvážiť prípadné individuálne prešetrenie ženy v tejto oblasti.

Na základe Tabuľky 1 v súhrne poznatkov možno uvažovať aj spôsobom, že v priebehu menštruácie dochádza k relatívnej relaxácii panvového dna, a to na podklade jeho parasymptomatickej inervácie z vetví S2-S4, čo je zároveň prepojené s vazodilatáciou v panvovej krajine. To koreluje s poznatkami o zvýšenom tlaku a rýchlosti prietoku krvi v myometriu maternice v priebehu menštruácie, opäť odkaz na teoretickú časť tejto práce. Zároveň je vo vaječníkoch v priebehu menštruácie znížená rýchlosť prietoku krvi, čo je v súhlase s našimi výsledkami o anteverznom postavení panvy pri menštruácii, nakoľko je anteverzia panvy zabezpečená primárne z musculus iliopsoas, ktorý je inervovaný zo sympatickej pletene L1-L4 a to je spojené s vazokonstrikciou.

Z týchto úvah však vyplýva otázka, nakoľko sa telo ženy vie zmenám v priebehu MC prispôbiť, adaptovať sa na ne? Vychádza sa však z predpokladu, že nakoľko je menštruačný cyklus fyziologický proces, telo by malo mať kapacitu a mechanizmy na kompenzáciu všetkých zmien, ku ktorým počas MC dochádza.

A zároveň, na základe znalosti, že kinematika panvy sa v priebehu MC pri chôdzi mení, otázka znie, ktorý zo systémov má na zmenu pohyblivosti najväčší vplyv? To by mohlo byť predmetom ďalšieho skúmania.

Projekt, ktorého je táto diplomová práca súčasťou bude pokračovať v meraní žien s primárnou dysmenoreou. V prípade signifikantnej odchýlky medzi pohyblivosťou panvy a trupu pri chôdzi u zdravých žien a u žien s dysmenoreou má výskum zmysel pre klinickú rehabilitáciu, a to ako v diagnostike, tak v terapii. Pri vyšetrení chôdze by prítomnosť danej odchýlky mohla terapeuta v rámci diagnostickej rozvahy viesť ku gynekologickej problematike. Pri terapeutickej intervencii by znalosť súvislostí medzi menštruačným cyklom a chôdzou terapeutovi ponúkala viaceré možnosti „vstupu“ do systému tela pacientky.

7 ZÁVERY

Na základe výsledkov tejto práce možno vyvodiť nasledujúce závery:

1. V priebehu menštruačného cyklu dochádza k ovplyvneniu kinematiky chôdze
2. Kinematika panvy je v periovulačnej a menštruačnej fáze MC rozdielna
3. Kinematika trupu je v periovulačnej a menštruačnej fáze MC bez rozdielu
4. V periovulačnej fáze MC je štatisticky významne vyšší rozsah pohybu panvy v sagitálnej, frontálnej a transverzálnej rovine
5. V menštruačnej fáze MC je v priebehu celého chôdzového cyklu vyššia miera anteverzcie panvy

8 SÚHRN

Táto diplomová práca skúmala zmeny v pohyblivosti panvy a trupu pri chôdzi v priebehu menštruačného cyklu. Teoretická časť práce poskytuje prehľad o chôdzi a chôdzovom cykle a v danej súvislosti bola popísaná kinematika panvy a trupu. Nasledujúce kapitoly sa zaoberajú menštruačným cyklom a jeho vplyvom ako na reprodukčné tak i mimoreprodukčné funkcie tela. Podrobne je popísaná anatómia ženskej panvy v nadväznosti na zmeny, ktoré sa v priebehu menštruačného cyklu môžu v jej jednotlivých systémoch odohrávať. Záverečné kapitoly predkladajú princípy fungovania tela, s jeho komunikačnými cestami dávajúcimi do korelácie problematiku chôdze a menštruačného cyklu.

Praktická časť obsahuje popis prípravy na výskum a jeho priebeh. Štúdie sa zúčastnilo osemnásť žien vo veku od 18 do 26 rokov s fyziologickým menštruačným cyklom. Výskumné meranie bolo prevádzané v biomechanickom laboratóriu za využitia kamerového systému Vicon. Laboratórne prostriedky sa využili na 3D kinematickú analýzu chôdze s cieľom preskúmať cyklus chôdze za pomoci snímania reflexných značiek umiestnených na tele probandky. V periovulačnej aj menštruačnej fáze menštruačného cyklu mala každá účastníčka jedno meranie. Probandky absolvovali desať pokusov prirodzenej chôdze na 10 metrovom úseku umelo vytvoreného chodníka. Hodnotiacim parametrom bol rozsah pohybu panvy a trupu v sagitálnej, frontálnej a transverzálnej rovine pri chôdzi v periovulačnej a menštruačnej fáze. Zo záznamov sa určil pohyb skúmaných segmentov tela, pričom výsledky ukázali zvýšený rozsah pohybu panvy vo všetkých troch rovinách v periovulačnej fáze menštruačného cyklu. V menštruačnej fáze bola zistená zvýšená miera anteverzcie panvy v priebehu celého chôdzového cyklu. V pohyblivosti trupu sa nepreukázali štatisticky významné rozdiely.

V tejto práci sme skúmali zmenu kinematiky panvy a trupu na podklade priameho či nepriameho hormonálneho pôsobenia na tkanivá ženy v periovulačnej a menštruačnej fáze MC. Z výsledkov je patrný významný rozdiel, avšak konkrétne mechanizmy, ktoré sa na tom podieľajú zatiaľ nie sú jasné. Preto pre objasnenie funkčného významu mechanizmov tvoriacich základ pozorovaných zmien v chôdzi u žien v priebehu menštruačného cyklu je potrebný ďalší výskum.

9 SUMMARY

This thesis looked into how the menstrual cycle affected the mobility of the pelvis and trunk during gait. The theoretical part of the thesis provides an overview of gait and the gait cycle and the kinematics of the pelvis and trunk were described in that context. The following chapters deal with the menstrual cycle and its influence on both reproductive and non-reproductive functions of the body. The anatomy of the female pelvis is described in detail in relation to the changes that may take place in its different systems during the menstrual cycle. The final chapters present the principles of the body's functioning, with its communication pathways correlating the issues of gait and the menstrual cycle.

The practical part contains a description of the preparation for the research and its course. Eighteen women aged between 18 and 26 years with a physiological menstrual cycle participated in the study. The research measurements were carried out in a biomechanical laboratory using a Vicon camera system. The laboratory resources were used for 3D kinematic gait analysis in order to investigate the gait cycle using sensing of reflective markers placed on the proband's body. In both the periovulatory and menstrual phases of the menstrual cycle, each participant had one measurement. The probands completed ten trials of natural walking on a 10-m section of an artificially constructed walkway.

The assessment parameter was the range of motion of the pelvis and trunk in the sagittal, frontal and transverse planes during walking in the periovulatory and menstrual phases.

From the records, the motion of the body segments studied was determined and the results showed an increased range of motion of the pelvis in all three planes in the periovulatory phase of the menstrual cycle. In the menstrual phase, an increased degree of pelvic anteversion was found throughout the gait cycle. There were no statistically significant differences in trunk mobility.

In the present study, we investigated the change in pelvic and trunk kinematics under direct or indirect hormonal influence on the tissues of the woman in the periovulatory and menstrual phase of MC. The results show a significant difference, but the specific mechanisms involved are not yet clear. Therefore, further research is needed to elucidate the functional significance of the mechanisms underlying the observed changes in gait in women during the menstrual cycle.

10 REFERENČNÝ ZOZNAM

- Abulafia, O., & Sherer, D. M. (2000). Angiogenesis of the ovary. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, *182*(1), 240–246. [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(00\)70519-9](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(00)70519-9)
- Anjos, L. D., Rodrigues, F., Scataglini, S., Baptista, R. R., Costa, P. L. da, & Vieira, M. F. (2023). Trunk variability and local dynamic stability during gait after generalized fatigue induced by incremental exercise test in young women in different phases of the menstrual cycle. *PeerJ*, *11*, e16223. <https://doi.org/10.7717/peerj.16223>
- 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*(6), 1701–1712. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01041.2018>
- Badyaev, A. V. (2002). Growing apart: An ontogenetic perspective on the evolution of sexual size dimorphism. *Trends in Ecology & Evolution*, *17*(8), 369–378. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02569-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02569-7)
- Baker, F. C., & Lee, K. A. (2018). Menstrual Cycle Effects on Sleep. *Sleep Medicine Clinics*, *13*(3), 283–294. <https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2018.04.002>
- Balachandar, V., Marciniak, J.-L., Wall, O., & Balachandar, C. (2017). Effects of the menstrual cycle on lower-limb biomechanics, neuromuscular control, and anterior cruciate ligament injury risk: A systematic review. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, *7*(1), 136–146. <https://doi.org/10.11138/mltj/2017.7.1.136>
- Barral, J. P., Anderson, S., & Bensky, D. (1993). *Urogenital manipulation* (English language ed). Eastland Press.
- Barral, J.-P., & Mercier, P. (2006). *Viscerální terapie*.
- Bastlová, P. (2018). *Proprioceptivní neuromuskulární facilitace*.

- Bhattarai, A., & Staat, M. (2018). Modelling of Soft Connective Tissues to Investigate Female Pelvic Floor Dysfunctions. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2018, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2018/9518076>
- 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>
- Brännström, M., Zackrisson, U., Hagström, H. G., Josefsson, B., Hellberg, P., Granberg, S., Collins, W. P., & Bourne, T. (1998). Preovulatory changes of blood flow in different regions of the human follicle. *Fertility and Sterility*, 69(3), 435–442. [https://doi.org/10.1016/s0015-0282\(97\)00544-x](https://doi.org/10.1016/s0015-0282(97)00544-x)
- Bruening, D. A., Baird, A. R., Weaver, K. J., & Rasmussen, A. T. (2020). Whole body kinematic sex differences persist across non-dimensional gait speeds. *PLOS ONE*, 15(8), e0237449. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237449>
- 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), Article 4. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041667>
- Critchley, H. O. D., Babayev, E., Bulun, S. E., Clark, S., Garcia-Grau, I., Gregersen, P. K., Kilcoyne, A., Kim, J.-Y. J., Lavender, M., Marsh, E. E., Matteson, K. A., Maybin, J. A., Metz, C. N., Moreno, I., Silk, K., Sommer, M., Simon, C., Tariyal, R., Taylor, H. S., ... Griffith, L. G. (2020). Menstruation: Science and society. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 223(5), 624–664. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.06.004>
- Critchley, H. O. D., Maybin, J. A., Armstrong, G. M., & Williams, A. R. W. (2020). Physiology of the Endometrium and Regulation of Menstruation. *Physiological Reviews*, 100(3), 1149–1179. <https://doi.org/10.1152/physrev.00031.2019>

- Čihák, R. (2013). *Anatomie 2* (3.).
- DeLancey, J. O. (1992). Anatomic aspects of vaginal eversion after hysterectomy. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 166(6 Pt 1), 1717–1724; discussion 1724-1728. [https://doi.org/10.1016/0002-9378\(92\)91562-o](https://doi.org/10.1016/0002-9378(92)91562-o)
- Descamps, P., Marret, H., Binelli, C., Chaplot, S., & Gillard, P. (2000). [Body changes during pregnancy]. *Neuro-Chirurgie*, 46(2), 68–75.
- 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? *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 139, 295–301. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2015.10.024>
- Dimon, T., Qualter, J., & Regnerová, M. (2017). *Anatomie těla v pohybu: Základní kurz anatomie kostí, svalů a kloubů* (Druhé, revidované vydání). Euromedia.
- Drake, R. L. (2019). *Gray's anatomy for students* (4th edition). Elsevier.
- Dylevský, I., Druga, R., & Mrázková, O. (2000). *Funkční anatomie člověka* (1. vyd). Grada.
- Dysfunkce kloubu: Podstata Funkční manuální medicíny (Tichý)* (Druhé, přepracované a doplněné vydání). (2014). Miroslav Tichý.
- Earls, J. (2021). *Zrození k chůzi: Proč a jak chodíme po dvou : myofasciální výkonnost a tělo v pohybu* (René. Souček, Prel.; První vydání). Grada Publishing.
- Edson, M. A., Nagaraja, A. K., & Matzuk, M. M. (2009). The Mammalian Ovary from Genesis to Revelation. *Endocrine Reviews*, 30(6), 624–712. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0012>
- Eisenegger, C., Naef, M., Snozzi, R., Heinrichs, M., & Fehr, E. (2010). Prejudice and truth about the effect of testosterone on human bargaining behaviour. *Nature*, 463(7279), 356–359. <https://doi.org/10.1038/nature08711>
- El-Shafei, M. A., Yousef, A. M., Hamada, H. A., Mohamed, M. F., Al-Shenqiti, A. M., Koura, G. M. R., & López Sánchez, G. F. (2021). Effect of Low Versus High-Heeled Footwear on Spinopelvic Alignment at Different Phases of Menstrual Cycle in Young Adult Women: A

- Biopsychosocial Perspective. *Frontiers in Psychology*, 12, 792446.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.792446>
- Eytan, O., Jaffa, A. J., Har-Toov, J., Dalach, E., & Elad, D. (1999). Dynamics of the Intrauterine Fluid–Wall Interface. *Annals of Biomedical Engineering*, 27(3), 372–379.
<https://doi.org/10.1114/1.181>
- Feldman, R., Schreiber, S., Pick, C. G., & Been, E. (2019). Gait, balance, mobility and muscle strength in people with anxiety compared to healthy individuals. *Human Movement Science*, 67, 102513. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.102513>
- Gage, J. R. (1991). *Gait Analysis in Cerebral Palsy*. Cambridge University Press.
- Gershon, E., & Dekel, N. (2020). Newly Identified Regulators of Ovarian Folliculogenesis and Ovulation. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(12), Article 12.
<https://doi.org/10.3390/ijms21124565>
- Gracovetsky, S. (2008). *The Spinal Engine*.
- Grieger, J. A., & Norman, R. J. (2020). Menstrual Cycle Length and Patterns in a Global Cohort of Women Using a Mobile Phone App: Retrospective Cohort Study. *Journal of Medical Internet Research*, 22(6), e17109. <https://doi.org/10.2196/17109>
- Gruss, L. T., & Schmitt, D. (2015). *The evolution of the human pelvis: Changing adaptations to bipedalism, obstetrics and thermoregulation*. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0063>
- Guéguen, N. (2012). Gait and menstrual cycle: Ovulating women use sexier gaits and walk slowly ahead of men. *Gait & Posture*, 35(4), 621–624.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.12.011>
- Hackelöer, B. J., & Nitschke-Dabelstein, S. (1980). Ovarian imaging by ultrasound: An attempt to define a reference plane. *Journal of Clinical Ultrasound: JCU*, 8(6), 497–500.
<https://doi.org/10.1002/jcu.1870080609>
- Hájek, Z., ČECH, E., ... MARŠÁL, K. (2014). *Porodnictví* (3.). Grada.
- Hakrová, B. K. (2022). *Pohyb pánve při lokomoci člověka*.

- Haselton, M. G., & Miller, G. F. (2006). Women's fertility across the cycle increases the short-term attractiveness of creative intelligence. *Human Nature (Hawthorne, N.Y.)*, *17*(1), 50–73. <https://doi.org/10.1007/s12110-006-1020-0>
- Herbison, A. E. (2020). A simple model of estrous cycle negative and positive feedback regulation of GnRH secretion. *Frontiers in Neuroendocrinology*, *57*, 100837. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2020.100837>
- Hirata, E., Fujiwara, H., Hayashi, S., Ohtsuka, A., Abe, S.-I., Murakami, G., & Kudo, Y. (2011). Intergender differences in histological architecture of the fascia pelvis parietalis: A cadaveric study. *Clinical Anatomy (New York, N.Y.)*, *24*(4), 469–477. <https://doi.org/10.1002/ca.21042>
- Ho, M. H., Bhatia, N. N., & Bhasin, S. (2004). Anabolic effects of androgens on muscles of female pelvic floor and lower urinary tract. *Current Opinion in Obstetrics & Gynecology*, *16*(5), 405–409. <https://doi.org/10.1097/00001703-200410000-00009>
- Hodgson, B. J., Michael Nork, T., Heesch, C. M., & Johns, A. (1980). Effect of Ovulation and Estrogen and Progesterone on Mechanical Properties of Smooth Muscle of Rabbit Oviduct1. *Biology of Reproduction*, *22*(5), 1160–1167. <https://doi.org/10.1093/biolreprod/22.5.1160>
- Hofmeister, S., & Bodden, S. (2016). Premenstrual Syndrome and Premenstrual Dysphoric Disorder. *American Family Physician*, *94*(3), 236–240.
- Huang, Y., Meijer, O. G., Lin, J., Bruijn, S. M., Wu, W., Lin, X., Hu, H., Huang, C., Shi, L., & van Dieën, J. H. (2010). The effects of stride length and stride frequency on trunk coordination in human walking. *Gait & Posture*, *31*(4), 444–449. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.01.019>
- Huseynov, A., Zollikofer, C. P. E., Coudyzer, W., Gascho, D., Kellenberger, C., Hinzpeter, R., & Ponce de León, M. S. (2016). Developmental evidence for obstetric adaptation of the

- human female pelvis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(19), 5227–5232. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517085113>
- Chaurasia. (2004). *Human Anatomy* (4.).
- Choi, Y. J., Lee, H. K., & Kim, S. K. (2023). Doppler ultrasound investigation of female infertility. *Obstetrics & Gynecology Science*, 66(2), 58–68. <https://doi.org/10.5468/ogs.22131>
- Janse De Jonge, X., Thompson, B., & Han, A. (2019). Methodological Recommendations for Menstrual Cycle Research in Sports and Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 51(12), 2610. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002073>
- Joukal, M., & Horáčková, L. (2013). *Anatomie pohybového systému pro fyzioterapeutu*.
- Kalichová, M., Baláž, J., Bedřich, P., & Zvonař, M. (2011). *Základy biomechaniky tělesných cvičení*. Masarykova univerzita. <https://is.muni.cz/publication/951905/cs/Zaklady-biomechaniky-telesnych-cviceni/Kalichova-Balaz-Bedrich-Zvonar>
- Kapandji, I. A. (2007). *The physiology of the joints* (6th ed., English ed). Churchill Livingstone.
- 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 & Posture*, 85, 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2021.01.019>
- KenHub. In: Wikipedia [online]. [cit 2023-11-29]. Dostupné z <https://www.kenhub.com/>
- Klöpfer-Krämer, I., Brand, A., Wackerle, H., Müßig, J., Kröger, I., & Augat, P. (2020). Gait analysis—Available platforms for outcome assessment. *Injury*, 51 Suppl 2, S90–S96. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.11.011>
- Kolář, P. (2012). *Rehabilitace v klinické praxi*. Galén.
- Kolber, M., & Cheatham, S. (2015). *Orthopedic Management of the Hip and Pelvis*.
- Krhovský, Mud. M. (2011). *Biomechanický pohled na struktury ženského pánevního dna*.

- Kunz, G., & Leyendecker, G. (2002). Uterine peristaltic activity during the menstrual cycle: Characterization, regulation, function and dysfunction. *Reproductive Biomedicine Online*, 4 Suppl 3, 5–9. [https://doi.org/10.1016/s1472-6483\(12\)60108-4](https://doi.org/10.1016/s1472-6483(12)60108-4)
- Kurjak, A., Kupesic-Urek, S., Schulman, H., & Zalud, I. (1991). Transvaginal color flow Doppler in the assessment of ovarian and uterine blood flow in infertile women. *Fertility and Sterility*, 56(5), 870–873. [https://doi.org/10.1016/s0015-0282\(16\)54657-3](https://doi.org/10.1016/s0015-0282(16)54657-3)
- Kurki, H. K. (2011). Pelvic dimorphism in relation to body size and body size dimorphism in humans. *Journal of Human Evolution*, 61(6), 631–643. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2011.07.006>
- Larson, K. A., Yousuf, A., Lewicky-Gaupp, C., Fenner, D. E., & DeLancey, J. O. L. (2010). Perineal body anatomy in living women: 3-dimensional analysis using thin-slice magnetic resonance imaging. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 203(5), 494.e15-21. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2010.06.008>
- Le Huec, J. C., Aunoble, S., Philippe, L., & Nicolas, P. (2011). Pelvic parameters: Origin and significance. *European Spine Journal*, 20(5), 564. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1940-1>
- Lee, W. J., McClung, J., Hand, G. A., & Carson, J. A. (2003). Overload-induced androgen receptor expression in the aged rat hindlimb receiving nandrolone decanoate. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 94(3), 1153–1161. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00822.2002>
- Lemoine, S., Granier, P., Tiffoche, C., Rannou-Bekono, F., Thieulant, M.-L., & Delamarche, P. (2003). Estrogen receptor alpha mRNA in human skeletal muscles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(3), 439–443. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000053654.14410.78>

- Lewis, C. L., Laudicina, N. M., Khuu, A., & Loverro, K. L. (2017). The Human Pelvis: Variation in structure and function during gait. *Anatomical record (Hoboken, N.J. : 2007)*, *300*(4), 633–642. <https://doi.org/10.1002/ar.23552>
- Liang, B. W., Wu, W. H., Meijer, O. G., Lin, J. H., Lv, G. R., Lin, X. C., Prins, M. R., Hu, H., van Dieën, J. H., & Bruijn, S. M. (2014). Pelvic step: The contribution of horizontal pelvis rotation to step length in young healthy adults walking on a treadmill. *Gait & Posture*, *39*(1), 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.06.006>
- Liu, C., Peng, J., Matzuk, M. M., & Yao, H. H.-C. (2015). Lineage specification of ovarian theca cells requires multicellular interactions via oocyte and granulosa cells. *Nature Communications*, *6*, 6934. <https://doi.org/10.1038/ncomms7934>
- Mahoney, G., Martin, J., Martin, R., Yager, C., Smith, M. L., Grin, Z., Vogel-Rosbrook, C., Bradley, D., Appiah-Kubi, K. O., & Boolani, A. (2021). Evidence that feelings of energy and fatigue are associated differently with gait characteristics and balance: An exploratory study. *FATIGUE-BIOMEDICINE HEALTH AND BEHAVIOR*, *9*(3), 125–138. <https://doi.org/10.1080/21641846.2021.1950405>
- Matijevic, R., & Grgic, O. (2005). Predictive values of ultrasound monitoring of the menstrual cycle. *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology*, *17*(4), 405. <https://doi.org/10.1097/01.gco.0000175360.35341.2b>
- Matsumoto, T., Ushiroyama, T., Kimura, T., Hayashi, T., & Moritani, T. (2007). Altered autonomic nervous system activity as a potential etiological factor of premenstrual syndrome and premenstrual dysphoric disorder. *Biopsychosocial Medicine*, *1*, 24. <https://doi.org/10.1186/1751-0759-1-24>
- Matsumoto, T., Ushiroyama, T., Morimura, M., Moritani, T., Hayashi, T., Suzuki, T., & Tatsumi, N. (2006). Autonomic nervous system activity in the late luteal phase of eumenorrheic women with premenstrual symptomatology. *Journal of Psychosomatic Obstetrics and Gynaecology*, *27*(3), 131–139. <https://doi.org/10.1080/01674820500490218>

- Matsuzaki, S. (2021). Mechanobiology of the female reproductive system. *Reproductive Medicine and Biology*, 20(4), 371–401. <https://doi.org/10.1002/rmb2.12404>
- 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 (Auckland, N.Z.)*, 50(10), 1813–1827. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3>
- Menštruačný cyklus—Encyklopédia zdravotnej sestry. In: Wikipedia [online]. [cit 2023-11-29]. Dostupné z https://www.sestra.sk/Men%C5%A1trua%C4%8Dn%C3%BD_cyklus
- Meo, S. A., & Hassain, A. (2016). Metabolic Physiology in Pregnancy. *JPMA. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 66(9 Suppl 1), S8–S10.
- Micussi, M. T., Freitas, R. P., Angelo, P. H., Soares, E. M., Lemos, T. M., & Maranhão, T. M. (2015). Is there a difference in the electromyographic activity of the pelvic floor muscles across the phases of the menstrual cycle? *Journal of Physical Therapy Science*, 27(7), 2233–2237. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2233>
- Mihm, M., Gangooly, S., & Muttukrishna, S. (2011). The normal menstrual cycle in women. *Animal Reproduction Science*, 124(3–4), 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.030>
- Murlová, M. (2023). *Dynamická analýza chůzového cyklu žen v periovulační a menstruační fázi menstruačního cyklu* [Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury]. <https://theses.cz/id/4qsvr7/>
- Myers, K. M., & Elad, D. (2017). Biomechanics of the human uterus. *WIREs Systems Biology and Medicine*, 9(5), e1388. <https://doi.org/10.1002/wsbm.1388>
- Myers, T. W. (2009). *Anatomy trains: Myofascial meridians for manual and movement therapists* (2nd ed). Elsevier.
- Myers, T. W. (2020). *Anatomy Trains E-Book: Myofascial Meridians for Manual Therapists and Movement Professionals*. Elsevier Health Sciences.

- Nandy, A., Chakraborty, S., Chakraborty, J., & Venture, G. (2021). *Modern methods for affordable clinical gait analysis: Theories and applications in healthcare systems*. Academic Press, an imprint of Elsevier.
- Netter, F. H. (2016). *Netterův anatomický atlas člověka* (6.).
- Neumann, D. A., Kelly, E. R., Kiefer, C. L., Martens, K., & Grosz, C. M. (2017). *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation* (Third edition). Elsevier.
- Neumannová, K., Janura, M., Kováčiková, Z., Svoboda, Z., & Jakubec, L. (2015). *Analýza chůze u osob s chronickou obstrukční plicní nemocí*.
- Novacheck, T. F. (1998). The biomechanics of running. *Gait & Posture*, 7(1), 77–95.
[https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(97\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(97)00038-6)
- Novak, J. M., Bruzek, J., Zamrazilova, H., Vankova, M., Hill, M., & Sedlak, P. (2020). The relationship between adolescent obesity and pelvis dimensions in adulthood: A retrospective longitudinal study. *PeerJ*, 8, e8951. <https://doi.org/10.7717/peerj.8951>
- O'Neill, M. C., Lee, L.-F., Demes, B., Thompson, N. E., Larson, S. G., Stern, J. T., & Umberger, B. R. (2015). Three-dimensional kinematics of the pelvis and hind limbs in chimpanzee (*Pan troglodytes*) and human bipedal walking. *Journal of Human Evolution*, 86, 32–42.
<https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2015.05.012>
- Paludo, A. C., Paravlic, A., Dvořáková, K., & Gimunová, M. (2022). The Effect of Menstrual Cycle on Perceptual Responses in Athletes: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*, 13, 926854. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.926854>
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis: Normal and pathological function* (2nd ed). SLACK.
- Petros, P. (2010). *The Female Pelvic Floor: Function, Dysfunction and Management According to the Integral Theory* (3rd ed). Springer Medizin Verlag Heidelberg Springer e-books.
- Phillips, S. K., Sanderson, A. G., Birch, K., Bruce, S. A., & Woledge, R. C. (1996). Changes in maximal voluntary force of human adductor pollicis muscle during the menstrual cycle.

The Journal of Physiology, 496 (Pt 2)(Pt 2), 551–557.

<https://doi.org/10.1113/jphysiol.1996.sp021706>

Pilka, R. (2017). *Gynekologie*. Maxdorf.

Provost, M. P., Quinsey, V. L., & Troje, N. F. (2008). Differences in Gait Across the Menstrual Cycle and Their Attractiveness to Men. *Archives of Sexual Behavior*, 37(4), 598–604.

<https://doi.org/10.1007/s10508-007-9219-7>

Prokešová, M., fyzioterapeutka [ústne podanie]. Prag

Ramin, A., Macchi, V., Porzionato, A., De Caro, R., & Stecco, C. (2016). Fascial continuity of the pelvic floor with the abdominal and lumbar region. *Pelviperrineology A Multidisciplinary Pelvic Floor Journal*, 35(1), 3–6.

Reed, B. G., & Carr, B. R. (2018). The Normal Menstrual Cycle and the Control of Ovulation. V K.

R. Feingold, B. Anawalt, A. Boyce, G. Chrousos, W. W. de Herder, K. Dhatariya, K.

Dungan, J. M. Hershman, J. Hofland, S. Kalra, G. Kaltsas, C. Koch, P. Kopp, M. Korbonits,

C. S. Kovacs, W. Kuohung, B. Laferrère, M. Levy, E. A. McGee, ... D. P. Wilson (Ed.),

Endotext. MDText.com, Inc. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279054/>

Richards, J. (2008). *Biomechanics in clinic and research: An interactive teaching and learning course*. Churchill Livingstone/Elsevier.

Richards, J. S. (2018). Chapter One—The Ovarian Cycle. V G. Litwack (Ed.), *Vitamins and*

Hormones (Roč. 107, s. 1–25). Academic Press.

<https://doi.org/10.1016/bs.vh.2018.01.009>

Richards, J. S., & Pangas, S. A. (2010). New Insights into Ovarian Function. V U.-F. Habenicht &

R. J. Aitken (Ed.), *Fertility Control* (s. 3–27). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02062-9_1)

[642-02062-9_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02062-9_1)

Rimon-Dahari, N., Yerushalmi-Heinemann, L., Alyagor, L., & Dekel, N. (2016). Ovarian

Folliculogenesis. V R. P. Piprek (Ed.), *Molecular Mechanisms of Cell Differentiation in*

- Gonad Development* (s. 167–190). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-31973-5_7
- Roch, M., Gaudreault, N., Cyr, M.-P., Venne, G., Bureau, N. J., & Morin, M. (2021). The Female Pelvic Floor Fascia Anatomy: A Systematic Search and Review. *Life*, *11*(9), 900.
<https://doi.org/10.3390/life11090900>
- Romans, S. E., Kreindler, D., Einstein, G., Laredo, S., Petrovic, M. J., & Stanley, J. (2015). Sleep quality and the menstrual cycle. *Sleep Medicine*, *16*(4), 489–495.
<https://doi.org/10.1016/j.sleep.2014.12.001>
- Rose, J., & Gamble, J. G. (Ed.). (2006). *Human walking* (3rd ed). Lippincott Williams & Wilkins.
- Sharma, N., Ganesh, D., Devi, L., Srinivasan, J., & Ranga, U. (2013). Prompt diagnosis and treatment of uterine arcuate artery pseudoaneurysm: A case report and review of literature. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, *7*(10), 2303–2306.
<https://doi.org/10.7860/JCDR/2013/6063.3506>
- Sher, G., & Fisch, J. D. (2002). Effect of vaginal sildenafil on the outcome of in vitro fertilization (IVF) after multiple IVF failures attributed to poor endometrial development. *Fertility and Sterility*, *78*(5), 1073–1076. [https://doi.org/10.1016/s0015-0282\(02\)03375-7](https://doi.org/10.1016/s0015-0282(02)03375-7)
- Silva, W. A., & Karram, M. M. (2004). Anatomy and physiology of the pelvic floor. *Minerva Ginecologica*, *56*(4), 283–302.
- Skaličková-Kováčiková, V. (2020). *Vojtova metoda není jen technika* (1.).
- Skalka, Mud. P. (2002). *MOŽNOSTI LÉČEBNÉ REHABILITACE V LÉČBĚ MOČOVÉ INKONTINENCE*.
- Smirnova, V., Khamaturova, R., Kharin, N., Yaikova, E., Baltina, T., & Sachenkov, O. (2022). The Automatization of the Gait Analysis by the Vicon Video System: A Pilot Study. *Sensors*, *22*(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/s22197178>
- Sobotta, J., Paulsen, F., & Waschke, J. (2018). *Sobotta atlas of anatomy: English version with latin nomenclature* (16th ed). Elsevier.

- Sobotta, J., Putz, R. V., Pabst, R., & Putz, R. (2003). *Atlas der Anatomie des Menschen: Atlas und Interaktiv-Set. Bd. 1: Kopf, Hals, obere Extremität: 76 Tabellen* (Medienkombination, Limitierte Sonder-Ed., 21., neu bearb. Aufl., [2.Dr.], Roč. 1). Urban & Fischer.
- Solís-Ortiz, S., & González-Pérez, E. G. (2020). Slow electroencephalographic oscillations and behavioral measures as predictors of high executive processing in early postmenopausal females: A discriminant analysis approach. *Brain and Cognition*, *145*, 105613. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2020.105613>
- Solli, G. S., Sandbakk, S. B., Noordhof, D. A., Ihalainen, J. K., & Sandbakk, Ø. (2020). Changes in Self-Reported Physical Fitness, Performance, and Side Effects Across the Phases of the Menstrual Cycle Among Competitive Endurance Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *15*(9), 1324–1333. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0616>
- SOMSO®. In: Wikipedia [online]. [cit 2023-11-13]. Dostupné z <https://www.somso.de/en/anatomy/pelvis/female-pelvis/female-pelvic-floor-ms-10>
- Spilman, C. H., & Harper, M. J. (1975). Effects of prostaglandins on oviductal motility and egg transport. *Gynecologic Investigation*, *6*(3–4), 186–205. <https://doi.org/10.1159/000301516>
- Springer, S., & Gottlieb, U. (2017). Effects of dual-task and walking speed on gait variability in people with chronic ankle instability: A cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *18*, 316. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1675-1>
- Stansfield, E., Fischer, B., Grunstra, N. D. S., Pouca, M. V., & Mitteroecker, P. (2021). The evolution of pelvic canal shape and rotational birth in humans. *BMC Biology*, *19*(1), 224. <https://doi.org/10.1186/s12915-021-01150-w>
- Stecco, C., Macchi, V., Porzionato, A., Tiengo, C., Parenti, A., Gardi, M., Artibani, W., & De Caro, R. (2005). Histotopographic study of the rectovaginal septum. *Italian Journal of Anatomy and Embryology = Archivio Italiano Di Anatomia Ed Embriologia*, *110*(4), 247–254.

- Steer, C. V., Campbell, S., Pampiglione, J. S., Kingsland, C. R., Mason, B. A., & Collins, W. P. (1990). Transvaginal colour flow imaging of the uterine arteries during the ovarian and menstrual cycles. *Human Reproduction (Oxford, England)*, *5*(4), 391–395. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.humrep.a137109>
- Stempak-Droissart, T., Rousset-Jablonski, C., Spritzer, P. M., Lalhoul, N., Larger, E., Pichard, C., Plessier, A., & Gompel, A. (2022). Impact of vascular liver disease on the menstrual cycle and metabolic status in premenopausal women. *Clinics and Research in Hepatology and Gastroenterology*, *46*(1), 101756. <https://doi.org/10.1016/j.clinre.2021.101756>
- Svoboda, Z., Rosický, J., & Janura, M. (2020). *Chůze osob s transtibiální amputací (1.)*.
- Tague, R. G., & Lovejoy, C. O. (1986). The obstetric pelvis of A.L. 288-1 (Lucy). *Journal of Human Evolution*, *15*(4), 237–255. [https://doi.org/10.1016/S0047-2484\(86\)80052-5](https://doi.org/10.1016/S0047-2484(86)80052-5)
- Takakusaki, K. (2013). Neurophysiology of gait: From the spinal cord to the frontal lobe. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, *28*(11), 1483–1491. <https://doi.org/10.1002/mds.25669>
- Talasz, H., Himmer-Perschak, G., Marth, E., Fischer-Colbrie, J., Hoefner, E., & Lechleitner, M. (2008). Evaluation of pelvic floor muscle function in a random group of adult women in Austria. *International Urogynecology Journal and Pelvic Floor Dysfunction*, *19*(1), 131–135. <https://doi.org/10.1007/s00192-007-0404-y>
- Tan, S. L., Zaidi, J., Campbell, S., Doyle, P., & Collins, W. (1996). Blood flow changes in the ovarian and uterine arteries during the normal menstrual cycle. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, *175*(3 Pt 1), 625–631. <https://doi.org/10.1053/ob.1996.v175.a73865>
- Tesio, L., & Rota, V. (2019). The Motion of Body Center of Mass During Walking: A Review Oriented to Clinical Applications. *Frontiers in Neurology*, *10*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2019.00999>
- Thiyagarajan, D. K., Basit, H., & Jeanmonod, R. (2022). Physiology, Menstrual Cycle. V *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500020/>

- Tiggemann, M., Anderberg, I., & Brown, Z. (2020). Uploading your best self: Selfie editing and body dissatisfaction. *Body Image*, 33, 175–182. <https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2020.03.002>
- Tichý, M. (2009). *Dysfunkce kloubu. VII, Řetězení a viscerovertebrální vztahy* (1. vyd.). Miroslav Tichý.
- Van Dieën, J. H., Prins, M. R., Bruijn, S. M., Wu, W. H., Liang, B., Lamoth, C. J. C., & Meijer, O. G. (2021). Coordination of Axial Trunk Rotations During Gait in Low Back Pain. A Narrative Review. *Journal of Human Kinetics*, 76, 35–50. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0085>
- Vařeka, I. (2002). Posturální stabilita. Část 1. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 9, 115–121.
- Vařeka, I., Janura, M., & Vařeková, R. (2018). Kineziologie chůze. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 25, 81–86.
- Wein, A. J., Kolon, T. F., Partin, A. W., Dmochowski, R. R., Kavoussi, L. R., & Peters, C. A. (2020). *Campbell-walsh-wein urology* (Twelfth edition review). Elsevier, Inc.
- Whitcome, K. K., Miller, E. E., & Burns, J. L. (2017). Pelvic Rotation Effect on Human Stride Length: Releasing the Constraint of Obstetric Selection. *The Anatomical Record*, 300(4), 752–763. <https://doi.org/10.1002/ar.23551>
- Whittle, M. W. (2008). *Gait analysis: An introduction* (4th ed., reprinted). Butterworth-Heinemann, Elsevier.
- Williams, A. M. M., Sato-Klemm, M., Deegan, E. G., Eginyan, G., & Lam, T. (2022). Characterizing Pelvic Floor Muscle Activity During Walking and Jogging in Continent Adults: A Cross-Sectional Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2022.912839>
- Wojnarová, Z. (2023). *Hodnocení aktivity vybraných svalů trupu během chůze v periovulační a menstruační fázi menstruačního cyklu* [Diplomová práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury]. <https://theses.cz/id/4n9ump/>

- Yoon, S., Jung, H.-W., Jung, H., Kim, K., Hong, S.-K., Roh, H., & Oh, B.-M. (2021). Development and Validation of 2D-LiDAR-Based Gait Analysis Instrument and Algorithm. *Sensors*, 21(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/s21020414>
- Yoshimoto, H., Sato, S., Masuda, T., Kanno, T., Shundo, M., Hyakumachi, T., & Yanagibashi, Y. (2005). Spinopelvic alignment in patients with osteoarthritis of the hip: A radiographic comparison to patients with low back pain. *Spine*, 30(14), 1650–1657. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000169446.69758.fa>
- Zahálka, F., & Janura, M. (2004). *Kinematická analýza pohybu člověka*. Univerzita Palackého. <https://is.muni.cz/publication/681806/cs/Kinematicka-analyza-pohybu-cloveka/Zahalka-Janura>
- Zaidi, J., Collins, W., Campbell, S., Pittrof, R., & Tan, S. L. (1996). Blood flow changes in the intraovarian arteries during the periovulatory period: Relationship to the time of day. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology: The Official Journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 7(2), 135–140. <https://doi.org/10.1046/j.1469-0705.1996.07020135.x>
- Zazulak, B. T., Paterno, M., Myer, G. D., Romani, W. A., & Hewett, T. E. (2006). The effects of the menstrual cycle on anterior knee laxity: A systematic review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(10), 847–862. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636100-00004>

11 PRÍLOHY

11.1 Vyjadrenie etickej komisie



Fakulta
tělesné kultury

Genius loci ...

Vyjádření Etické komise FTK UP

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

Na základě žádosti ze dne 20.12.2021 byl projekt doktorské práce

autora: **MUDr. Světlana Hrachovinová**

s názvem **Provedení chůze u mladých zdravých žen v různých fázích menstruačního cyklu**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: **2/2022**

dne: **6.1.2022**

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

Řešitelka projektu splnila podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

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

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury
Komise etická
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc

Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
třída Míru 117 | 771 11 Olomouc | T: +420 585 636 009
www.ftk.upol.cz

11.2 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Název projektu:

Provedení chůze u mladých zdravých žen v různých fázích menstruačního cyklu

Jméno:

Datum narození:

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:

Podpis investigátora pověřeného touto studií:

Datum:

Datum: