

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury  
Katedra přírodních věd v kinantropologii

BIOMECHANICKÁ ANALÝZA SPONTÁNNÍ HYBNOSTI  
A POSTURÁLNÍ AKTIVITY U PŘEDČASNĚ NAROZENÝCH  
A DONOŠENÝCH DĚTÍ

Disertační práce  
Autor: Mgr. Anita Můčková

Pracoviště: Fakulta tělesné kultury, Univerzity Palackého v Olomouci  
Školitel: prof. RNDr. Miroslav Janura, Dr.

Olomouc 2018

**Jméno a příjmení autora:** Mgr. Anita Můčková

**Název disertační práce:** Biomechanická analýza spontánní hybnosti a posturální stability u předčasně narozených a donošených dětí

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii

**Školitel:** prof. RNDr. Miroslav Janura, Dr.

**Rok obhajoby disertační práce:** 2019

**Abstrakt:**

Předložená práce je věnována možnostem hodnocení spontánní hybnosti a posturální aktivity u předčasně narozených a donošených dětí. Výzkumná část práce hodnotila spontánní hybnost pomocí kinematické analýzy, kdy byla použita 3D videografická analýza pohybu, bylo vyšetřeno 10 předčasně narozených dětí a 10 dětí narozených v termínu porodu. Dítě bylo snímáno v poloze na zádech po dobu 30 s. K hodnocení posturální aktivity těchto dětí byla využita silová plošina Kistler 9286AA (Kistler Instrumente AG Winterthur, Switzerland), bylo vyšetřeno 30 předčasně narozených dětí a 30 dětí narozených v termínu porodu. Dítě bylo snímáno v poloze na zádech po dobu 5 min s frekvencí záznamu 200 Hz. Tato práce prokázala vliv gestačního věku při narození na spontánní hybnost a posturální aktivitu dětí.

**Klíčová slova:** předčasně narozené dítě, kinematická analýza, posturální aktivita, posturální kontrola, centrum of pressure, neurovývojové vyšetření

Disertační práce byla podpořena grantem IGA UP FTK\_2012:024.

Souhlasím s půjčováním disertační práce v rámci knihovních služeb.

**Autor's first name and surname:** Mgr. Anita Můčková

**Title of the doctoral thesis:** Biomechanical analysis of spontaneous movement and postural stability in pre-term and full-term infants

**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology

**Supervisor:** prof. RNDr. Miroslav Janura, Dr.

**The year of presentation:** 2019

**Abstract:**

The presented thesis focuses on the evaluation possibilities of spontaneous motorics and postural activity in pre-term and full-term infants. The investigation was conducted on 10 pre-term and 10 full-term infants with the utilisation of 3D videography kinematic analysis to evaluate the spontaneous movement. The infant was recorded in a supine position during a 30s period. Postural activity was assessed in 30 pre-term and 30 full-term infants using a Kistler 9286AA force plate (Kistler Instrumente AG Winterthur, Switzerland). Recording was performed on the supine baby over a 5-minute period and with a 200Hz recording frequency. Our work demonstrated the influence of gestation age at birth on the spontaneous movement and postural activity of infants.

**Keywords:** pre-term infant, kinematic analysis, postural activity, postural control, centre of pressure, neurodevelopment assessment

The doctoral thesis has been supported by the research grant IGA UP FTK\_2012:024.

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

Prohlašuji, že jsem disertační práci zpracovala samostatně pod vedením školitele prof. RNDr. Miroslava Janury, Dr., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. listopadu 2018

Ráda bych poděkovala prof. RNDr. Miroslavu Janurovi, Dr. za cenné rady, odborné vedení a především čas, jež mi věnoval během zpracování mé disertační práce. Rovněž bych ráda poděkovala Mgr. Zdeňku Svobodovi, Ph.D., Mgr. Janě Maříkové, Mgr. Marcele Houskové, MUDr. Janu Hálkovi Ph.D., Mgr. Dagmar Tečové, Mgr. Evě Zemánkové za pomoc při realizaci experimentu, při statistickém vyhodnocení a jazykové korekci. Děkuji všem rodičům dětí, kteří svým souhlasem umožnili vznik této práce.

**Věnování:**

Tuto disertační práci bych ráda věnovala své rodině, svým rodičům, manželu Petrovi, dceři Anastázii a synu Petrovi, za jejich trpělivost a pochopení v průběhu celého mého studia.

# Obsah

Úvod .....	9
1 Přehled poznatků .....	10
1.1 Obecná klasifikace novorozenců.....	10
1.2 Incidence předčasných porodů.....	10
1.3 Pozdní morbidita u předčasně narozených dětí.....	11
1.4 Vývoj plodu a předčasně narozeného dítěte.....	12
1.4.1 Vývoj nervového systému u plodu a předčasně narozeného dítěte .....	12
1.5 Neurovývojové vyšetření u předčasně narozených dětí.....	16
1.6 Posturální kontrola u předčasně narozeného dítěte .....	19
1.6.1 Tonus u předčasně narozeného dítěte jako důležitý prediktor posturální stability.....	20
1.6.2 Předčasný porod a jeho vliv na posturální kontrolu jedince.....	26
1.7 Hodnocení posturální aktivity u předčasně narozených dětí.....	27
1.7.1 Kvalitativní hodnocení posturální aktivity observací .....	27
1.7.2 Kvantitativní hodnocení posturální aktivity u předčasně narozených dětí .....	27
1.8 Hodnocení spontánní motoriky u předčasně narozených dětí.....	30
1.8.1 Kvalitativní hodnocení spontánní motoriky observací .....	30
1.8.2 Kvalitativní hodnocení spontánní motoriky z videozáznamu dle Prechtla .....	31
1.8.3 Kvantitativní hodnocení spontánní motoriky u předčasně narozených dětí .....	33
2 Cíle práce.....	35
3 Metodika.....	37
3.1 Metodika studie 1 .....	37
3.1.1 Charakteristika souboru .....	37
3.1.2 Průběh měření .....	37
3.1.3 Metody sběru dat .....	38
3.1.4 Měřené parametry .....	39
3.1.5 Statistické zpracování dat .....	39
3.2 Metodika studie 2 a 3 .....	40
3.2.1 Charakteristika souboru .....	40

3.2.2	Metody sběru dat .....	41
3.2.3	Měřené parametry .....	42
3.2.4	Statistické zpracování dat .....	43
4	Výsledky.....	44
4.1	Výsledky k cíli 1 .....	44
4.2	Výsledky k cíli 2 .....	52
4.3	Výsledky k cíli 3 .....	57
5	Diskuze.....	59
5.1	Diskuze k cíli 1.....	59
5.1.1	Diskuze k hypotéze $H_01$ .....	59
5.1.2	Diskuze k hypotéze $H_02$ .....	60
5.1.3	Diskuze k hypotéze $H_03$ a k cíli 2 a 3 .....	63
5.2	Limity práce .....	67
5.3	Východiska pro praxi .....	68
	Závěr .....	69
	Souhrn.....	70
	Summary.....	72
	Referenční seznam .....	74
	Seznam zkratk .....	91
	Seznam obrázků.....	92
	Seznam tabulek .....	94
	Seznam příloh .....	95
	Přílohy.....	95



## Úvod

Západní civilizace využívá obrovské množství vědeckých a technických poznatků v medicínské oblasti (hormonální antikoncepci, umělé oplodnění, umělou plicní ventilaci) a je nutné si přiznat, že tyto pokroky přinášejí také určitou daň a současně vyvolávají nové medicínské a také etické otázky. Předčasné porody jsou a byly běžnou součástí života. Naštěstí jsme již v naší společnosti schopni předčasně narozené děti zachránit, mladý medicínský obor aktuálně reagující na potřeby těchto dětí se nazývá neonatologie. Problematika předčasně narozených dětí není vztažena pouze k medicínským oborům, ale také k fyzioterapii, logopedii, ergoterapii, psychologii a pedagogice. Všechny obory se snaží získat co nejvíce aktuálních informací o této problematice a následně zahájit podporující intervenci, která těmto dětem do budoucna pomůže k vykročení do života bez viditelného handicapu.

Všechny výše popsané obory hledají možnosti, jak minimalizovat neurovývojový deficit u předčasně narozených dětí. Myslet si, že jsme schopni zajistit veškerý neurovývojový komfort dítěti v inkubátoru, je pošetilé, ale je nutností se mu do budoucna přiblížit a minimalizovat veškerá možná rizika, která mohou nezralý organismus poškodit.

Znalost vývojové psychomotoriky nás může přiblížit k terapeutickým intervencím, které mohou předčasně narozeným dětem pomoci v optimálním vývoji jejich nezralého organismu. Výzkumu vývojové psychomotoriky plodu a předčasně narozeného dítěte nebylo věnováno v historii mnoho času, protože bez umělé plicní ventilace děti narozené pod 30. gestační týden nepřežily.

Převážná část lékařů a terapeutů získává informace o vývojové kineziologii v průběhu let své klinické praxe. Vývojové milníky (zvedání hlavičky, úchop hračky, otočení ze zad na břicho atd.) jsou lehce viditelné a zřetelné. Lékař, terapeut však není při klinické praxi schopen posoudit drobné nuance v kvalitě spontánní hybnosti a v posturální aktivitě.

Objektivizace spontánní hybnosti a posturální stability všeobecně u dětí není longitudinálně ve vývoji objektivně popsána. Předčasně narozené děti a jejich neideální psychomotorický vývoj tak představují důvod, proč by se této problematice měla věnovat pozornost.

# 1 Přehled poznatků

## 1.1 Obecná klasifikace novorozenců

Předčasně narozené dítě je dle organizace World Health Organization (WHO) (1977) každé dítě narozené před 37. kompletním gestačním týdnem, nebo méně než 259 dní od prvního dne poslední menstruace ženy. Podle gestačního týdne (g. t.) a porodní hmotnosti jsou zařazeni předčasně narození novorozenci do následujících kategorií (Fendrychová & Borek, 2007; TeKolste, Bragg, & Wendel, 2004; Vích & Chmelíková, 2014):

- neuvěřitelně nezralý novorozenec „Incredible Low Birth Weight“ (ILBW), narozený od hranice životaschopnosti, tj. 24. g. t., s porodní hmotností menší než 500 g;
- extrémně nezralý novorozenec „Extremely Low Birth Weight“ (ELBW), narozený do 28. g. t., s porodní hmotností od 500 g do 999 g;
- velmi nezralý novorozenec „Very Low Birth Weight“ (VLBW), narozený do 32. g. t., s porodní hmotností od 1000 g do 1499 g;
- středně nezralý „Low Birth Weight“ (LBW), narozený do 34. g. t., s porodní hmotností od 1500 g do 1999 g;
- lehce nezralý „Low Birth Weight“ (LBW), narozený do 37. g. t., s porodní hmotností od 2000 g do 2499 g.

## 1.2 Incidence předčasných porodů

V České republice se každoročně narodí 8-9 tisíc dětí před termínem porodu, to je 8,3 % ze všech porodů (Vích & Chmelíková, 2014).

V roce 2005 se celosvětově narodilo 12,9 miliónu dětí před termínem porodu, to je 9,6 % ze všech porodů, s nejvyššími hodnotami v Africe a v Asii. V Evropě bylo v rámci tohoto výzkumu zjištěno 6,2 % předčasně narozených dětí pod 37. g. t. (Beck et al., 2010; Simmons, Rubens, Darmstadt, & Gravett, 2010). V roce 2010 bylo podle statistik zjištěno 15 miliónů předčasně narozených dětí, to je 11,1 % ze všech porodů. Opět s výraznými rozdíly mezi kontinenty, s nejvyššími hodnotami v Africe a v Asii

(Blencowe et al., 2013; Tielsch, 2015). Z výše popsaných statistických údajů je patrná zvýšená incidence předčasných porodů, na kterou upozorňuje také Tielsch (2015).

### **1.3 Pozdní morbidita u předčasně narozených dětí**

Předčasné porody představují asi 75 % perinatální mortality a více než 50 % pozdní morbidity (Goldenberg, Culhane, Iams, & Romero, 2008). Předčasně narození chlapci jsou více ohroženi neurovývojovým deficitem než děvčata (Kent et al., 2012). Bashir et al. (2016) vyvrátili souvislost mezi chorioamnionitidou u matky s následným předčasným porodem a rozvojem bronchopulmonální dysplazie u dítěte. To platí také pro následný neurovývojový deficit dítěte v jeho korigovaném věku tří let. U jiných autorů však časná novorozenecká komorbidita (bronchopulmonální dysplazie, nekrotizující enterokolitida a zranění mozku) u dětí narozených < 29. g. t. asociuje s vyšším rizikem pozdějších neurovývojových deficitů (Asztalos, Church, Riley, Fajardo, & Shah, 2017). Takto narozené děti jsou „globálním problémem“ neonatologie, pediatrie, dětské neurologie, fyzioterapie, ergoterapie, logopedie, ošetrovatelské péče, psychosociálních a pedagogických oborů.

Vzhledem k narůstajícímu počtu předčasně narozených dětí se zvyšuje úsilí o zlepšení kvality jejich dalšího života a snížení pozdní chronické morbidity, která představuje poruchy psychomotorického vývoje dítěte (dětská mozková obrna – DMO), smyslové poruchy (poruchy zraku-slepota, retinopatie, krátkozrakost, dalekozrakost; poruchy sluchu-hluchota), kognitivní deficit (poruchy chování – Attention Deficit and Hyperactivity Disorder (ADHD) a učení) (Fawke, 2007, Msall & Tremont, 2002; Sharma, et al., 2011), nižší IQ (Johnson, 2007) a vyšší výskyt úzkosti a deprese v pozdějším věku (Botting, Powls., Cooke, & Marlow, 1998). Williams, Lee a Anderson (2009) potvrdili 3-4x vyšší výskyt střední motorické dysfunkce ve školním věku u dětí narozených < 37 g. t. oproti běžné populaci. U dětí narozených mezi 32. - 34. g. t. je největší riziko rozvoje dolicefalického tvaru hlavičky (McCarty et al., 2017).

Duerden, Card, Lax, Donner a Taylor (2013) potvrdili u předčasně narozených chlapců ve věku 7-10 let přetrvávající změny v bílé hmotě mozkové, hlavně v čelním laloku, které souvisí s nižší úrovní kognitivních funkcí.

Padilla et al. (2017) potvrdili rozvoj autismu u předčasně narozených dětí < 34 g. t. s růstovou retardací plodu < 10 percentil. Jejich získaná data, kdy pomocí funkční magnetické rezonance vyšetřovali kortikální, subkortikální oblast mozku a mozeček ve 12. měsíci korigovaného věku, potvrdila zvýšené funkční propojení ve vizuální oblasti a snížené funkční propojení ve sluchové, jazykové a temenní oblasti mozku pro pozornost u těchto dětí. Arpino et al. (2010) se zaměřili na studie hodnotící následný neurovývojový deficit u předčasně narozených dětí, které byly opublikované v mezinárodních lékařských časopisech v letech 2000 - 2010. Autoři jsou ve svém závěru velice skeptičtí v četnosti neurovývojových deficitů, jak u extrémně nezralých, tak u lehce nezralých novorozenců. Morbidita, která se u těchto dětí vyskytuje, je výsledkem nefyziologického rozvoje centrálního nervového systému (CNS) v časných stádiích jeho vývoje (Marlow, Hennessy, Bracewell, & Wolke, 2007; Nikolic & Ilic-Stosovic, 2009). Odborníci si proto často kladou otázky: Jak můžeme minimalizovat vzniklý deficit? Jak můžeme maximálně podpořit optimální vývoj mozku (Butler & Als, 2008)? Jak můžeme vyšetřit a časně diagnostikovat abnormní psychomotorický vývoj?

## **1.4 Vývoj plodu a předčasně narozeného dítěte**

Antropometrické údaje, fyzikální znaky, motorické a neurobehaviorální projevy plodu předčasně narozeného dítěte jsou úzce vztaženy k fyziologickému vývoji, který má charakteristické rysy pro jednotlivá gestační období (Allen, 2005). Proto je nutné tyto údaje průběžně sledovat a vyšetřovat. Dle normativních dat, která vznikla při vyšetřování předčasně narozených dětí v jednotlivých gestačních týdnech, můžeme sledovat, zda vývoj probíhá „typicky“ pro dané gestační období, nebo s výraznou variabilitou či abnormalitou (Allen, Aucott, Cristofalo, Alexander, & Donohue, 2009).

### **1.4.1 Vývoj nervového systému u plodu a předčasně narozeného dítěte**

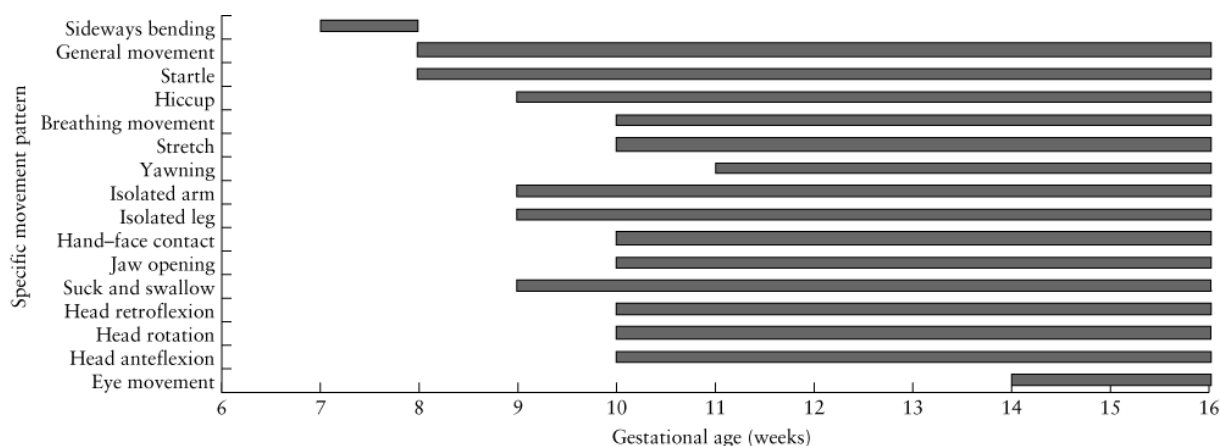
Vývoj nervového systému je přirozený a dynamický děj, kdy dochází k funkčnímu rozvoji CNS, který lze hodnotit podle psychomotorických funkcí plodu a dítěte (Trojan, Druga, Pfeiffer, & Votava, 1996). Na rozvíjející se nervový systém má negativní vliv špatné předkoncepční zdraví matky, socioekonomické zázemí matky (nepříznivé životní podmínky, neadekvátní příjem potravy, akutní a chronický stres

matky), intrauterinní prostředí (nedostatek placentární výživy, onemocnění matky), extrauterinní prostředí (neadekvátní postnatální výživa, postnatální infekce, vystavení dítěte bolestivým a nepříjemným zákrokům) (Allen, 2005; Duerden, Taylor, & Miller, 2013). Pro plod je fyziologické intrauterinní prostředí, předčasně narozené dítě je vystaveno prostředí jednotky intenzivní péče.

Lékařské zobrazovací techniky jsou schopny zaznamenat strukturu mozku, funkci a metabolismus nervového systému a potvrzují, že mozek u předčasně narozeného dítěte je více náchylný ke vzniku zranění, které není omezeno pouze na bílou hmotu mozkovou, ale také na abnormality vzniklé v mozkové kůře, v subkortikálních jádrech (bazální ganglia, thalamus), v mozečku a jejich vzájemném propojení (Duerden et al., 2013). Jejich optimální rozvoj a vzájemné funkční propojení jsou předpokladem kvalitního psychomotorického vývoje. Allen, et al. (2009) potvrdili podobný průběh vývoje nervové soustavy u dětí donošených a u dětí předčasně narozených.

#### **1.4.1.1 Vývoj nervového systému u plodu v prvním trimestru**

Reflexní míšní oblouk je uzavřen a funkční v 8. g. t. Formování funkčního míšního reflexního oblouku je podmínkou pro neporušený vývoj motorických a senzitivních funkcí plodu. Aktivace senzitivního systému (svalové vřeténko, Golgiho šlachové tělíčko, kožní receptory) je důležitým předpokladem pro řízení motorické aktivity (Dylevský, 2012). De Vriest a Fong (2006) rozdělili pohyb plodu, který vyšetřovali ultrazvukem na 16 specifických pohybových vzorců (úklon trupu, všeobecné pohyby, úlekové reakce, škytavka, dýchací pohyby, protahování, zívání, izolovaný pohyb horní končetiny, izolovaný pohyb dolní končetiny, kontakt ruka obličej, rozevření čelisti, sací a polykací pohyb, záklon hlavy, rotace hlavy, předklon hlavy, oční pohyby) a jejich nástup v průběhu vývoje (Obrázek 1).



**Obrázek 1.** Nástup pohybu v jednotlivých vývojových fázích gestačního věku (de Vriest & Fong, 2006, p. 704).

#### 1.4.1.2 Vývoj nervového systému u plodu ve druhém trimestru

Dráhy nervového systému se začínají myelinizovat v době, kdy se funkčně uplatňují. Myelinizace vláken v míše začíná okolo 4. měsíce nitroděložního života, některé axony, které přicházejí do míchy z vyšších oddílů mozku, nejsou myelinizovány ještě na konci 1. postnatálního roku (Sadler, 2011). Dle Dylevského (2007) je druhý trimestr fází rozvoje vnitřní báze a opory, která je důležitým předpokladem pro funkční pohyb bránice, pánevního dna, hrtanu, břišní stěny atd. V tomto období dochází ke snížení prostoru v děložní dutině. V 19. g. t. je již vyšší výskyt dýchacích pohybů (Dylevský, 2007), ale zatím nejsou dostatečně vyvinuty dýchací a nervový systém a jejich vzájemná koordinace. Plod by bez pomoci umělé plicní ventilace nepřežil (Sadler, 2011).

Motorické přední míšní kořeny myelinizují ve 20. g. t., zadní senzitivní kořeny až v 33. g. t. a mícha se stává cílem extero-, intero- a propioceptivních stimulů (Dylevský, 2012). Velice důležité je klinické rozdělení vyšších a nižších motorických kontrolních center, nižší centra zahrnují míchu, mozkový kmen a mozeček, vyšší centra obsahují mozkové hemisféry a bazální ganglia (Gosselin, Gahagan, & Amiel-Tison, 2005). Toto rozdělení potvrzuje, že plod v tomto období je z motorického hlediska především spinální a kmenový organismus (Dylevský, 2012).

Nižší centra mají výrazný vliv na udržení postury v gravitačním poli a udržení flexorového tonu na končetinách (Trojan, Druga, Pfeiffer, & Votava 1996), jejich vývoj probíhá od 24. g. t. (Gosselin, Gahagan, & Amiel-Tison, 2005).

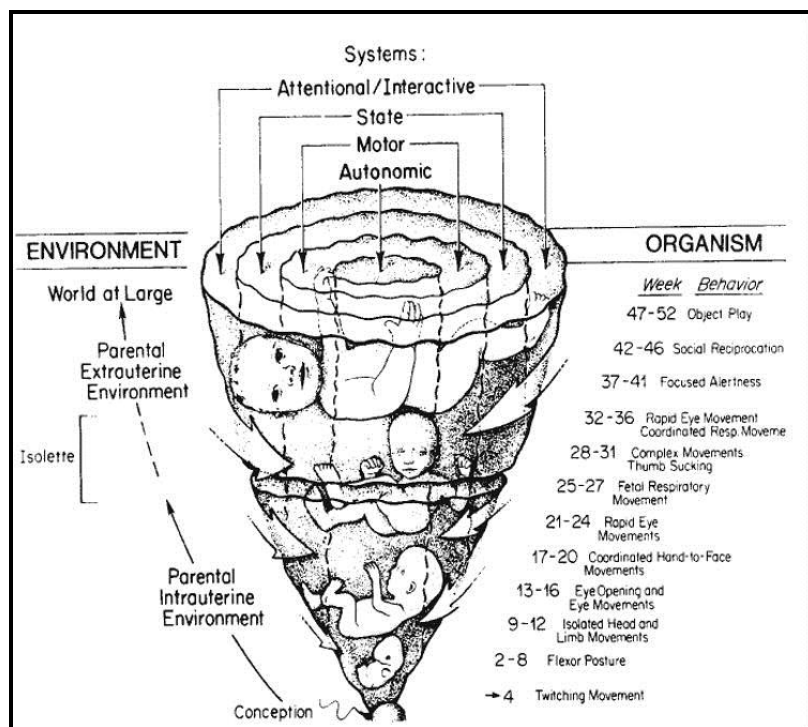
### 1.4.1.3 Vývoj nervového systému u plodu ve třetím trimestru

Myelinizace drah zadních provazců (vnímání vibrace a akustické vibrace) a vestibulospinálních drah (inhibice flexorů, antigravitační svaly) začíná ve 26. g. t. a pokračuje v průběhu třetího trimestru. Vyšší centra zabezpečují řízení nižších center, posturální reaktivitu, vzpřimovací reakce, chůzi a jemnou motoriku. Jejich vývoj začíná od 32. g. t. a pokračuje v průběhu prvních let života (Gosselin, Gahagan, & Amiel-Tison, 2005). Senzomotorická korová oblast je plně myelinizovaná až v průběhu prvních dvou měsíců postnatálního života, předčasně narozené dítě není schopno vnímat své tělové schéma. Kortikospinální dráha je myelinizována ve druhém až čtvrtém měsíci postnatálního života, z tohoto důvodu nelze očekávat u předčasně narozených dětí volní motoriku (Dylevský, 2007). Vývoj senzomotorického systému se ve středním období třetího trimestru výrazně urychluje a má na něj již veliký vliv zkušenost (Allievi et al., 2016), kterou u předčasně narozených dětí představuje vystavení dítěte gravitačnímu poli bez amniové tekutiny.

U extrémně nezralých a velmi nezralých novorozenců byly popsány časté změny v mikrostrukturách bílé hmoty mozku ve srovnání s donošenými novorozenci. Těmito změnami je možné pochopit riziko vzniku nežádoucích neurovývojových deficitů (Kelly et al., 2016; Walsh, Doyle, Anderson, Lee, & Cheong, 2014). Pomocí vyšetření magnetické rezonance (MRI) mozku lze u velmi a lehce nezralých novorozenců v období jejich termínu porodu kvalitativně znázornit mozkový vývoj a odhalit jeho případné zranění. Vyšetření MRI u předčasně narozených dětí v jejich dvou letech korigovaného věku prokázalo vztah mezi velikostí mozkové hmoty (množství bílé mozkové hmoty, celkovým objemem mozku) a psychomotorickým deficitem, který se u těchto dětí vyskytoval a který byl objektivizován Bayleyovou škálou (Bayley Scales of Infant) (Cheong et al., 2016). Objevení rizikových faktorů pro rozvíjející se nezralou nervovou soustavu, které bude možno minimalizovat, přinese zlepšení následné neurovývojové morbidity u těchto dětí (Duerden, Taylor, & Miller, 2013).

V roce 1982 Als schematicky vizualizovala organizaci a nastupování jednotlivých systémů (autonomní systém, motorický systém, stavový systém a vědomí), které jsou nezbytné pro kvalitní psychomotorický vývoj plodu a předčasně narozeného dítěte. Jednotlivé systémy rozdělila do čtyř obrácených kuželů (Obrázek 2), které znázorňují postupné zapojování v průběhu vývoje plodu a předčasně narozeného dítěte. Aktivace autonomního systému, který zajišťuje bazální funkce (stabilitu kardiovaskulárních

a respiračních funkcí, termoregulaci, ovlivnění gastrointestinálního systému), je primární. Dále se aktivuje motorický systém, který již od časného embryonálního stádia ovlivňuje pohyb trupu a končetin. Třetí kužel je systém zabezpečující fáze bdění a spánku a poslední fází je rozvoj vědomí (Als, Butler, Kosta, & McAnulty, 2005). Schopnost hodnotit vyvíjející se jednotlivé funkce CNS na výkonných systémech v krátkých etapách gestačního vývoje má výrazný potenciál, který umožňuje stanovit fyziologii vývoje a následně hodnotit možné odchylky (Allen et al., 2009).



**Obrázek 2.** Model synaptického zapojování a jeho vliv na psychomotorický vývoj plodu a předčasně narozeného dítěte (Als et al., 2005, p. 96).

## 1.5 Neurovývojové vyšetření u předčasně narozených dětí

Kvalitní neurovývojové vyšetření rizikových novorozenců je důležité pro stanovení aktuálního funkčního stavu CNS, s možností predikce psychomotorických deficitů různého stupně (Gosselin, Gahagan, & Amiel-Tison, 2005).

Neurovývojové vyšetření u předčasně narozených dětí vychází ze dvou škol: klasického neurologického vyšetření a behaviorálního psychologického přístupu zahrnujícího zkoumání specifických lidských funkcí. V poslední době dochází



ke spojení obou přístupů, jehož výsledkem je komplexní posouzení dítěte (Als et al., 2005).

Důležitým kritériem **neurovývojového dětského vyšetření** je pozorování nástupu projevů, které jsou závislé na rozvoji vyšších motorických center. Toto vyšetření, které je vztaženo k donošeným novorozencům narozeným v 38.-40. g. t., je pro potřeby neonatologie nedostatečné. V České republice se využívá převážně neurovývojové vyšetření dle Vojty a Vlacha. Hodnocenými kritérii jsou posturální aktivita, posturální reaktivita (polohové testy) a primitivní reflexologie (Vojta & Peters, 2010; Vlach, 1987).

**Neonatologické neurovývojové vyšetření** se zaměřuje na nástup projevů nižších motorických center (Gosselin, Gahagan, & Amiel-Tison, 2005). Neonatologové využívají tato vyšetření k postnatálnímu hodnocení zralosti, určení gestačního stáří dítěte a k predikci neurovývojového deficitu. Noble a Boyd (2012) do vhodných neurovývojových vyšetření pro předčasně narozené děti, které lze použít do jejich čtvrtého měsíce korigovaného věku, zařadili: Assessment of Preterm Infants Behaviour (APIB), Neurologické vyšetření dle Dubowitzce pro předčasně narozené děti a děti narozené v termínu, Brazelton Neonatal Behavioural Assessment Scale (NBAS), Neurobehavioural Assessment of the Preterm Infant (NAPI), Neuromotor Behavioural Assessment (NMBA), Neonatal Intensive Care Unit Network Neurobehavioural Scale (NNNS), Test of Infant Motor Performance (TIMP), Prechtlovo vyšetření General Movements (GMs). Všechny výše popsané neurovývojové nástroje zaznamenávají vývoj nervové soustavy u předčasně narozených dětí před termínem porodu a v průběhu jejich dalšího života a je vhodné je kombinovat s MRI mozku.

**APIB** je široce používaný nástroj k hodnocení chování novorozence a předčasně narozeného dítěte do jednoho měsíce korigovaného věku dítěte. APIB se zaměřuje na posouzení jednotlivých subsystemů a jejich vzájemné ovlivňování a posuzuje také interakci s prostředím. K hodnoceným subsystemům patří autonomní nervový systém (kvalita dýchání, trávení a barva kůže), motorické chování (tonus, kvalita pohybu a posturální aktivita), bdělost (hodnocení kvality spánku a bdělosti) a volní aktivita spojená s reakcí na zevní stimuly (Als et al., 2005).

**Neurologické vyšetření dle Dubowitzce** je neurovývojové vyšetření, které predikuje neurovývojový deficit dítěte. Hodnocené položky jsou vyšetření pasivního tonu, aktivního tonu, postury, kvality spontánních pohybů, primitivních reflexů,

vyšetření abnormálních znaků (tremor, spontánní úlekové reakce, abnormální postura) a zhodnocení chování a orientace (Dubowitz, Dubowitz, & Mercuri, 1999; Molteno, Grosz, Wallace, & Jones, 1995).

**NBAS** byla sestavena týmem pediatriů, psychiatrů a psychologů pod vedením Berry Brazeltonové v roce 1973. Škála hodnotí: i) primitivní reflexy, ii) motorické chování (pasivní tonus, aktivní tonus, posturální aktivitu, spontánní hybnost), iii) stabilitu autonomního nervového systému (třes, úlekové reakce, barvu kůže), iv) reakce na zevní živé a neživé podněty (akustické, vizuální, taktilní), v) sociální interakce dítěte, vi) stav chování (zvýšená dráždivost nebo spavost), vii) schopnost uklidnit se (ruka-ústa) (Brazelton & Nugent, 2011).

**NAPI** je neurovývojové vyšetření, které hodnotí aktuální zralost předčasně narozeného dítěte od 32. g. t. do 42. g. t. Hodnocené položky jsou pasivní tonus, kvalita spontánní hybnosti, bdělost a orientace, kvalita pláče a spánku (Korner, Brown, Thom, & Constantinou, 2000).

**NNNS** je řazena mezi neurovývojové vyšetření, kdy jsou hodnoceny neurologické parametry (pasivní tonus, aktivní tonus, primitivní reflexy, posturální aktivita) a stresové a abstinenci příznaky (Lester, Tronick & Brazelton, 2004). Tato škála je vhodná při použití na jednotkách intenzivní péče, kdy zdravotní sestry hodnotí celistvost neurovývojových funkcí (Sullivan, Miller, Fontaine & Lester, 2012).

**TIMP** je test hodnotící řízení motoriky, posturální aktivitu, pohybové projevy, spontánní chování dítěte během ošetrovatelské péče (přebalování, koupání) a schopnost dítěte reagovat na zevní podněty (Majnemer & Snider, 2005; Snider, Majnemer, Mazer, Cambell & Bos, 2008).

**GMs dle Prechtla** je hodnocení kvality spontánního pohybu dítěte z videozáznamu, ze kterého se následně dá predikovat neurovývojový deficit v pozdějším věku.

Z výše popsaných neurovývojových nástrojů mají NNNS a APIB dobré psychometrické vlastnosti, které jsou ale spíše vhodné pro výzkum. GMs, TIMP a NAPI, také s kvalitními psychometrickými vlastnostmi, jsou vhodné pro klinickou praxi. GMs dle Prechtla se jeví jako nástroj s největší predikční schopností rozvoje dětské mozkové obrny (Noble & Boyd, 2012). Dle Eeles et al. (2016) má NNNS vysokou spolehlivost neurovývojového hodnocení u předčasně narozených dětí a u dětí narozených v termínu.

Craciuniu a Holsti (2016) prokázali, že GMs a TIMP vykazují nejsilnější asociace s psychomotorickým vývojem, ale zároveň připomínají nutnost vypracování nové metody testování, která bude přesnější a bude minimalizovat potenciální stres vyvolaný v průběhu hodnocení.

Lundqvist a Sabel (2000) prokázali rozdíl mezi testovanými chlapci a děvčaty hodnocenými škálou NBAS 48-72 hodin po porodu, kdy děvčata se ve většině testovaných parametrů jevila funkčně zdatnější než chlapci.

## **1.6 Posturální kontrola u předčasně narozeného dítěte**

Posturální kontrola je schopnost udržení těla v prostoru, má za cíl posturální stabilitu a následně možnou orientaci v prostoru (Dusing, Kyvelidou, Mercer, & Stergiou, 2009).

Posturální stabilita je vztah mezi prostředím a tělesnými segmenty, které jsou schopny antigravitačního držení a je výsledkem posturální kontroly. Lze ji hodnotit v různých polohách, typických pro jednotlivá vývojová období (poloha na zádech, poloha při dosahu k hračce, zvedání hlavy, sed, stoj) (Dusing et al., 2009).

Důležitá terminologie využívaná v biomechanice při kvantitativním hodnocení posturální stability dle Vařeky (2002):

- Opěrná plocha (Area of Support) je plocha kontaktu.
- Opěrná báze (Base of Support) je oblast mezi nejvzdálenějšími body opěrné plochy. Úložná plocha (Area of Load) je plocha kontaktu těla s podložkou.
- COM (Centre of Mass) těžiště je hypotetický „hmotný bod“, do kterého je soustředěna hmotnost celého těla v globálním vztažném systému.
- COG (Center of Gravity) je průmět společného těžiště těla do roviny opěrné báze.
- COP (Center of Pressure) je vážený průměr všech „tlakových“ sil, které působí na kontakt těla s podložkou.

Posturální kontrola je schopnost antigravitačního udržení jednotlivých segmentů a následně celého těla u dětí dle jednotlivých vývojových období (leh na zádech, antigravitační udržení nohou, sed, stoj, lokomoce). Můžeme hovořit o posturální kontrole u předčasně narozeného dítěte, kdy nemá vývojově a funkčně propojeny

systemy, zabezpečující posturální kontrolu (senzorické, motorické a nervové systémy) tak, aby bylo schopno ovládat polohu svého těla? Dvořák a Vařeka (1999) tvrdí, že na počátku extrauterinního života u donošených dětí není novorozenec schopen funkčně propojit několik segmentů, to platí i pro předčasně narozené děti. Novorozenec také není schopen cíleně zpevnit trup, takže nemá společné těžiště všech segmentů trupu a má pouze úložnou plochu, nikoliv opěrnou plochu či bázi. U předčasně narozených dětí do termínu porodu by bylo lepší používat termín posturální aktivita, který běžně používal profesor Vojta, protože je jisté, že tyto jedinci nejsou schopni využít posturální kontrolu k zabezpečení posturální stability.

Donošený novorozenec musí být schopen vnímat a interpretovat senzorické informace a použít je k motorické aktivitě, která organizuje posturální kontrolu při požadovaném úkolu dýchání, sání atd (Dusing, 2016).

### **1.6.1 Tonus u předčasně narozeného dítěte jako důležitý prediktor posturální stability**









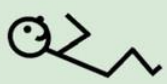












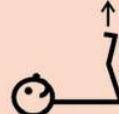


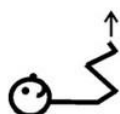
Nastupující tonus lze vnímat jako interní síly, které se podílejí na posturálním chování předčasně narozených dětí. André-Thomas et al. (1960) řešili, jak popsat postupně se měnící tonus předčasně narozeného dítěte. Tonus rozdělili na pasivní (extenzibilita svalů) a aktivní (tonus vzniklý v závislosti na manipulaci s dítětem).

#### **1.6.1.1 Vyšetření pasivního tonu**

Kardiorespiračně stabilní dítě se vyšetřuje za standardních podmínek v teplé, klidné místnosti, bez zřetelných očních stimulů, na vyšetřovací podložce nebo v postýlce. Nemělo by být vyšetřováno, pokud se aktivně pohybuje, protahuje nebo křičí (Korner et al., 2000). Během vyšetřování je důležité udržet hlavičku dítěte ve středním postavení, aby nedocházelo k vybavování asymetrického tonického reflexu (Amiel-Tison, 1968).

Nejznámější položky, které jsou vyšetřovány při hodnocení pasivního tonu, jsou příznak šály, návrat extendovaných loktů, trakce ramen, měření popliteálního úhlu, návrat extendovaných dolních končetin, trakce nohy a manévr pata-ucho. Dle jednotlivých autorů jsou tyto položky zařazeny do různých neurovývojových škál využívaných u předčasně narozených dětí (Amiel-Tison, 1968; Allen, 2005; Dubowitz,

Dubowitz, & Mercuri, 1999; Dubowitz, Ricciw, & Mercuri, 2005; Korner et al., 2000). Kvalitu pasivního tonu v jednotlivých gestačních týdnech popsali Dubowitz et al. (1999) viz Obrázek 3.

	< 28. g. t.	28.–35. g. t.	36.–37. g. t.	38.–40. g. t.	> 40. g. t.
Návrat extendovaných loktů					
Trakce ramen					
Měření popliteálního úhlu	180° 	150° 	110° 	90° 	<90° 
Návrat extendovaných dolních končetin					
Trakce nohy					

**Obrázek 3.** Pasivní tonus v jednotlivých stádiích gestačního věku, vytvořeno a upraveno Můčková et al. (2017) dle Dubowitz et al. (1999).

#### Položky hodnotící pasivní tonus na horních končetinách

*Příznak šály (scarf sign)* je vyšetřován u dítěte v poloze na zádech s hlavičkou na středu. Examinátor vezme zápěstí dítěte a snaží se pohybovat paží dítěte přes hrudník k protilehlému rameni a uchu, tzv. omotat ruku okolo krku, jako šálu. Při tom je nutné vyhnout se pohybu hrudníku. V rámci testu je sledována a hodnocena lokalizace loketního kloubu vyšetřované končetiny dítěte, kdy i) loket přesahuje axiální linii a dosáhne k protilehlému rameni, ii) loket přesahuje axiální linii, avšak nedosáhne k protilehlému rameni, iii) loket dosáhne axiální linii, iv) loket nedosáhne ani k axiální linii trupu dítěte. Každá končetina je vyšetřována zvlášť (Amiel-Tison, 1968; Amiel-Tison, 1982; Korner et al., 2000).

*Návrat extendovaných loktů (forearm recoil)* – dítě je hodnoceno při vyšetření v poloze na zádech s hlavičkou na středu. Examinátor uchopí obě zápěstí dítěte a extenduje horní končetiny v loketním kloubu podél trupu, při provedené extenzi udrží polohu 1 až 2 sekundy. Následně ruce pustí a sleduje rychlost návratu do flekčního postavení v loketním kloubu, kdy i) lokty zůstávají v extenzi, ii) lokty se flektují pomalu, ne vždy kompletně, iii) lokty se flektují pomalu, ale kompletně, iv) lokty se flektují rychle a kompletně v) je těžké extendovat loketní klouby, zpětný návrat je okamžitý. Obě horní končetiny jsou testovány současně a vyšetření je opakováno třikrát po sobě. S postupujícím gestačním věkem je odpověď rychlejší a tonus, který examinátor musí překonat při extenzi, je vyšší (Amiel-Tison, 1968; Amiel-Tison, 1982; Dubowitz et al., 1999; Dubowitz et al., 2005; Korner et al., 2000).

*Trakce ramen (arm traction)* je vyšetřována v poloze na zádech s hlavičkou na středu. Examinátor uchopí zápěstí dítěte a snaží se o extenzi v loketním kloubu ve vertikální poloze, sleduje odpor narůstající v průběhu trakce v loketním a ramenním kloubu, kdy i) loket je extendován bez citelného odporu, ii) loket je extendován s jemným odporem, iii) nejsme schopni udržet extendovaný loket, při trakci dochází k výraznému odporu v loketním i ramenním kloubu, iv) loket je flektován okolo 100° a rameno i hlavička dítěte jsou bez kontaktu s podložkou, v) flexe v lokti je menší než 100°, dochází k „odlepení“ celého trupu a hlavičky od podložky (Dubowitz et al., 1999; Dubowitz et al., 2005). Každá horní končetina se vyšetřuje samostatně.

Položky hodnotící pasivní tonus na dolních končetinách

*Měření popliteálního úhlu (popliteal angle)* – dítě je při vyšetření v poloze na zádech s hlavičkou na středu. Examinátor uchopí koleno a kotník dítěte, přiblíží stehno k břišní stěně a snaží se o extenzi v kolenním kloubu, přitom hodnotí velikost popliteálního úhlu, kdy velikost dosahuje hodnoty i) 180°, ii) 150°, iii) 110°, iv) 90°, v) < 90°. Každá končetina se vyšetřuje samostatně (Amiel-Tison, 1968; Amiel-Tison, 1982; Dubowitz et al., 1999; Dubowitz et al., 2005; Korner et al., 2000).













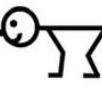





*Návrat extendovaných dolních končetin (leg recoil)* je vyšetřován u dítěte v poloze na zádech s hlavičkou na středu. Examinátor uchopí oba kotníky dítěte a flektuje dolní končetiny v kyčelním i kolenním kloubu do maximální flexe po dobu 5 sekund (dítě by mělo být relaxováno), po flexi následuje extenze v kolenních a kyčelních kloubech po dobu 1 až 2 sekundy. Test je opakován třikrát po sobě

a je hodnocen odpor při pasivní extenzi a následný návrat končetin do flekčního postavení. Výsledky jsou zařazeny do kategorií i) žádná flexe, ii) nekompletní flexe, iii) kompletní, ale pomalá flexe, iv) kompletní rychlá flexe, v) dolní končetiny jde těžce extendovat, zpětný návrat je okamžitý (Amiel-Tison, 1982; Dubowitz et al., 1999; Dubowitz et al., 2005; Korner et al., 2000).

*Trakce nohy (leg traction)* se vyšetřuje u dítěte v poloze na zádech s hlavičkou na středu. Examinátor uchopí dolní končetinu dítěte nad kotníkem a snaží se o extenzi v kolenním kloubu a o trakci v kyčelním kloubu ve vertikální poloze. Sleduje narůstající odpor v průběhu trakce v kolenním a kyčelním kloubu a v pánevním pletenci, kdy i) koleno je extendováno bez citelného odporu, ii) koleno není možno plně extendovat, je citelný mírný odpor, iii) k extenzi kolene dochází v průběhu trakce až po odlepení hýždě, iv) koleno je flektováno i při odlepení hýždě od podložky, v) přetrvává stálá flexe v kolenním kloubu, dochází k „odlepení“ celého trupu od podložky (Dubowitz et al., 1999; Dubowitz et al., 2005).

#### **1.6.1.2 Vyšetření aktivního tonu**

André-Thomas et al. (1960) charakterizovali aktivní tonus jako aktivní pohyb dítěte v závislosti na manipulaci vyšetřujícího s dítětem. V průběhu let byly ve vyšetření aktivního tonu preferovány následující položky: kontrola hlavy (head control) s hodnocením flekčního a extenčního tonu krku, ventrální závěs (ventral suspension) a trakční test (head lag). Amiel-Tison et al. 1982 zařadili pro vyšetřování aktivního flekčního tonu krku test posazování dítěte (raise to sit) a pro vyšetření aktivního extenčního tonu položku návrat zpět do lehu (back to lying). Dubowitz et al. (1999, 2005) ve svých pracích zdůraznili nepřesnost tohoto vyšetřování, kdy každý examinátor využívá odlišné rychlosti posazování a zpětného návratu v průběhu vyšetřování, a obtížné vyhodnocování tohoto testu. Dubowitz et al. (1999) popsali kvalitu aktivního tonu v jednotlivých gestačních týdnech (Obrázek 4).

	< 28. g. t.	28.–35. g. t.	36.–37. g. t.	38.–40. g. t.	> 40. g. t.
Kontrola hlavy: extenční tonus					
Kontrola hlavy: flekční tonus					
Ventrální závěs					
Trakční závěs					

**Obrázek 4.** Aktivní tonus v jednotlivých stádiích gestačního věku, vytvořeno a upraveno Můčková et al. (2017) dle Dubowitz et al. (1999).

#### Položky hodnotící aktivní tonus

*Kontrola hlavy (head control) extenční tonus* – dítě je pasivně posazeno vyšetřujícím do vertikální polohy, paže jsou pasivně drženy u trupu dítěte, hlava je ve flekčním držení, brada na sternu dítěte. V rámci zkoušky je sledována schopnost dítěte napřímit hlavu do vertikální pozice, výsledek zkoušky je zařazen do některé z kategorií – i) žádný pokus o vzpřímení hlavy, ii) pokus o vzpřímení vyšetřující cítí, ale nevidí, iii) hlava napřímená, ale přepadává dopředu, nebo dozadu, iv) hlava napřímená do vertikální pozice, dítě má snahu udržet ji ve vertikále. Vyšetření se provádí po dobu 30 sekund (Amiel-Tison, 1982; Dubowitz et al., 1999; Dubowitz et al., 2005; Gosselin, Gahagan & Amiel-Tison, 2005).

*Kontrola hlavy (head control) flekční tonus* – dítě je pasivně posazeno vyšetřujícím do vertikální polohy, paže jsou pasivně drženy u trupu dítěte, hlava je v extenčním držení. V rámci zkoušky je sledována schopnost dítěte se napřímit do vertikální pozice, výsledek zkoušky je zařazen do některé z kategorií – i) žádný pokus o vzpřímení hlavy, ii) pokus o vzpřímení vyšetřující cítí, ale nevidí, iii) hlava napřímená, ale přepadává dopředu, nebo dozadu, iv) hlava napřímená do vertikální pozice, dítě má snahu udržet ji ve vertikále, v) hlava v záklonu, nejsme schopni ani



pasivně flektovat hlavu dítěte. Vyšetření se provádí po dobu 30 sekund (Amiel-Tison, 1982; Dubowitz et al., 1999; Dubowitz et al., 2005; Gosselin et al., 2005).

*Ventrální závěs (ventral suspension)* – dítě je v horizontální a pronační poloze drženo na dlani vyšetřujícího pod hrudníkem a břichem. Je sledována postura hlavy, trupu a končetin, kdy i) záda jsou flektovaná, hlava a končetiny napřimené, ii) záda jsou flektována, hlava a končetiny lehce ve flekčním držení, iii) záda jsou mírně flektovaná, končetiny jsou ve flekčním držení, iv) záda jsou napřimená, hlava je v prodloužení těla a končetiny ve flekčním držení, v) záda jsou napřimená, hlava je držena v extenčním postavení. Pozorování pozice probíhá po dobu 15 sekund (Dubowitz et al., 1999; Dubowitz et al., 2005; Korner et al., 2000).

*Trakční test (head lag)* – dítě je v supinační poloze drženo za obě zápěstí a pasivně posazováno do 45°. Výsledek zkoušky je zařazen do některé z kategorií – i) hlava dítěte přepadává dozadu, ii) pokus o udržení hlavičky, ale přepadává zpět, iii) dítě je schopno trochu držet hlavičku, iv) hlava je držena s linií trupu, v) hlava je držena před tělem dítěte (Dubowitz et al., 1999).

### **1.6.1.3 Hodnocení tonu u předčasně narozeného dítěte**

Allen et al. (1990) potvrdili dostředivé nastupování pasivního tonu od periferie ke klíčovým kloubům (distproximální) a ve směru od dolních končetin k hlavičce (kaudokefalický). Primárně nastupuje tonus na dolních končetinách. První detekce odporu při vyšetření byla zaznamenána již ve 29. g. t. a plně je vyjádřena mezi 33.-35. g. t. Sekundárně dochází k nástupu pasivního tonu na horních končetinách mezi 35.-37. g. t. Tonus trupu se zvyšuje až od 36. do 40. g. t. (Allen, 1990).

Amiel-Tison, Maillard, Lebrun, Bréart a Papiernik (1999) a Molteno et al. (1995) prokázali vysoce signifikantní korelaci mezi gestačním věkem dítěte a kvalitou odpovědi při vyšetřování pasivního tonu. Dle studií Mercuri et al. (2003) a Ricci et al. (2008) kvalita pasivního tonu u předčasně narozených dětí, které dosáhly termínu porodu, byla nižší ve srovnání s dětmi narozenými v termínu. Možné vysvětlení je, že předčasně narozené dítě leží v relativně extendované poloze po několik týdnů ve srovnání s flekční posturou donošeného dítěte, na které má vliv intrauterinní prostředí. Tělo plodu je v děloze vystaveno zátěži hladké svaloviny děložní stěny a zátěži amniové tekutiny (Dylevský, 2012). U mnoha předčasně narozených dětí se vyskytuje také hyperextenze trupu, kdy dochází k nerovnováze mezi aktivním

a pasivním tonem. Groot (2000) tuto skutečnost vysvětluje převahou aktivity extenzorů nad flexory. To vede k trvalým změnám nezralé svaloviny u předčasně narozených dětí, s dopadem na alfa-gama vazbu a tím na pozdější rozvoj koordinace a cerebelárních funkcí. Dochází k disharmonii mezi ventrální a dorzální muskulaturou.

### **1.6.2 Předčasný porod a jeho vliv na posturální kontrolu jedince**

Nefyziologický vývoj nervového systému u předčasně narozených dětí může mít za následek neideální posturální kontrolu v kojeneckém, dětském a v pozdějším věku. Bucci, Wiener-Vacher, Trousson, Baud a Biran (2015) a Lorefice et al. (2015) ve svých studiích prokázali nižší úroveň posturální stability u dětí narozených < 30. g. t. a vyšetřovaných v korigovaném věku 3-4 let. Petersen et al. (2015) vyšetřovali posturální stabilitu na posturografu u jedinců ve věku 21 let, kteří byli extrémně předčasně narozeni a s porodní hmotností < 1000 g. Tito jedinci prokázali nižší úroveň posturální stability v porovnání se stejně starou věkovou skupinou narozenou v termínu porodu. Rozvíjející se nervový systém je závislý na smyslových (senzorických) zkušenostech, které pomáhají k aktivaci senzorických a motorických drah (Koch & Fitzgerald, 2013). Abnormní nebo nedostatečná senzorická zkušenost je prediktorem neideální posturální kontroly s vlivem na psychomotorický vývoj a na senzorické vyhodnocování, které ovlivňuje sociální a kognitivní vývoj. Vztah mezi posturální kontrolou, následně stabilitou a jemnou motorikou zkoumali Wang, Howe, Hinojosa a Weinberg (2011), kteří zjistili nižší úroveň posturální stability v závislosti na kvalitě jemné motoriky u předčasně narozených dětí v porovnání s dětmi narozenými v termínu. Nižší schopnost senzorických funkcí vnímání hlubokého tlaku a nižší kvalitu adekvátních odpovědi na vestibulární stimulaci u předčasně narozených dětí vyšetřovaných mezi 4.-6. měsícem korigovaného věku prokázali také Cabral, da Silva, Martinez a Tudella (2016). Autoři se domnívají, že s nižší úrovní posturální kontroly je spojen následný neurovývojový deficit na úrovni motorických funkcí. U těchto dětí mohou být také v ohrožení jejich kognitivní funkce.

## **1.7 Hodnocení posturální aktivity u předčasně narozených dětí**

Kinetická analýza hodnotí pohyb z hlediska sil, které jej způsobují. Interní síly, které vznikají ve vlastním pohybovém aparátu člověka a externí síly a tlaky, které na člověka působí, např. kontakt s podložkou (Kolářová, Marková, Stacho, & Szmecková, 2014, s. 11).

### **1.7.1 Kvalitativní hodnocení posturální aktivity observací**

Kompletní hypotonie je fyziologická posturální aktivita 28. g. t., s postupujícím vývojem se posturální aktivita mění ve flekční s různými kvalitami flekčního antigravitačního držení končetin. S přibližujícím se termínem porodu, tj. 38.-40. g. t., se zvětšuje pasivní tonus končetin, který udržuje flekční antigravitační držení končetin (Amiel-Tison, 1968).

Dubowitz et al. (1999) hodnotili posturální aktivitu po odkrytí peřinky a sledovali dítě ležící v supinační poloze ideálně s hlavou ve střední linii, kdy i) lokty a kolena jsou extendována, nebo v mírné flexi, ii) lokty jsou extendované a kolena flektována, iii) lokty i kolena jsou ve flekčním držení bez přítomné addukce, iv) kolena jsou flektována a již držena v addukčním postavení u břicha, v) abnormální pozice „opistotonus“.

Adekvátní posturální aktivitu u předčasně narozeného dítěte zajišťuje svalový tonus, jeho kvalita je vyjádřena pasivním a aktivním tonem, který lze u předčasně narozených dětí sledovat a dle jeho nastupování pozorovat, zda vývoj probíhá adekvátně dle gestačního stáří, nebo s výraznou abnormalitou. Kvalitní posturální aktivita u předčasně narozeného dítěte, která je řízena z nižších center, je předpokladem pro plynulý a kvalitní rozvoj posturální kontroly, následně pro vývoj posturální stability s možností rozvoje (orofaciální koordinace, orientace, volního pohybu, lokomoce, jemné koordinace ruky) (Groot, 2000).

### **1.7.2 Kvantitativní hodnocení posturální aktivity u předčasně narozených dětí**

Ke kvantitativnímu hodnocení posturální aktivity u předčasně narozených dětí se využívají různé silové a tlakové plošiny, které mohou být statické nebo dynamické. Při kontaktu těla s plošinou dochází dle 3. Newtonova zákona ke vzniku stejných sil, ale opačně orientovaných.

Kvalitní posturální kontrola u zdravého jedince je zajišťována senzorio-motorickým cyklem, který je CNS schopna použít a vyhodnotit jej (Dusing, Izzo, Thacker, & Galloway, 2014; Dusing, 2016). Důležité parametry, které se ve vyhodnocování posturální kontroly používají, jsou variabilita, komplexita a adaptabilita.

**Variabilita:** je definována dle Stergiou & Deckera (2011) jako odchylky, ke kterým dochází při opakování pohybu, tato vlastnost je charakteristická pro všechny živé organismy, které jsou schopny se přizpůsobovat zevním i vnitřním podmínkám.

**Pohybová variabilita:** umožňuje jedinci použít různý pohybový repertoár a měnit ho při opakování stejného úkolu (Dusing, 2016). Pohybová variabilita je vlastní všem biologickým systémům a odráží rozdíly v prostoru a čase, může být snadno znázorněna při pohybu člověka (Harbourne & Sreerigou, 2009). Harbourne a Sreerigou (2003) variabilitu považují za klíčovou v motorickém učení již od fetálních pohybů k posturálně náročnějším situacím, jako jsou např. zvedání hlavičky, antigravitační držení končetin, otáčení, lezení, sed, stoj a lokomoce.

Dusing et al. (2009) popisují, že zvýšená variabilita pohybu a nestabilní fáze posturální stability je prediktorem k získání nových motorických dovedností, naopak nízká variabilita a stabilní fáze posturální stability svědčí pro neideální pohybový vzor.

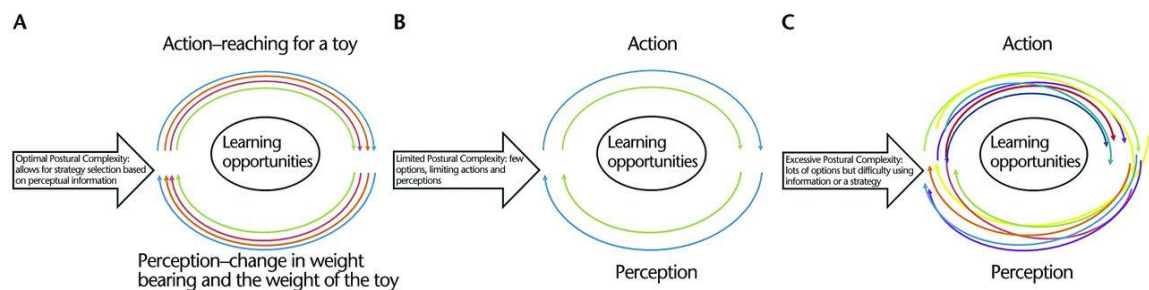
**Komplexita:** je časová struktura variability. Systém s nízkou komplexitou využívá dostupné strategie v pořadí nebo opakovaně. Systém s vysokou komplexitou použije strategie v nepředvídatelném pořadí (Dusing, 2016). Optimální komplexita je popisována jako ideální (středový) stav mezi nadměrným řádem posturálního řízení a předvídatelností a nadměrným chaosem a nepředvídatelností při posturálním řízení (Stergiou & Decker, 2011).

**Posturální komplexita:** je časová struktura variability využitá k řízení posturální kontroly polohy těla. Nadměrná posturální komplexita ukazuje na použití velkého počtu posturálních řídicích strategií s nepředvídatelným výsledkem, naopak při omezené posturální komplexitě je počet posturálních strategií nízký (Obrázek 5) (Dusing, Izzo, Thacker, & Galloway, 2014; Dusing, 2016). Posturální komplexita doprovází novorozence-kojence-dítě v průběhu celého psychomotorického vývoje a dále v průběhu celého života člověka a je výsledkem získaných senzorických zkušeností a vzájemného působení mezi tělem dítěte a zevním prostředím, které podporují jejich motorické učení a následně kognitivní funkce (Berger & Adolph, 2007; Soska, Adolph,

& Johnson, 2010). Smyslové (senzorické) zkušenosti u plodu, předčasně narozeného dítěte i dítěte narozeného v termínu nejvíce ovlivňují jejich posturální komplexitu a díky nim se kvalita posturální kontroly může zvyšovat (Dusing, 2016).

**Adaptabilita:** je schopnost měnit posturální strategii založenou buď na vnímání předcházející zkušenosti, nebo na vlivu zevního prostředí (Dusing et al., 2014; Dusing, 2016).

Dusing, Izzo, Thacker a Galloway (2014) potvrdili nižší kvalitu posturální komplexity v prvních šesti měsících u předčasně narozených dětí < 32. g. t. ve srovnání s dětmi narozenými v termínu.



**Obrázek 5.** Teoretický model vyjadřující vztah mezi senzoricou a motorickou aktivitou vytvářející komplexitu posturální kontroly.

Každá barevná linie reprezentuje možnost pro vnímání a motorickou akci. Komplexita posturální kontroly ukazuje, kolik možností má dítě k dispozici a zda si může cíleně zvolit posturální strategii. (A) Optimální posturální komplexita podporuje výběr posturální strategie a senzorio-motorický cyklus. Každá ze čtyř posturálních řídicích strategií poskytuje různé percepční informace. (B) Omezená posturální komplexita má k dispozici pouze několik posturálních strategií získaných v senzorio-motorickém cyklu, v tomto případě pouze dvě možné posturální strategie. (C) Nadměrná posturální komplexita má k dispozici mnoho posturálních strategií, nicméně senzorio-motorický cyklus nemusí poskytovat potřebné informace, nebo posturální řídicí systém nemusí být schopen zvolit nejučinnější posturální strategii (Dusing et al., 2014 p. 1510).

## 1.8 Hodnocení spontánní motoriky u předčasně narozených dětí

### 1.8.1 Kvalitativní hodnocení spontánní motoriky observací

Spontánní motorika může být hodnocena kvalitativními a kvantitativními parametry. Při vyšetřování spontánní motoriky observací záleží na klinických zkušenostech vyšetřovatele a na jeho pozorovacích schopnostech. Amiel-Tison (1982) zařadila observaci spontánní motoriky do vyšetřování předčasně narozených dětí s hodnocením: i) žádná spontánní aktivita (dítě leží nehybně), nebo nadměrná spontánní motorika s viditelným tremorem a klonem, ii) snížená nebo zvýšená spontánní motorika s přerušovanými úlekovými reakcemi, iii) motorická aktivita kvantitativně i kvalitativně harmonická.

Dubowitz et al. (1999), (2005) rozpracovali sledování spontánní motoriky ve svém neurovývojovém vyšetření, kdy jednu minutu je pozorováno klidné probuzené dítě v supinační poloze a jsou hodnoceny kvantitativní a kvalitativní položky odděleně. Kvantitativní položky jsou hodnoceny jako: i) žádný pohyb, ii) sporadický a krátký izolovaný pohyb, iii) časté izolované pohyby, iv) časté generalizované pohyby, v) kontinuální přehnané pohyby. Kvalitativní položky jsou vyjádřeny jako: i) pouhé protahování, ii) protahování a náhodné a náhlé pohyby, některé pohyby s hladkým průběhem, iii) plynulý monotónní pohyb, iv) plynulý střídavý pohyb paží a nohou s dobrou variabilitou, v) stísněné trhavé a abnormální pohyby. Zvlášť hodnotí třes (*tremor*), abnormální postavení ruky a úlekové reakce (*startle*).

Korner et al. (2000) zařadila do hodnocení spontánní motoriky níže popsané položky.

Kvantitativní položky:

- a) **vitalita**, která není, nebo je i) žádná, ii) minimální, iii) střední, iv) energická,
- b) **kvantita pohybu**, která obsahuje i) žádný pohyb, ii) minimální pohyb, iii) střední aktivitu pohybu, iv) pohyb v průběhu celého sledování,

kvalitativní položky:

- a) **přítomnost plynulého hladkého pohybu**, který se neobjevuje, nebo objevuje i) nikdy, ii) příležitostně, iii) často, iv) téměř vždy, v) dítě je bez pohybu,

- b) **přítomnost třesu**, který se nevyskytuje, nebo vyskytuje i) nikdy, ii) příležitostně, iii) stále, iv) dítě je bez pohybu,
- c) **pohyby s vysokou amplitudou (*klonus*)**, které jsou charakteristické na dolních nebo horních končetinách frekvencí 6krát za sekundu, které se nevyskytují, nebo vyskytují i) nikdy, ii) příležitostně, iii) často, iv) dítě je bez pohybu,
- d) **škubavé pohyby (*jerky*)**, které se nevyskytují, nebo vyskytují i) nikdy, ii) příležitostně, iii) často, iv) velmi často, v) dítě je bez pohybu,
- e) **přestřelování pohybu** není, nebo je i) nikdy, ii) příležitostně, iii) často, iv) velmi často).

U předčasně narozených dětí, které dosáhly termínu porodu, je kvantita pohybu ve srovnání s dětmi donošenými stejná, ale kvalitativní položky se liší v neprospěch předčasně narozených dětí (Mercuri et al. 2003; Ricci et al., 2008). Kvalita postury a spontánního pohybu u předčasně narozených dětí i dětí narozených v termínu je prognostickým indikátorem nejen neideálního psychomotorického vývoje, ale je úzce vztažena k rozvoji kognitivních funkcí, které se později projevují v průběhu dětství jako poruchy chování a učení (Butcher et al., 2009).

### 1.8.2 Kvalitativní hodnocení spontánní motoriky z videozáznamu dle Prechtla

Observací pohybu z videozáznamu předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu se zabýval profesor Heinz Prechtel a jeho spolupracovníci od 90. let dvacátého století. Propracovaná metodika je zaměřená na sledování typického pohybu plodu a předčasně narozených dětí pomocí videozáznamu a následné observace a vyhodnocování záznamu.

U předčasně narozených dětí autoři popsali:

„**General Movements**“ (GMs) jsou „globální“ celotělové pohyby s výraznou amplitudou a rychlostí. GMs jsou již patrné u plodu v 8. post-koncepčním týdnu (De Vriest & Fong, 2006).

„**Writhing Movements**“ (WMs) jsou elipsoidní celotělové pohyby charakteristické mírnou amplitudou a nízkou rychlostí, typické pro donošené dítě. WMs zajišťují subkortikální struktury mozku (Hadders-Algra, 2007).

„**Fidgety Movements**“ (FMs) jsou malé rotační pohyby hlavy, trupu a končetin s mírnou amplitudou a rychlostí, které se začínají projevovat okolo osmého týdne

korigovaného věku, kdy se začínají funkčně zapojovat kortikální struktury mozku. FMs vrcholí mezi 15. až 20. týdnem korigovaného věku.

**„Intentional and Antigravity Movements“** úmyslné a antigravitační pohyby se objevují u tříměsíčního dítěte korigovaného věku.

V prvních dnech po porodu se nedoporučuje vyšetřovat GMs. Donošené dítě po porodu vykazuje monotónní pomalý pohybový vzor GMs v průběhu prvních 5 dnů života. Důvodem může být poporodní šok, spinální anestezie matky a jiné klinické faktory (Ploegstra, Bos, & de Vries, 2014).

Hodnocení spontánní motoriky z videozáznamu dle Prechtla bylo vypracováno pro časnou diagnostiku neideálního motorického vývoje s možností časně predikce DMO (Einspieler et al., 2004; Einspieler & Prechtel, 2005; Einspieler, Prayer, & Prechtel, 2012; Nakajima et al., 2006; Valentin, Uhl, & Einspieler, 2005). Někteří autoři toto vyšetření povyšují nad klasické neurovývojové vyšetření, kdy argumentují, že je možné sledovat pohyby i nemocného dítěte (Bos, 1998).

U extrémně nezralých novorozenců má perinatální morbidita vliv na probíhající vývoj nervové soustavy, kvalita nastupujících WMs u těchto dětí koreluje s chronickým plicním onemocněním a nosokomiálními infekcemi, které dítě prodělalo v průběhu jeho hospitalizace na neonatologickém oddělení (Zahed-Cheikh et al., 2011). Předčasně narozené děti po chirurgickém zákroku z 50% vykazují pomalejší nástup WMs (Crowle, Badawi, Walker, & Novák, 2015). U kojenců neideální nástup FMs úzce souvisí s nekoordinovaným sacím, polykacím a respiračním vzorem (Nieuwenhuis et al., 2012).

Absence FMs v korigovaném věku tří měsíců s 92% senzitivitou a 82% specificitou selektuje pacienty se zvýšeným rizikem neideálního motorického vývoje a pravděpodobného rozvoje DMO (Brognia et al., 2013; Burger & Louw, 2009; Hamer, Bos, & Hadders-Algra, 2011; Spittle et al., 2013). Střední abnormalita FMs je indikátorem malých neurologických deficitů (ADHD, agresivní chování, problémy s koordinací) ve školním věku a v dospívání (Beccaria et al., 2012).

Velké ohrožení dítěte DMO, dle Hadders-Algra (2001) lze stanovit mezi druhým a čtvrtým měsícem jeho korigovaného věku, pokud vidíme přítomnost abnormálních GMs. Olsen et al. (2016) potvrdili vztah mezi GMs a MRI mozku u dětí narozených < 30. g. t., vyšetřovaných ve 32. g. t., 34. g. t. a 36. g. t. Nízká kvalita GMs korelovala s abnormalitami na nálezů MRI mozku dítěte. Skiold et al. (2013) potvrdili vysoké riziko rozvoje DMO u dětí s abnormálními GMs a patologickým MRI nálezem mozku



v bílé hmotě mozkové. Vyšetření pomocí MRI a sledování GMs, autoři Ferrari et al. (2011), Olsen et al. (2016), považují za komplexní vyšetřovací přístup, který predikuje neideální psychomotorický vývoj dítěte. Peyton et al. (2017) doporučují vyšetřit dítě ve 3. měsíci korigovaného věku, a pokud se objevují abnormální FMs, doplnit vyšetření MRI, kdy abnormální změny na bílé hmotě a abnormální FMs predikují neideální psychomotorický vývoj.

### 1.8.3 Kvantitativní hodnocení spontánní motoriky u předčasně narozených dětí

Kvantitativní hodnocení spontánní motoriky umožňuje získat objektivní kinematické veličiny (čas, dráhu, lineární rychlost, lineární zrychlení, úhel, úhlovou rychlost) (Janura & Zahálka, 2004). Mnozí autoři také zaznamenávali a analyzovali kvalitativní parametry pohybu GMs, WMs, FMs a kvantitativně je vyhodnotili (Adde, Helbostad, Jensenius, Taraldsen, & Stoen, 2009, Berthouze & Mayston, 2011). Objektivizací kvantitativních parametrů můžeme u předčasně narozených dětí hodnotit např. frekvenci spontánního kopání, úhlové nastavení v jednotlivých kloubech, rychlost pohybu v jednotlivých kloubech a zrychlení pohybu. Macroft, Khan, Embleton, Trenell a Plötz (2015) rozdělují přístroje pro analýzu pohybu u předčasně narozených dětí na indirektivní (bezkontaktní), které se dítěte nedotýkají, a direktivní (kontaktní), které jsou na dítě umístěny. Výhody a nevýhody jednotlivých zařízení jsou uvedeny v Tabulce 1.

**Tabulka 1** Přehled výhod a nevýhod spojených s různými způsoby snímání pohybu GMs u předčasně narozených dětí (Macroft et al., 2015, p. 3.)

Bezkontaktní snímače	Výhody	Nevýhody
Video záznam	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jednoduché použití</li> <li>2. Vysoké prostorové rozlišení</li> <li>3. Velká kontextová informace</li> <li>4. Lehce dostupný</li> <li>5. Přenosný</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Výpočetně náročná analýza</li> <li>2. Zásady ochrany soukromí</li> <li>3. Velké požadavky na místo na disku</li> <li>4. Nízké rozlišení</li> <li>5. Problémy okluze</li> </ol>
3D snímač pohybu Vicon	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vysoké prostorové rozlišení</li> <li>2. Informace o hloubce</li> <li>3. Přesné zachycení pohybu</li> <li>4. Vysoká spolehlivost</li> <li>5. Možnost časového rozlišení</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vysoké náklady</li> <li>2. Výpočtově velmi nákladný</li> <li>3. Zásady ochrany soukromí</li> <li>4. Velké požadavky na místo na disku</li> <li>5. Požadavek na velký fyzický prostor pro</li> </ol>

Microsoft Kinect	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Analýza sekundárního pohybu (např. výměra síly a hmotnosti)</li> <li>1. Vysoké prostorové rozlišení</li> <li>2. Informace o hloubce</li> <li>3. Nízká cena</li> <li>4. Zachycení pohybu bez nutnosti značení</li> </ol>	<p>snímače</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>6. Značky potřebné pro zachycení pohybu</li> <li>1. Nízké časové rozlišení</li> <li>2. Problém okluze</li> <li>3. Omezené zorné pole</li> </ol>
<hr/>		
Kontaktní snímače	Výhody	Nevýhody
Akcelerometr pohybový snímač	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vysoké časové rozlišení</li> <li>2. Nízké náklady</li> <li>3. Energeticky efektivní</li> <li>4. Zachování soukromí</li> <li>5. Malá velikost</li> <li>6. Dobrá životnost baterie (vložené)</li> <li>7. Vysoká dostupnost (např. mobilní telefony)</li> <li>8. Aktigrafy: vzory spánku / bdění</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nízké prostorové rozlišení</li> <li>2. Příležitostné ztráty dat (bezdrátové)</li> <li>3. Omezená životnost baterie (bezdrátová / real-time)</li> <li>4. Obtížnost v konzistentní poloze</li> <li>5. Problémy s komfortem dítěte</li> <li>6. Pouze relativní zachycení pohybu</li> </ol>
Magnetický snímač pohybu	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vysoké časové rozlišení</li> <li>2. Velmi vysoká přesnost</li> <li>3. Tolerance kovu</li> <li>4. Žádná okluze zorného pole</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vysoké náklady ve srovnání s akcelerometry</li> <li>2. Výpočtově velmi nákladná analýza</li> <li>3. Komplexní nastavení</li> <li>4. Problémy s magnetickým a elektrickým rušením</li> </ol>

## 2 Cíle práce

### Hlavní cíl

Hlavním cílem této práce byla biomechanická analýza spontánní hybnosti a posturální aktivity u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu.

### Dílčí cíle

Cíl 1: Hodnocení spontánní hybnosti a posturální aktivity u předčasně narozených dětí s využitím kinematické analýzy pohybu.

Cíl 2: Hodnocení posturální aktivity novorozenců v poloze na zádech dle gestačního věku při porodu s využitím dynamické analýzy pohybu.

Cíl 3: Hodnocení posturální aktivity novorozenců v poloze na zádech dle porodní hmotnosti s využitím dynamické analýzy pohybu.

### Dílčí cíl 1

**Hypotéza H<sub>01</sub>:** Pohyb horních končetin v poloze na zádech se u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu neliší.

- a) pohyb v ramenních kloubech v sagitální rovině
- b) pohyb v ramenních kloubech ve frontální rovině
- c) pohyb v loketních kloubech v sagitální rovině

**Hypotéza H<sub>02</sub>:** Pohyb dolních končetin v poloze na zádech se u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu neliší.

- a) pohyb v kyčelních kloubech v sagitální rovině
- b) pohyb v kyčelních kloubech ve frontální rovině
- c) pohyb kolenních kloubů v sagitální rovině

**Hypotéza H<sub>03</sub>:** Pohyb těžiště v poloze na zádech se u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu neliší.

- a) craniocaudální pohyb
- b) mediolaterální pohyb
- c) anterioposteriorní pohyb
- d) 3D pohyb

## **Dílčí cíl 2**

**Hypotéza H<sub>04</sub>:** Neexistuje významný rozdíl ve velikosti parametrů COP v poloze na zádech mezi skupinami s různým gestačním věkem při narození.

- a) směrodatná odchylka pohybu COP
- b) rychlost výchylek COP
- c) rozsah pohybu COP
- d) délka trajektorie COP

## **Dílčí cíl 3**

**Hypotéza H<sub>05</sub>:** Neexistuje významný rozdíl ve velikosti parametrů COP v poloze na zádech mezi skupinami s různou porodní hmotností.

- a) směrodatná odchylka pohybu COP
- b) rychlost výchylek COP
- c) rozsah pohybu COP
- d) délka trajektorie COP

## **3 Metodika**

### **3.1 Metodika studie 1**

Studie probíhala od září 2012 do ledna 2013. Všechny děti byly hospitalizovány na Novorozeneckém oddělení ve Fakultní nemocnici v Olomouci. Měření probíhalo na Oddělení pro fyziologické novorozence.

#### **3.1.1 Charakteristika souboru**

Pro potřeby studie bylo celkově vyšetřeno 20 dětí. Experimentální skupinu tvořilo 10 předčasně narozených dětí (6 chlapců, 4 děvčata). Průměrný gestační věk při narození byl  $33 \pm 3,5$  g. t., průměrná porodní hmotnost byla  $1910 \pm 673$  g. Průměrný věk předčasně narozených dětí při vyšetření byl 37. g. t. a průměrná hmotnost byla  $2424 \pm 242$  g. Do kontrolní skupiny bylo zařazeno 10 dětí narozených v předpokládaném termínu (6 chlapců a 4 děvčata). Průměrný gestační věk při vyšetření byl  $40 \pm 1,2$  týden. Průměrná porodní hmotnost byla  $3404 \pm 424$  g, průměrná hmotnost při vyšetření byla  $3156 \pm 408$  g. Vyšetřovány byly pouze děti, které byly kardiopulmonálně stabilizované, bez podpory oxygenoterapie a sedativní medikamentózní léčby. Jejich zařazení do výzkumu proběhlo na základě vyšetření a doporučení dětského neurologa. Rodičům byl vždy vysvětlen účel a průběh vyšetření a samotné vyšetření mohlo proběhnout po podepsání informovaného souhlasu Příloha 1. Výzkum byl schválen Etickou komisí FTK UP Olomouc pod jednacím číslem: 9/2012.

#### **3.1.2 Průběh měření**

Vyšetření bylo prováděno za standardizovaných vnějších podmínek na vyšetřovně, kde bylo nainstalováno zařízení pro záznam pohybu. Zevní podmínky splňovaly optimální teplotu prostředí v rozpětí 25-28 °C. Při vyšetření bylo nutno minimalizovat hluk a negativní vliv světelných zdrojů a dodržet pravidla kinestetické manipulace s dítětem. Hygienické podmínky byly dodržovány standardně dle požadavků jednotlivých oddělení Fakultní nemocnice Olomouc. Kinestetickou manipulaci s dítětem zajišťovala vždy stejná zkušená fyzioterapeutka.

### **3.1.3 Metody sběru dat**

#### **3.1.3.1 Metody klinické**

Pro určení gestačního věku byla použita lékařská dokumentace, kdy gynekolog stanovil gestační stáří plodu podle poslední menstruace matky a následného kontrolního ultrazvukového záznamu. Tyto údaje byly doplněny o informace o přítomných prenatalních a perinatálních komplikacích. Pro hodnocení poporodní adaptace dítěte v 1., 5. a 8. minutě po porodu jsme použili Apgar skóre. Do studie nebyly zahrnuty děti s chromozomální anomálií, kongenitálními abnormalitami, cerebrální hemoragií, kardiologickým onemocněním a s nálezem periventrikulární leukomalácie.

#### **3.1.3.2 Biomechanické metody**

Z biomechanických metod byla využita 3D videografická analýza pohybu. K získání videozáznamu byly použity dvě kamery Sony DCR-TRV900E a Sony HDV 1080i, s frekvencí snímání 25 Hz, které byly postaveny na stativěch tak, že jejich optické osy svíraly úhel cca 90° (Příloha 4).

Před vlastním záznamem pohybu byla vždy provedena kalibrace prostoru k určení závislosti mezi skutečnými velikostmi a odpovídajícími údaji na získaném záznamu (Janura a Zahálka, 2004, s. 98). Ke kalibraci byla použita kovová konstrukce ve tvaru kvádrů 27 x 32 x 51 cm s vyznačenými body, jejichž vzdálenosti byly přesně definovány. Toto kalibrační zařízení současně sloužilo pro následné vymezení snímaného prostoru.

Dítě bylo položeno na záda na jednorázovou plenu do snímacího prostoru. Záznam byl pořizován pouze u dětí v klidném bdělém stavu. Pohyby dítěte byly snímány po dobu 30 s. Synchronizaci záznamů z obou kamer zajišťovala světelná tabule, na které byly umístěny LED diody, které emitovaly signál s frekvencí 50 Hz.

Záznamy byly následně zpracovány v programu APAS (Ariel Dynamics Inc., Trabuco Canyon, CA, USA). Po provedení synchronizace dvou vzájemně si odpovídajících záznamů z obou kamer byly na každém snímku označeny zvolené anatomické body (nos, středy ušnic, středy ramenních kloubů, mediální epikondyly humeru, středy zápěstí, pupek, processus xyphoideus, středy kyčelního kloubu, mediální epikondyly humeru, mediální kotníky).

Z označených záznamů byly v programu APAS vytvořeny a vyhlazeny prostorové (3D) trajektorie označených bodů v závislosti na čase pomocí spline 5. řádu.

#### **3.1.4 Měřené parametry**

Pro možnost porovnání obou skupin byly použity tyto parametry: celkový úhlový rozsah pohybu v sagitální a frontální rovině v ramenních, loketních, kyčelních a kolenních kloubech; variabilita pohybu (směrodatná odchylka odvozená z průběhu změn úhlů v čase) a úhlová rychlost pohybu v ramenních, loketních, kyčelních a kolenních kloubech.

#### **3.1.5 Statistické zpracování dat**

Statistické zpracování dat bylo provedeno v programu Statistica (Statistica 10.0, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Ověření normálního rozdělení dat bylo provedeno s využitím Shapiro-Wilkova testu. Protože data nespĺňovala podmínky pro použití parametrických testů, byl pro porovnání rozdílů mezi dvěma testovanými skupinami použit neparametrický Mann-Whitney U test. Všechny hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## 3.2 Metodika studie 2 a 3

Studie probíhala od srpna 2014 do prosince 2014. Všechny děti byly hospitalizovány na Novorozeneckém oddělení ve Fakultní nemocnici v Olomouci. Vyšetření probíhalo na Oddělení pro fyziologické novorozence a Oddělení intermediální péče.

### 3.2.1 Charakteristika souboru

Pro potřeby studie 2 a 3 bylo celkově vyšetřeno 60 dětí. Experimentální skupinu tvořilo 30 předčasně narozených dětí (16 chlapců, 14 děvčat), průměrný věk při porodu byl  $32,4 \pm 3,1$  g. t. s průměrnou porodní hmotností  $1795,7 \pm 637,7$  g. Tyto děti, byly vyšetřovány průměrně 37. g. t. s průměrnou hmotností při vyšetření  $2381 \pm 239,7$  g. Kontrolní skupinu tvořilo 30 dětí narozených v termínu porodu (18 chlapců, 12 děvčat), kdy průměrný věk při narození byl  $39,5 \pm 1,1$  g. t. s průměrnou porodní hmotností  $3377 \pm 531,9$  g. Tyto děti byly vyšetřovány 3. den po porodu s aktuální hmotností při vyšetření  $3146,7 \pm 479,6$  g.

Ve studii 2 byly děti rozděleny dle gestačního věku při porodu do 4 skupin ( $< 32$  g. t.,  $\geq 32$  a  $< 34$  g. t.,  $\geq 34$  a  $< 37$  g. t.,  $\geq 37$  g. t.). Základní anamnestické údaje těchto skupin jsou uvedeny v Tabulce 2.

Ve studii 3 byly děti rozděleny dle porodní hmotnosti při porodu do 4 skupin ( $\leq 1500$  g,  $\leq 2000$  g,  $\leq 2500$  g,  $> 2500$  g). Základní anamnestické údaje těchto skupin jsou uvedeny v Tabulce 3.

**Tabulka 2** Anamnestické údaje pro jednotlivé skupiny dětí rozdělených dle gestačního věku při narození

	$< 32$ g. t.	$\geq 32$ a $< 34$ g. t.	$\geq 34$ a $< 37$ g. t.	$\geq 37$ g. t.
N	10	6	14	30
PGV	29+1	33+1	35+1	39+6
PH	1093	1948	2232	3377
AGV	36+2	36+0	36+5	40+2
AH	2362	2347	2411	3147
porodní délka	43,5	41,2	42,2	49,6

*Poznámka* N - počet probandů, PGV - průměrný gestační věk při porodu, PH - průměrná porodní hmotnost, AGV - průměrný aktuální gestační věk při vyšetření, AH - průměrná aktuální hmotnost při vyšetření.



**Tabulka 3** Anamnestické údaje pro jednotlivé skupiny rozděleny dle porodní hmotnosti

	≤ 1500 g	≤ 2000 g	≤ 2500 g	> 2500 g
N	12	7	8	33
PGV	29+6	34+5	35+2	39+1
PH	1139	1891	2184	3358
AGV	36+3	37+4	36+3	39+5
AH	2330	2336	2219	3145
porodní délka	43,3	41,4	43,5	48,6

*Poznámka* N - počet probandů, PGV - průměrný gestační věk při porodu, PH - průměrná porodní hmotnost, AGV - průměrný aktuální gestační věk při vyšetření, AH - průměrná aktuální hmotnost při vyšetření.

Vyšetřovány byly pouze děti, které byly kardiopulmonálně stabilizované, bez podpory oxygenoterapie a sedativní medikamentózní léčby.

Dětský neurolog doporučil dítě k vyšetření pomocí tlakové plošiny. Rodičům byl vždy vysvětlen účel a průběh vyšetření a samotné vyšetření mohlo proběhnout po podepsání informovaného souhlasu.

Vyšetření bylo prováděno za standardizovaných vnějších podmínek na vyšetřovně, kde byla nainstalována tlaková plošina. Zevní podmínky splňovaly optimální teplotu prostředí v rozpětí 25-28 °C.

Vyšetření probíhalo s minimem dráždivých stimulů. Kinestetickou manipulaci s dítětem zajišťovala vždy stejná zkušená fyzioterapeutka. Při vyšetření bylo nutno minimalizovat hluk, negativní vliv světelných zdrojů a dodržet pravidla kinestetické manipulace s dítětem. Hygienické podmínky byly dodržovány standardně dle požadavků jednotlivých oddělení Fakultní nemocnice Olomouc.

### 3.2.2 Metody sběru dat

#### 3.2.2.1 Metody klinické

Pro určení gestačního věku byla použita lékařská dokumentace, kdy gynekolog stanovil gestační stáří plodu podle poslední menstruace matky a následného kontrolního ultrazvukového záznamu. Tyto údaje byly doplněny o informace o přítomných prenatálních a perinatálních komplikacích. Pro hodnocení poporodní adaptace dítěte v 1., 5. a 8. minutě po porodu jsme použili Apgar skóre. Do studie nebyly zahrnuty děti

s chromozomální anomálií, kongenitálními abnormalitami, cerebrální hemoragií, kardiologickým onemocněním a s nálezem periventrikulární leukomalácie.

### 3.2.2.2 Biomechanické metody

Pro hodnocení reakční síly byla využita silová plošina Kistler 9286AA (Kistler Instrumente AG Winterthur, Švýcarsko) o velikosti 40 x 60 cm, která byla položena na vyšetřovacím stole. Získaná data z plošiny byla zaznamenána prostřednictvím softwaru BioWare (Kistler Instrumente, Winterthur, Švýcarsko). Doba snímání na plošinách byla stanovena na 5 min., s původním nastavením frekvence záznamu 200 Hz.

Dítě bylo svlečené, položeno na záda na jednorázovou plenu na silovou plošinu (Příloha 8). Záznam byl pořizován pouze u dětí v klidném bdělém stavu.

### 3.2.3 Měřené parametry

Získaná data byla ze systému Bio Ware převedena do grafické podoby jednotlivých složek reakční síly – mediolaterální ( $F_x$ ), anteroposteriorní ( $F_y$ ), vertikální ( $F_z$ ) v závislosti na čase. Na základě následného vyhodnocení záznamů v programu MATLAB (MathWorks, Natick, MA, USA) byla získána data pro statistické porovnání. Hlavní sledované parametry byly:

- **sway x** směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v procentech délky těla,
- **sway y** směrodatná odchylka COP v craniocaudálním směru v procentech délky těla,
- **V<sub>x</sub>** rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru v procentech délky těla za sekundu,
- **V<sub>y</sub>** rychlost pohybu COP v craniocaudálním směru v procentech délky těla za sekundu,
- **V** celková rychlost COP v procentech délky těla za sekundu,
- **rozsah x** charakteristika rozsahu pohybu COP v mediolaterálním směru v procentech délky těla,
- **rozsah y** charakteristika rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru v procentech délky těla.

### **3.2.4 Statistické zpracování dat**

Statistické zpracování dat bylo provedeno v programu Statistica (Statistica 12.0, StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Ověření normálního rozdělení dat bylo provedeno s využitím Shapiro-Wilkova testu. Protože data nespĺňovala podmínky pro použití parametrických testů, byl pro porovnání rozdílů mezi dvěma testovanými skupinami použit neparametrický Mann-Whitney U test. Všechny hypotézy byly testovány na hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## 4 Výsledky

### 4.1 Výsledky k cíli 1

Základní charakteristiky pohybu horních končetin v poloze na zádech u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu jsou uvedeny v Tabulce 4. Grafické porovnání nalezených rozdílů je znázorněno na Obrázku 6.

**Tabulka 4** Získané parametry pohybu horních končetin v poloze na zádech u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu.

	Narozené předčasně (n =10)		Narozené v termínu (n =10)		p
	M	SD	M	SD	
Rameno Y					
Rozsah	123,5	44,5	77,2	40,2	0,052
Variabilita	29,0	14,3	16,3	10,9	0,052
Rychlost	27,0	12,2	16,3	11,7	0,089
Rameno Z					
Rozsah	113,5	38,5	56,8	29,6	<b>0,004</b>
Variabilita	27,8	10,0	12,1	6,3	<b>&lt;0,001</b>
Rychlost	22,6	14,0	11,3	7,9	<b>0,035</b>
Loket Y					
Rozsah	156,7	15,1	89,1	46,6	<b>0,002</b>
Variabilita	40,0	5,8	19,8	13,4	<b>0,001</b>
Rychlost	44,8	19,5	21,8	13,3	<b>0,003</b>

*Poznámka* Y - sagitální rovina, Z - frontální rovina, rozsah - rozsah pohybu (°), variabilita - variabilita pohybu (°), rychlost - rychlost pohybu (°·s<sup>-1</sup>), M - průměr, SD - směrodatná odchylka, p - hodnota pravděpodobnosti.

Pohyb horních končetin v ramenním kloubu v sagitální rovině byl pro všechny parametry větší pro předčasně narozené děti, ale rozdíly mezi skupinami nebyly statisticky významné. Rozdíl pro rozsah pohybu v ramenním kloubu v sagitální rovině

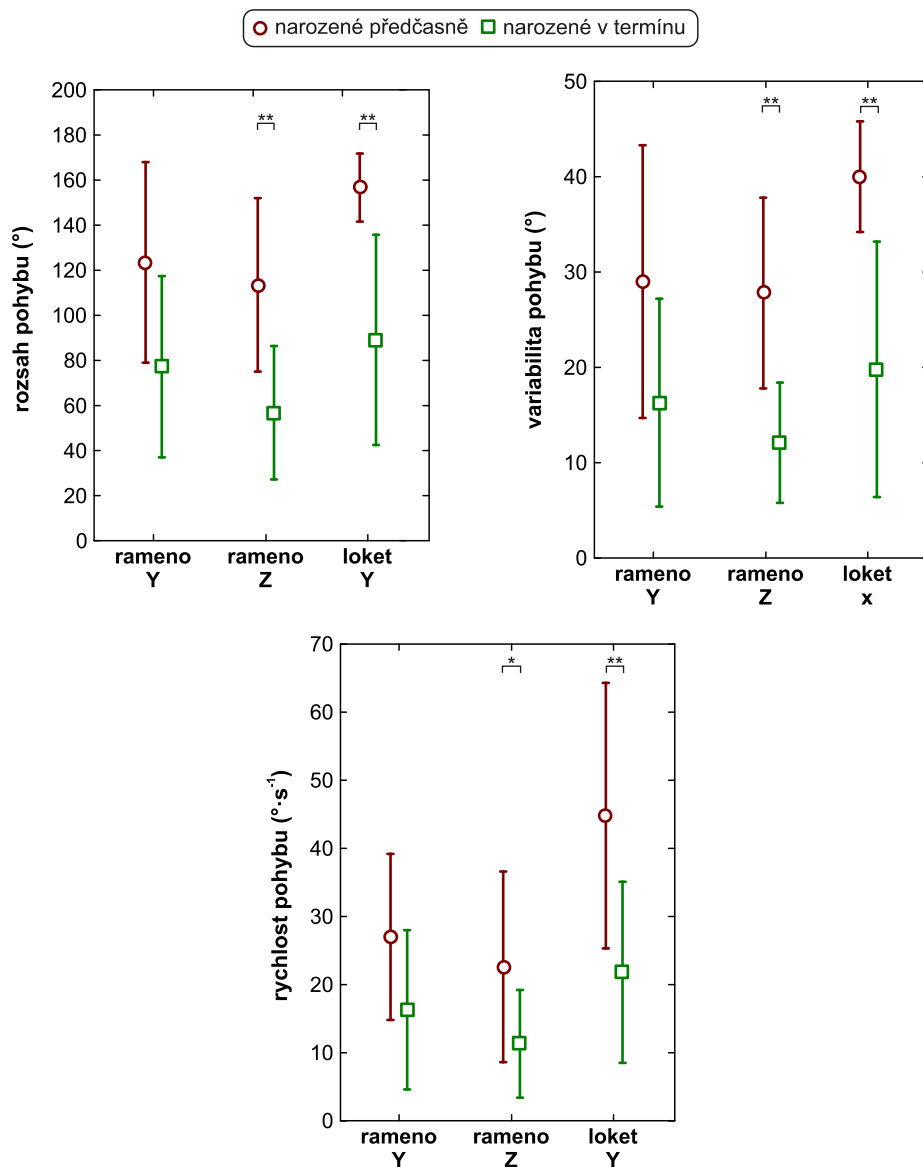
u experimentální skupiny a u kontrolní skupiny ( $p = 0,052$ ) se blížil stanovené hladině statistické významnosti. To platí také pro variabilitu pohybu v ramenním kloubu v sagitální rovině, která byla větší u experimentální skupiny.

Pohyb horních končetin v ramenním kloubu ve frontální rovině byl pro všechny měřené parametry významně větší pro předčasně narozené děti. Pro rozsah pohybu v ramenním kloubu ve frontální rovině byl rozdíl mezi experimentální a kontrolní skupinou  $56,7^\circ$  ( $p = 0,004$ ). Rozdíl úhlové rychlosti pohybu v ramenním kloubu ve frontální rovině mezi skupinami byl  $11,3^\circ \cdot s^{-1}$  ( $p = 0,035$ ), pro variabilitu pohybu v ramenním kloubu ve frontální rovině byl tento rozdíl  $15,7^\circ$  ( $p = 0,001$ ).

Také pohyb horních končetin v loketním kloubu v sagitální rovině byl pro všechny parametry větší pro skupinu předčasně narozených dětí. Rozdíl v rozsahu pohybu v loketním kloubu v sagitální rovině mezi experimentální a kontrolní skupinou byl  $67,6^\circ$  ( $p = 0,002$ ). Úhlová rychlost pohybu v loketním kloubu v sagitální rovině byla u experimentální skupiny větší o  $23^\circ \cdot s^{-1}$  ( $p = 0,001$ ). Pro variabilitu pohybu v loketním kloubu v sagitální rovině byla diference mezi skupinami  $19,8^\circ$  ( $p = 0,003$ ).

**Hypotézu  $H_01$  ve znění** „*Pohyb horních končetin v poloze na zádech se u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu neliší*“:

- a) *pro pohyb v ramenním kloubu v sagitální rovině* **nelze zamítnout,**
- b) *pro pohyb v ramenním kloubu ve frontální rovině* **zamítáme,**
- c) *pro pohyb v loketním kloubu v sagitální rovině* **zamítáme.**



**Obrázek 6.** Grafické znázornění rozsahu, variability a rychlosti pohybu na horních končetinách u předčasně narozených dětí a u dětí narozených v termínu porodu, rameno Y - pohyb v ramenním kloubu v sagitální rovině, rameno Z - pohyb v ramenním kloubu ve frontální rovině, loket Y - pohyb v loketním kloubu v sagitální rovině.

Základní charakteristiky pohybu dolních končetin v poloze na zádech u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu jsou uvedeny v Tabulce 5. Grafické porovnání nalezených rozdílů je znázorněno na Obrázku 7.

**Tabulka 5** Získané parametry pohybu dolních končetin v poloze na zádech u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu.

	Narozené předčasně (n =10)		Narozené v termínu (n =10)		p
	M	SD	M	SD	
<b>Kyčel Y</b>					
Rozsah	125,8	26,8	86,1	30,0	<b>0,009</b>
Variabilita	30,7	9,2	19,9	14,6	0,052
Rychlost	31,5	15,5	21,4	8,7	0,105
<b>Kyčel Z</b>					
Rozsah	110,5	37,4	98,4	46,5	0,579
Variabilita	28	11,1	22,7	19,8	0,481
Rychlost	25,3	14,6	23,9	13,3	0,353
<b>Koleno Y</b>					
Rozsah	126,1	32,6	102,7	42,0	0,315
Variabilita	32,5	11,6	22,5	16,9	0,165
Rychlost	34,8	16,9	25,3	12,6	0,105

*Poznámka* Y - sagitální rovina, Z - frontální rovina, rozsah - rozsah pohybu ( $^{\circ}$ ), variabilita - variabilita pohybu ( $^{\circ}$ ), rychlost - rychlost pohybu ( $^{\circ}\cdot s^{-1}$ ), M - průměr, SD - směrodatná odchylka, p - statistická signifikance.

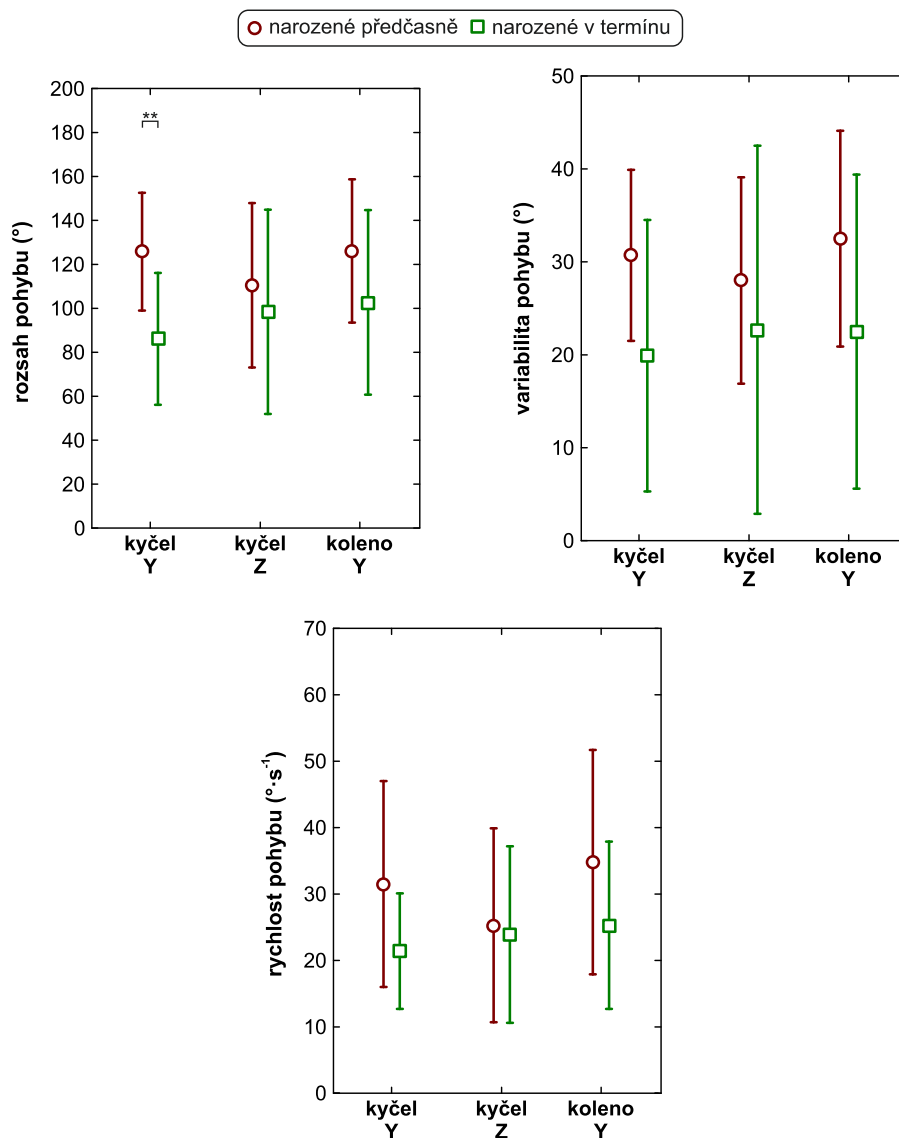
Pohyb dolních končetin v kyčelním kloubu v sagitální rovině byl pro všechny parametry větší pro předčasně narozené děti. Rozdíl pro rozsah pohybu v kyčelním kloubu v sagitální rovině mezi experimentální a kontrolní skupinou byl  $39,7^{\circ}$  ( $p = 0,009$ ). Rozdíl ve variabilitě pohybu v kyčelním kloubu v sagitální rovině ( $p = 0,052$ ) se blížil stanovené hladině statistické významnosti.

Pohyb dolních končetin v kyčelním kloubu ve frontální rovině byl pro všechny hodnocené parametry větší pro předčasně narozené děti. Žádný ze zjištěných rozdílů

nebyl statisticky významný na hladině  $p < 0,05$ . Stejný závěr platí také pro pohyb dolních končetin v kolenním kloubu.

**Hypotézu  $H_02$  ve znění „Pohyb dolních končetin v poloze na zádech se u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu neliší“:**

- a) pro pohyb v kyčelním kloubu v sagitální rovině hypotézu **zamítáme**,
- b) pro pohyb v kyčelním kloubu ve frontální rovině hypotézu **nelze zamítnout**,
- c) pro pohyb v kolenním kloubu v sagitální rovině hypotézu **nelze zamítnout**.



**Obrázek 7.** Grafické znázornění rozsahu, variability a rychlosti pohybu na dolních končetinách u předčasně narozených dětí a u dětí narozených v termínu porodu, kyčel Y - pohyb v sagitální rovině, kyčel Z - pohyb ve frontální rovině, koleno Y - pohyb v sagitální rovině.



Základní charakteristiky pohybu těžiště v poloze na zádech u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu jsou uvedeny v Tabulce 6. Grafické porovnání nalezených rozdílů je znázorněno na Obrázku 8.

**Tabulka 6** Získané parametry pohybu těžiště v poloze na zádech u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu.

	Narozené předčasně (n = 10)		Narozené v termínu (n = 10)		p
	M	SD	M	SD	
Craniocaudální					
Rozsah	10	7,7	4,8	1,9	<b>0,017</b>
Variabilita	2	0,9	1	0,4	<b>0,008</b>
Rychlost	1,7	1,1	0,8	0,6	<b>0,028</b>
Mediolaterální					
Rozsah	7,7	4,4	4,5	1,9	0,113
Variabilita	2	1,7	1,1	0,5	0,211
Rychlost	1,2	0,6	0,7	0,4	0,065
Anterioposteriorní					
Rozsah	5,3	3,4	2,9	1,1	<b>0,006</b>
Variabilita	1,1	0,4	0,7	0,2	<b>0,017</b>
Rychlost	0,9	0,5	0,6	0,4	0,182
3D					
Rozsah	9,2	4,1	4,8	0,9	<b>0,017</b>
Variabilita	1,8	0,8	1	0,3	<b>0,028</b>
Rychlost	1,4	0,8	0,8	0,4	<b>0,013</b>

*Poznámka* rozsah - rozsah pohybu (% délky těla), variabilita - variabilita pohybu (% délky těla), rychlost - rychlost pohybu (% délky těla za sekundu), M - průměr, SD -směrodatná odchylka, p - statistická signifikance.

Pohyb těžiště v craniocaudálním směru v poloze na zádech byl pro všechny parametry větší pro předčasně narozené děti. Rozdíl pro rozsah pohybu těžiště v craniocaudálním směru mezi experimentální a kontrolní skupinou byl 5,2 % délky těla ( $p = 0,017$ ). Pro variabilitu pohybu těžiště v craniocaudálním směru byl tento rozdíl 1 % délky těla ( $p = 0,008$ ). Velikost diference v rychlosti pohybu těžiště v craniocaudálním směru byla 0,3 % délky těla za sekundu ( $p = 0,028$ ).

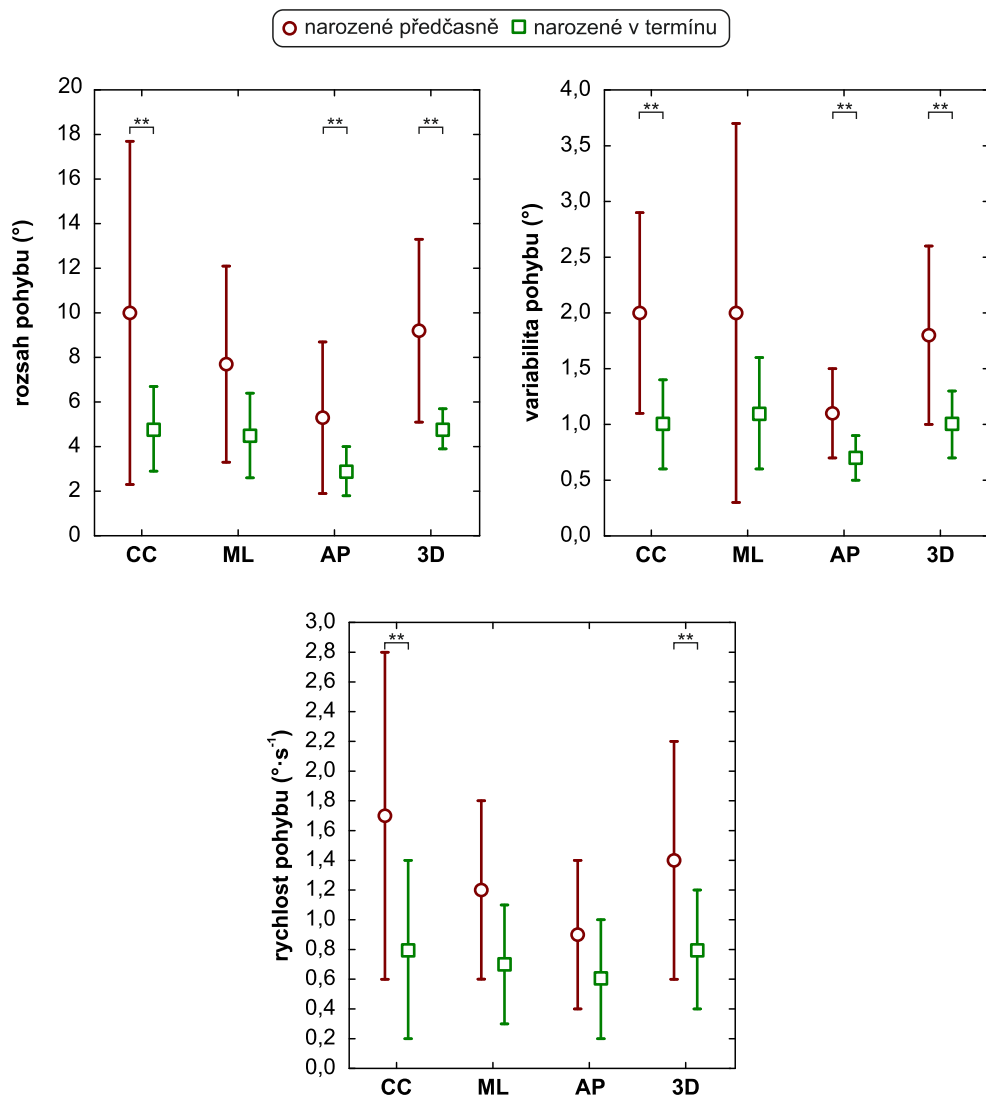
Pohyb těžiště v mediolaterálním směru v poloze na zádech byl pro všechny parametry větší pro předčasně narozené děti, ale žádný z rozdílů nebyl statisticky významný na zvolené hladině statistické významnosti.

Pohyb těžiště v anteroposteriorním směru v poloze na zádech byl pro všechny parametry větší pro předčasně narozené děti. Rozdíl pro rozsah pohybu těžiště byl 2,4 % délky těla ( $p = 0,006$ ). Velikost variability pohybu těžiště v anteroposteriorním směru byla vyšší o 0,4 % délky těla ( $p = 0,017$ ).

Výsledný (3D) pohyb těžiště v poloze na zádech byl pro všechny parametry větší pro předčasně narozené děti. Rozdíl pro rozsah výsledného pohybu těžiště byl 4,4 % délky těla ( $p = 0,017$ ). Velikost rozdílu pro variabilitu pohybu těžiště ve 3D mezi experimentální a kontrolní skupinou byla 0,8 % délky těla ( $p = 0,028$ ). Rychlost pohybu těžiště u experimentální skupiny byla vyšší o 0,6 % délky těla za sekundu ( $p = 0,013$ ).

**Hypotézu H<sub>03</sub> ve znění „Pohyb těžiště v poloze na zádech se u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu neliší“:**

- a) *pro craniocaudální pohyb* **zamítáme** pro všechny parametry,
- b) *pro mediolaterální pohyb* **nelze zamítnout** pro žádný parametr,
- c) *pro anterioposteriorní pohyb* **zamítáme**,
- d) *pro 3D pohyb* **zamítáme**.



**Obrázek 8.** Grafické znázornění rozsahu, variability a rychlosti pohybu těžiště v poloze na zádech CC - craniocaudální pohyb těžiště, ML - mediolaterální pohyb těžiště, AP - anteroposteriorní pohyb těžiště, 3D - výsledný (3D) pohyb těžiště.

## 4.2 Výsledky k cíli 2

Základní charakteristiky velikosti parametrů COP v mediolaterálním a craniocaudálním směru v poloze na zádech u skupin dle gestačního věku při narození jsou uvedeny v Tabulce 7.

**Tabulka 7** Hodnoty parametrů COP v mediolaterálním a craniocaudálním směru v poloze na zádech u skupin dle gestačního věku při narození.

	< 32. g. t. (n = 10)		≥32. a < 34. g. t. (n = 6)		≥ 34. a < 37. g.t. (n = 14)		≥ 37. g. t. (n = 30)		p
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
<b>Sway X</b>	0,031	0,015	0,046	0,015	0,042	0,016	0,043	0,027	0,286
<b>Sway Y</b>	0,026	0,017	0,027	0,010	0,029	0,015	0,022	0,011	0,360
<b>Rychlost X</b>	0,042	0,014	0,057	0,004	0,061	0,019	0,050	0,018	<b>0,015</b>
<b>Rychlost Y</b>	0,065	0,021	0,090	0,018	0,090	0,022	0,078	0,032	<b>0,048</b>
<b>Celková rychlost</b>	0,084	0,026	0,116	0,018	0,120	0,030	0,101	0,039	<b>0,031</b>
<b>Rozsah X</b>	0,195	0,070	0,260	0,034	0,271	0,086	0,240	0,093	0,198
<b>Rozsah Y</b>	0,170	0,078	0,253	0,056	0,182	0,059	0,152	0,055	<b>0,014</b>

*Poznámka* sway X - směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v procentech délky těla (%), sway Y - směrodatná odchylka COP v craniocaudálním směru v procentech délky těla (%), rychlost X - rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru (%/s), rychlost Y - rychlost pohybu COP v craniocaudálním směru (%/s), celkové rychlost - celkové rychlost pohybu COP, rozsah X - rozsah pohybu COP v mediolaterálním směru (%), rozsah Y - rozsah pohybu COP v craniocaudálním směru (%), M - průměr, SD - směrodatná odchylka, p - statistická signifikance.

Ve směrodatné odchylce COP v mediolaterálním a craniocaudálním směru v procentech délky těla nebyla prokázána statistická významnost mezi skupinami dle gestačního věku při narození.

V rychlosti výchylek COP v poloze na zádech v procentech délky těla za sekundu v mediolaterálním směru byl prokázán vliv skupiny dle gestačního věku ( $p = 0,015$ ). Velikost rychlosti výchylek u skupiny dětí narozených  $< 32$  g. t. byl významně menší ( $p = 0,031$ ) v porovnání se skupinou dětí narozených  $\geq 34$  a  $< 37$  g. t.

V rychlosti výchylek COP v poloze na zádech v procentech délky těla za sekundu v craniocaudálním směru byl prokázán vliv skupiny podle gestačního věku při narození ( $p = 0,048$ ). Mezi jednotlivými skupinami dětí jsme nenalezli významné rozdíly na hladině  $p < 0,05$ . Podobný závěr platí také pro celkovou rychlost COP v poloze na zádech.

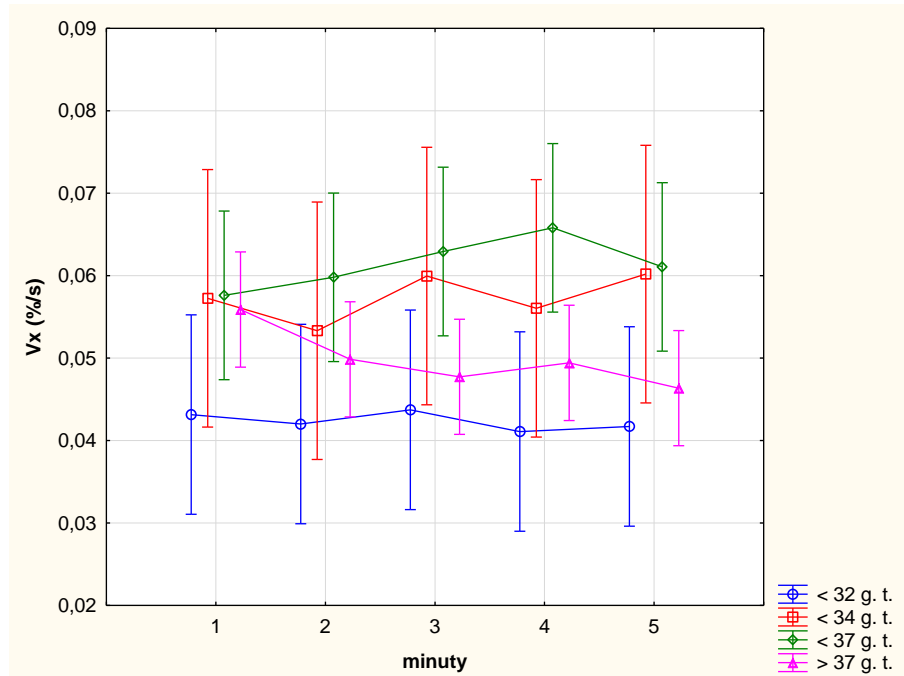
Pro rozsah pohybu COP v mediolaterálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla nebyl nalezen vliv skupiny podle gestačního věku při narození.

V rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla byla prokázána statistická významnost ( $p = 0,014$ ) mezi všemi skupinami dle gestačního věku při narození. Velikost rozsahu pohybu pro skupinu dětí narozenou  $\geq 32$  a  $< 34$  g. t. byla významně větší ( $p = 0,010$ ) v porovnání se skupinou dětí narozenou  $\geq 37$  g.t.

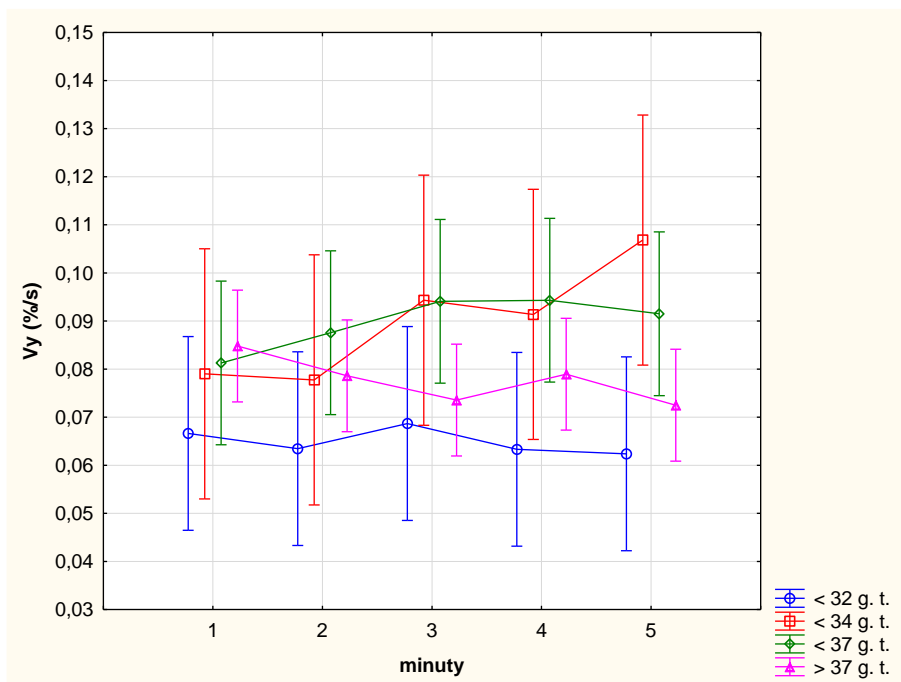
**Hypotézu H<sub>04</sub> ve znění „Neexistuje významný rozdíl ve velikosti parametrů COP v poloze na zádech mezi skupinami s různým gestačním věkem při narození“:**

- a) *ve směrodatné odchylce pohybu COP*“ **nemlze zamítnout,**
- b) *v rychlosti výchylek COP*“ **zamítáme,**
- c) *v rozsahu pohybu COP*“ **zamítáme.**

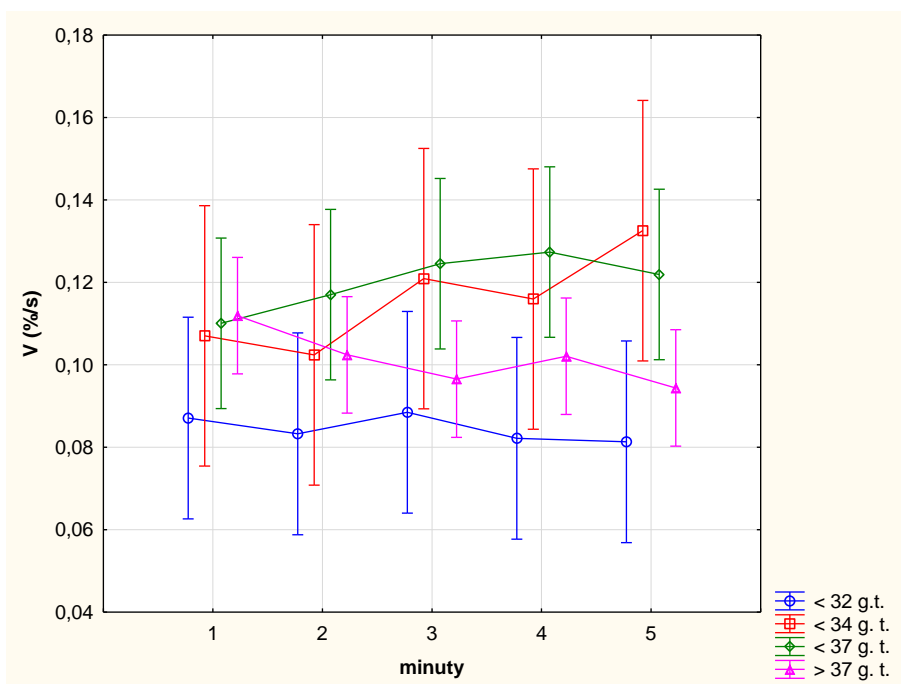
Grafická znázornění rychlosti výchylek COP v mediolaterálním a craniocaudálním směru v poloze na zádech u skupin dle gestačního věku při narození jsou na Obrázcích 9., 10. a 11.



**Obrázek 9.** Znázornění rychlosti výchylek COP v mediolaterálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla za sekundu (%/s) u skupin dle gestačního věku při narození v jednotlivých minutách vyšetření

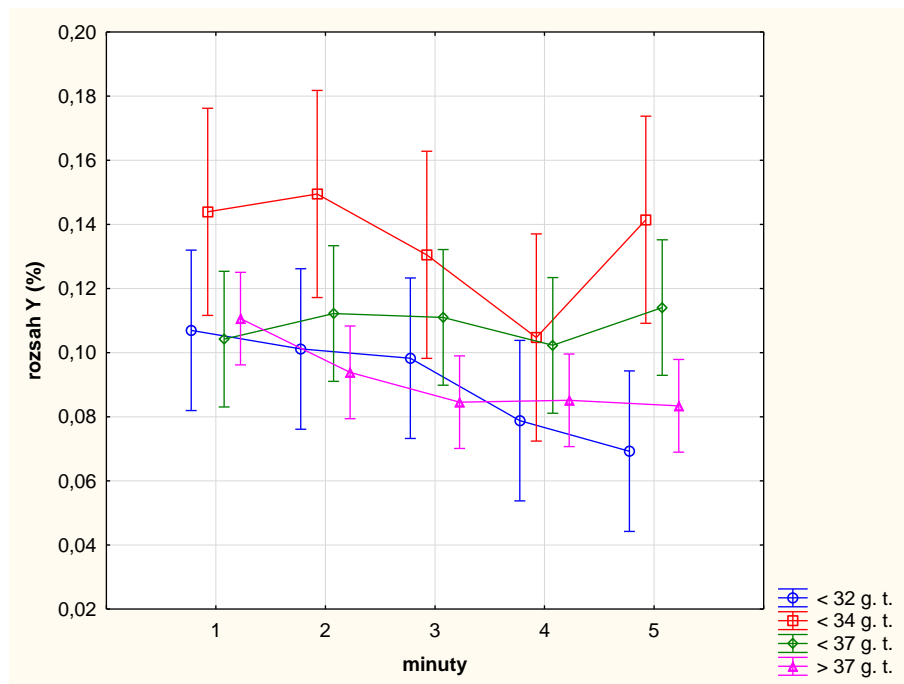


**Obrázek 10.** Znárodnění rychlosti výchylek COP v craniocaudálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla za sekundu (%/s) u skupin dle gestačního věku při narození v jednotlivých minutách vyšetření



**Obrázek 11.** Znárodnění celkové rychlosti výchylek COP v poloze na zádech v procentech délky těla za sekundu (%/s) u skupin dle gestačního věku při narození v jednotlivých minutách vyšetření

Grafické znázornění rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru v poloze na zádech u skupin dle gestačního věku při narození jsou uvedeny na Obrázku 12.



**Obrázek 12.** Znázornění rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla (%) u skupin dle gestačního věku při narození v jednotlivých minutách vyšetření



### 4.3 Výsledky k cíli 3

Základní charakteristiky velikosti parametrů COP v procentech délky těla (%) v mediolaterálním a craniocaudálním směru v poloze na zádech dle porodní hmotnosti jsou uvedeny v Tabulce 8.

**Tabulka 8** Hodnoty parametrů COP v mediolaterálním a craniocaudálním směru v poloze na zádech u skupin dětí dle porodní hmotnosti.

	≤ 1500 g (n =12)		≤ 2000 g (n =7)		≤ 2500 g (n = 8)		≥ 2500 g (n = 33)		p
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
<b>Sway X</b>	0,033	0,016	0,042	0,012	0,054	0,015	0,041	0,026	0,057
<b>Sway Y</b>	0,025	0,015	0,025	0,010	0,028	0,014	0,024	0,013	0,693
<b>Rychlost X</b>	0,047	0,017	0,060	0,010	0,058	0,009	0,051	0,020	0,062
<b>Rychlost Y</b>	0,069	0,022	0,094	0,015	0,086	0,018	0,079	0,032	0,142
<b>Celková rychlost</b>	0,091	0,03	0,122	0,017	0,114	0,021	0,103	0,040	0,104
<b>Rozsah X</b>	0,212	0,078	0,260	0,075	0,296	0,064	0,234	0,091	0,131
<b>Rozsah Y</b>	0,170	0,071	0,210	0,074	0,217	0,071	0,154	0,054	<b>0,048</b>

*Poznámka* sway X - směrodatná odchylka COP v mediolaterálním směru v procentech délky těla (%), sway Y - směrodatná odchylka COP v craniocaudálním směru v procentech délky těla (%), rychlost X - rychlost pohybu COP v mediolaterálním směru (%/s), rychlost Y - rychlost pohybu COP v craniocaudálním směru (%/s), celkové rychlost - celkové rychlost pohybu COP, rozsah X - rozsah pohybu COP v mediolaterálním směru (%), rozsah Y - rozsah pohybu COP v craniocaudálním směru (%), M - průměr, SD - směrodatná odchylka, p - statistická signifikance.

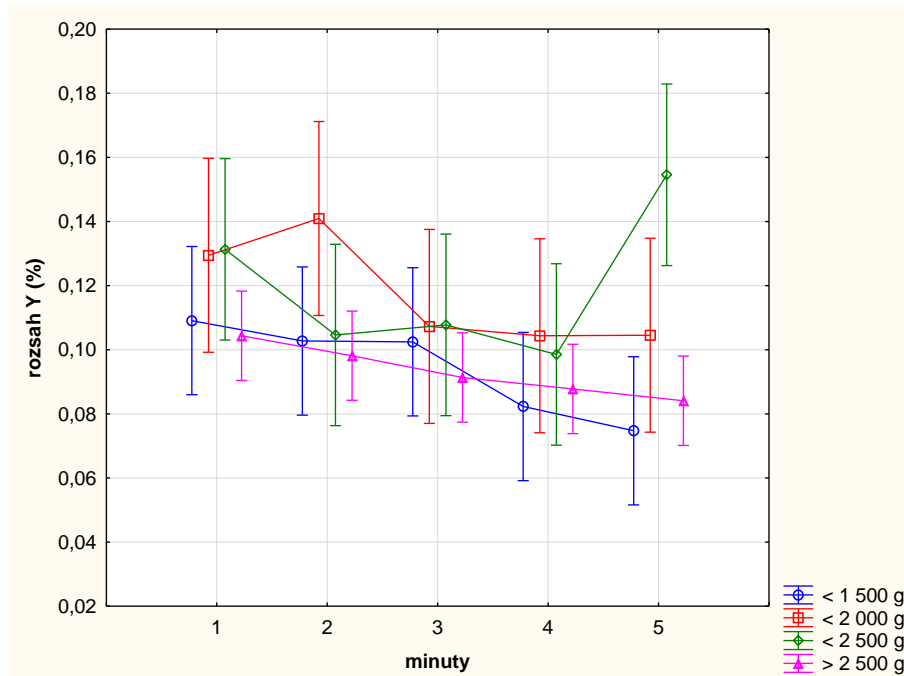
Ve směrodatné odchylce COP v mediolaterálním a craniocaudálním směru v procentech délky těla, podobně jako v rychlosti výchylek COP v mediolaterálním, v craniocaudálním a v celkové rychlosti v poloze na zádech v procentech délky těla za sekundu (%/s) nebyl prokázán vliv porodní hmotnosti.

V rozsahu pohybu COP v mediolaterálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla (%) nebyl prokázán vliv porodní hmotnosti. Pro rozsah pohybu COP v craniocaudálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla (%) byl nalezen vliv porodní hmotnosti ( $p = 0,048$ ).

**Hypotézu H<sub>05</sub> ve znění „Neexistuje významný rozdíl ve velikosti parametrů COP v poloze na zádech mezi skupinami s různou porodní hmotností“:**

- ve směrodatné odchylce pohybu COP“ **nelze zamítnout,**
- v rychlosti výchylek COP“ **nelze zamítnout,**
- v rozsahu pohybu COP“ **zamítáme.**

Grafické znázornění rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru v poloze na zádech u skupin dle porodní hmotnosti je uvedeno na Obrázku 13.



**Obrázek 13.** Znázornění rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla (%) u skupin dle porodní hmotnosti v jednotlivých minutách vyšetření

## 5 Diskuze

### 5.1 Diskuze k cíli 1

Kinematickou analýzu využívalo ve svých výzkumech již více autorů, kteří se věnovali hodnocení např. spontánního kopání (Berthouze & Mayston, 2011; Droit, Boldrini, & Cion, 1996; Fetters, Sapir, Chen, Kubo, & Tronick, 2010; Fetters, Chen, Jondsdottir, & Tronick, 2004; Geerdink, Hopkins, Beek, & Heriza, 1996; Heide, Paolicelli, Boldrini, & Cioni, 1999; Heriza, 1988; Jeng, Chen, & Piek, 1996; Piek & Gasson, 1999; Jeng, Chen, & Yau, 2002), nebo sledování kvality pohybu z videozáznamu dle Prechtla (Phillipi, 2014). Všechny uvedené výzkumy sledovali pohyb dítěte v určité časové ose a vyhodnocovali kvantitativní parametry pohybu. Novější studie se zabývají neparametrickým vyhodnocováním, kdy sledují variabilitu a komplexitu pohybu. Převážná část studií je věnována objektivizaci a možné časné diagnostice rozvoje DMO a neurovývojových deficitů. Objektivní kvantitativní data, která hodnotí fyziologické parametry pohybu donošených a předčasně narozených novorozenců, jako jsou rozsahy, variabilita a rychlost pohybu v jednotlivých kloubech u těchto dětí, jsou výjimkou (Heide et al., 1999).

#### 5.1.1 Diskuze k hypotéze H<sub>01</sub>

Z výsledků jednoznačně vyplývá, že kvantitativní parametry pohybu (rozsahy pohybu, variabilita pohybu a rychlost pohybu) na horních končetinách v ramenních a loketních kloubech jsou významně větší u předčasně narozených dětí v porovnání s dětmi narozenými v termínu.

Jde o fyziologii, nebo již patologii, která je způsobena nestandardním vývojem v inkubátoru oproti vývoji v děloze?

Bracewell & Marlow (2002) potvrdili dominantní extenční postavení končetin u předčasně narozených dětí. Také Miyagishima et al. (2016) u předčasně narozených dětí v korigovaném věku tří měsíců našli menší schopnost antigravitačního pohybu horních a dolních končetin v poloze na zádech ve srovnání s dětmi narozenými v termínu. Tyto výsledky korelovaly s kvalitou GMs, kdy předčasně narozené děti s nízkou kvalitou GMs vykazovaly signifikantně horší antigravitační pohyb končetin než děti s normální kvalitou GMs. Z našich i z výše popsaných výsledků

lze předpokládat vliv narůstajícího pasivního tonu končetin s postupujícím vývojem nervové soustavy a rozsahem pohybu v proximálních a středových kloubech. Pasivní tonus končetin začal vyšetřovat Dargassies v 60. letech minulého století 5). Dnes je jeho vyšetřování (šalový příznak, trakční test horní končetinou, zpětný návrat extenčního postavení v loketních kloubech) běžně zahrnuto v v neurobehaviorálních škálách a při neurologických vyšetřeních těchto dětí (Als et al. 2005; Brazelton & Nugent, 2011; Dubowitz, Dubowitz, & Mercuri, 1999; Dubowitz, Ricciw, & Mercuri, 2005). Hodnocení nastupujícího pasivního a aktivního tonu u předčasně narozených dětí nás informuje o vývoji nižších motorických center, jejichž kvalitní rozvoj je nezbytnou podmínkou pro následný vývoj vyšších motorických center. Zvýšené parametry pohybu na horních končetinách u předčasně narozených dětí mohou souviset s neideálním rozvojem pasivního tonu, který je základem pro rozvoj vyšších motorických dovedností.

Získané výsledky potvrzují také Prechtlovy závěry, které získal pozorováním pohybu v jednotlivých vývojových fázích. Prechtl popsal GMs jako pohyby s výraznou amplitudou a rychlostí u předčasně narozených dětí. S přibližováním se plánovanému termínu porodu dochází k nástupu WMs, které se vyznačují nižší amplitudou a rychlostí. Phillipy et al. (2014), kteří sledovali GMs pomocí kinematické analýzy, potvrdili sníženou variabilitu pohybu na horních končetinách u dětí, u kterých se později vyvinulo DMO.

### **5.1.2 Diskuze k hypotéze H<sub>02</sub>**

Výsledky na dolních končetinách nebyly tak jednoznačné, pouze rozsah pohybu v sagitální rovině v kyčelním kloubu byl významně větší u předčasně narozených dětí. Tyto výsledky mohou odpovídat také vlivu pasivního tonu, který dle Amiel-Tison & Grenier (1986) je dříve zřetelný na dolních končetinách a později na horních. K testování pasivního tonu na dolních končetinách lze použít trakční test na dolní končetině, zpětný návrat extendovaných dolních končetin a vyšetření popliteálního úhlu (Als et al. 2005; Brazelton & Nugent, 2011; Dubowitz et al. 1980; Dubowitz, Dubowitz, & Mercuri, 1999; Dubowitz, Ricciw, & Mercuri, 2005). Vzhledem k tomu, že se experimentální skupina při vyšetření již značně přibližovala 37. g. t., mohou být rozsah pohybu, variabilita a rychlost pohybu značně ovlivněny nástupem flekčního pasivního tonu na dolních končetinách. U novorozenců můžeme vidět tzv. primitivní kopání, kdy jde o střídavý pohyb dolních končetin v sagitální rovině, při kterém

dochází, ke střídání flexe a extenze, ne však do plného rozsahu extenze v kyčelním kloubu. V průběhu celého pohybu má novorozenec anteverzní postavení pánve. V extenční fázi dochází k vnitřní rotaci a addukci kyčelního kloubu, extenzi kolenního kloubu a k plantární flexi a supinačnímu postavení v hlezenním kloubu. Ve flexční fázi je dolní končetina ve flexi v kyčelním kloubu vnitřně rotovaná s abdukčním postavením, v kolenním kloubu je možná maximální flexe, v hlezenním kloubu je dorzální flexe s pronací. Tyto kvalitativní parametry byly popsány Vojtou (1995). V průběhu psychomotorického vývoje se kvalita těchto parametrů mění. Dochází k funkční aktivitě břišních svalů, které napomáhají napřímení páteře a udržení pánve ve středním postavení. Nezbytnou podmínkou ke zdravému psychomotorickému vývoji dítěte, je také zapojení funkce zevních rotátorů kyčelních kloubů. Dítě s DMO kvalitou spontánního kopání zůstává na kvalitativní úrovni primitivního kopání, které vidíme u novorozenců (Vojta, 1995). Náš výzkum kvantitativně hodnotil vývojové období, pro které je typické fyziologické primitivní kopání, avšak vzhledem k délce snímání dítěte pouze 30 s jsme kvantitativní parametry primitivního kopání nemohli sledovat. Na spontánní pohyb dolních končetin se zaměřovalo mnoho studií (Berthouze & Mayston, 2011; Droit, Boldrini, & Cion, 1996; Fetters et al., 2004; Fetters et al., 2010; Geerdink, Hopkins, Beek, & Heriza, 1996; Heide, Paolicelli, Boldrini, & Cioni 1999; Heriza, 1988; Piek & Gasson, 1999; Jeng, Chen, & Yau, 2002), které hodnotily:

- flekční a extenční fázi kopu na jedné končetině,
- pauzu, která vzniká mezi flekční a extenční fází kopu,
- pauzu, která vzniká mezi kopem na levé a pravé dolní končetině,
- symetričnost kopání,
- frekvenci kopání,
- flekční pohyb obou končetin.

Jednotlivé studie porovnávají rozdíly ve vývoji spontánního kopání u předčasně narozených dětí s dětmi narozenými v termínu a dětmi ohroženými s patologickým nálezem na mozku. Studie se liší použitými snímacími přístroji a věkem dětí při vyšetření. Můžeme si klást otázku, zda lze jednotlivé výsledky, které se jeví značně nehomogenní, považovat za konečné? Heriza (1988) snímal děti mezi 34.-36. g. t. a následně ve 40. g. t. jeho získané hodnoty pro flexi a extenzi v kyčelním a kolenním kloubu vykazují trend většího rozsahu pohybu v těchto kloubech u předčasně narozených dětí, stejně jako naše získané výsledky. Výše zmíněná studie prokázala

vyšší frekvenci kopání u dětí ve 40. g. t.. Droit, Boldrini, & Cioni, (1996) nepotvrdili rozdíly ve spontánním kopání, které sledovali po dobu hodinového videozáznamu u předčasně narozených dětí a dětí s potvrzenou strukturální patologií mozku (hemoragie, periventrikulární leukomalacie). Geerdink, Hopkins, Beek, & Heriza (1996) vyšetřovali děti v 6 korigovaném týdnu, ve 3. měsíci a 4. měsíci korigovaného věku. U předčasně narozených dětí byla prokázána větší počáteční rychlost kopu, kdy následovalo zpomalení a výkyvy ve frekvenci spontánního kopání. Autoři také zmiňují menší propojení mezi jednotlivými klouby (kyčel-kotník, koleno-kotník). Heide, Paolicelli, Boldrini, & Cioni (1999) vyšetřovali spontánní kopání u donošených dětí, předčasně narozených dětí a předčasně narozených dětí s abnormalitou na mozku potvrzenou ultrazvukovým vyšetřením nebo MRI v 1. a 3. měsíci korigovaného věku. Potvrdili rozdíly v kvantitativních parametrech pohybu dolních končetin v jednotlivých kloubech, rozdíly ve frekvenci pohybu mezi dolními končetinami při spontánním kopání naopak nebyly významné. V této studii také autoři došli k závěru, že vyšetřování spontánního kopání nemá žádnou výpovědní hodnotu o následném porušeném motorickém vývoji. Autoři také potvrdili statisticky významný rozdíl při sledování kvalitativních parametrů GMs v neprospěch dětí s abnormálním nálezem na mozku s narůstající abnormalitou se zvyšujícím se stářím dítěte. Jeng, Chen, & Yau (2002) prokázali u předčasně narozených dětí v jejich korigovaném věku 4 měsíců vyšší frekvenci spontánního kopání s kratší flekční fází, nižší variabilitu v koordinaci mezi kopem jednotlivých končetin v porovnání s dětmi narozenými v termínu. Fetters et al. (2010) vyšetřovali spontánní kopání u dětí ve věku 5 měsíců, které byly rozděleny na děti narozené v termínu porodu, děti narozené pod 30. g. t. a děti narozené pod 30. g. t. s porušenou bílou hmotou mozkovou. Předčasně narozené děti vykazovaly kvalitnější spontánní kopání ve srovnání s oběma výše popsanými skupinami. Berthouze & Mayston (2011) použili ve svém výzkumu značky, které umožňovaly přesnou analýzu pohybu v kyčelních kloubech, avšak jejich výzkum byl uskutečněn pouze na čtyřech donošených dětech ve věku od prvního až do pátého měsíce, kdy nebyla zcela zaručena homogenní skupina a děti byly vyšetřovány v poloze na zádech a také v náručí matky. Jejich výsledky nemůžeme pokládat za objektivní vzhledem k rozdílnému vývojovému stupni u vyšetřovaných dětí.

Hodnocení spontánního kopání u dětí je pouze jednou informací o stavu vyvíjejícího se nervového systému a jeho objektivizace se zdá i přes velké množství

snímacích přístrojů neideální. Jeho zkoumání není jednoznačné vzhledem k výše popsaným kvalitám primitivního kopání a přechodu do spontánního aktivního kopání, tento přechod mohou zaznamenat pouze kvalitativní observační metody zkušených kliniků.

### **5.1.3 Diskuze k hypotéze H<sub>03</sub> a k cíli 2 a 3**

Dvořák & Vařeka (1999) uvádějí, že na počátku extrauterinního života není novorozenec schopen funkčně spojit několik segmentů, není schopen cíleně zpevnit trup, takže nemá společné těžiště, ale pouze úložnou plochu. Toto tvrzení je pravdivé u předčasně narozených dětí, je ale pravdivé i u donošených dětí, kdy zdravé dítě je schopno dýchat, sát, plakat?

Naše výsledky získané kinematickou analýzou potvrzují významný rozdíl v pohybu těžiště u předčasně narozených dětí v porovnání s dětmi narozenými v termínu porodu v craniocaudálním směru ve všech parametrech (rozsah pohybu, variabilita pohybu a rychlost pohybu), v anteroposteriorním směru v parametrech rozsah pohybu, variabilita pohybu, v 3D pohybu v parametrech rozsah pohybu, variabilita pohybu a rychlost pohybu. V mediolaterálním směru však žádný z rozdílů mezi skupinami nebyl významný.

Výsledky získané kinetickou analýzou potvrzují statisticky významné rozdíly pohybu COP v craniocaudálním směru v parametrech rychlost a rozsah pohybu a v mediolaterálním směru v rychlosti pohybu u sledovaných skupin dle gestačního věku při porodu. Podobný závěr ve svém výzkumu popisují Dusing et al. (2009), kteří vyšetřovali 17 nedonošených a 15 donošených dětí v korigovaném věku 1-3 týdnů po předpokládaném termínu porodu. Tyto děti vyšetřovali na tlakové plošině při frekvenci 5 Hz a z jejich výsledků vyplývá významný rozdíl v pohybu COP v craniocaudálním směru, kdy větší hodnoty byly nalezeny také u předčasně narozených dětí. V mediolaterálním směru byly jejich výsledky statisticky nevýznamné.

Má gestační věk dítěte při porodu vliv na pohyb COP?

Z našich výsledků jednoznačně vyplývají rozdíly dle gestačního věku při narození. Je velice zajímavé, že děti narozené < 32. g. t. vykazují podobné a nižší hodnoty ve všech sledovaných parametrech pohybu COP jako děti donošené (narozené

$\geq 37$  g. t.). Můžeme tedy říci, že jsou stabilní anebo jsou statické a nepohyblivé vzhledem k celotělové hypotonii, která se u těchto dětí často vyskytuje.

Méně kvalitní posturální kontrolu lze vidět v průběhu psychomotorického vývoje u předčasně narozených dětí s dopadem na kvalitu školního vzdělání (Fallang & Hadders-Algra 2005). Je možné, že v poporodním období, kdy jsou tyto děti v inkubátoru, nedochází k optimální aktivaci percepčního cyklu vzhledem k hypokinezi, kterou tyto děti v inkubátoru mají. De Vries, Erwich, & Bos (2008) potvrdili sledováním GMs v supinační poloze u extrémně nedonošených novorozenců  $< 28$ . g. t. v longitudinálním sledování 2., 4., 6., 10. a 12. den po porodu hypokinezi, která se u těchto dětí vyskytovala, a jako příčinu vidí sepsi a umělou plicní ventilaci, která byla u většiny dětí přítomna. Můžeme zde vidět souvislost s našimi výsledky, kdy skupina nejmladších dětí dle gestačního věku vykazuje také určité známky „nehybnosti“ a stejně jako ve výše popsané studii je možné, že na tyto děti měl vliv nejenom gestační věk při porodu, ale také poporodní komplikace a umělá plicní ventilace. Bos, van Asperen, de Leeuw, & Prechtel (1997) při sledování GMs v akutní fázi sepse potvrdili snížení variability a komplexity pohybu, která se po odeznění sepse do 14 dnů normalizovala.

Skupiny dětí  $\geq 32$ . a  $< 34$ . g. t. a  $\geq 34$ . a  $< 37$ . g. t. se jeví ve všech sledovaných parametrech pohybu COP velice podobně. Mají vyšší rychlost výchylek COP a vyšší rozsah pohybu COP v craniocaudálním a v mediolaterálním směru v porovnání se skupinou donošených dětí a se skupinou dětí narozených  $< 32$ . g. t. Tyto děti jsou nestabilní s výraznějšími exkurzemi pohybu horních končetin, jak jsme potvrdili v hypotéze  $H_01$ .

V mediolaterálním směru byl statisticky prokázán vliv skupiny dle gestačního věku, kdy velikost rychlosti výchylek u skupiny dětí narozených  $< 32$ . g. t. byla významně menší v porovnání se skupinou dětí narozenou  $\geq 34$  a  $< 37$  g. t. Děti narozené  $< 32$ . g. t. se jeví stabilní a pomalé nejvíce se přibližující skupině donošených dětí a naopak děti narozené  $\geq 34$  a  $< 37$  g. t. vykazovaly vyšší rychlost v mediolaterálním pohybu.

Velikost rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru pro skupinu dětí narozenou  $\geq 32$  a  $< 34$  g. t. byla významně větší v porovnání se skupinou dětí narozenou  $\geq 37$  g. t. Tento statisticky významný rozdíl jednoznačně potvrzuje posturální rozdíly v aktivitě pohybu COP, která je nejvíce patrná u skupiny dětí narozených  $\geq 32$  a  $< 34$  g. t.



Má porodní hmotnost vliv na pohyb COP?

Rozdělení dětí dle porodní hmotnosti mělo podobný trend jako pro děti hodnocené dle gestačního věku, pouze nebyly výsledky tak jednoznačné. Hodnoty se ve všech sledovaných parametrech pohybu COP podobaly u dětí s porodní hmotností  $\leq 1500$  g a dětí s porodní hmotností  $\geq 2500$  g. U těchto dětí byly hodnoty nižší v porovnání s ostatními skupinami. Je zde vidět stejný trend jako při porovnávání skupin dle gestačního věku.

Mezi jednotlivými skupinami hodnocenými dle porodní hmotnosti nebyl prokázán, žádný statisticky významný rozdíl.

Má nastupující tonus vliv na spontánní hybnost a posturální stabilitu?

Předčasně narozené dítě je fyziologicky hypotonické, nastupující svalový tonus roste s gestačním věkem dítěte v caudo-cefalickém směru. Primárně se aktivují extenzorové svalové skupiny a až okolo 34 g. t. flexorové svalové skupiny. K vyvážené rovnováze mezi extenzorovými a flexorovými skupinami dochází okolo 40 g. t., to je období fyziologického termínu porodu (Amiel-Tison & Grenier, 1986). Vaivre-Douret, Ennouri, Jrad, Garrec, & Papiernik (2004) ve své studii prokázali vliv polohy na děti v inkubátoru, u kterých při špatném polohování nebyl vyjádřen pasivní tonus a přetrvávala u nich: 1. převaha extenzorů, 2. hyperabdukční a flekční postavení v ramenních kloubech a 3. celková neuromuskulární rigidita. Naše výsledky jsou podobné: 1. pohyb těžiště a pohyb COP je více vyjádřen v craniocaudálním směru, tedy převaha extenzorových skupin, 2. větší rozsahy pohybu v ramenních kloubech ve flexi a abdukci u předčasně narozených dětí, 3. u dětí narozených  $< 32$  g. t. viditelná menší pohyblivost COP, možná to také můžeme nazvat neuromuskulární rigiditou.

Souvisí pohyb těžiště a pohyb COP s pohybem horních a dolních končetin?

Předčasně narozené děti prokázaly výrazně větší pohyb horních končetin oproti donošeným dětem. Jsou tyto děti schopny funkčně spojit segmenty horní končetiny a zastabilizovat trup? Funkční propojení a stabilizaci trupu můžeme vidět u donošených dětí, u kterých je již plně a optimálně přítomen aktivní pasivní tonus jak na horních, tak dolních končetinách, který zajišťuje stabilizaci trupu a tím také jeho facilitaci k dýchání, pláči a sání. Jeng et al. (2004) potvrdili, že předčasně narozené děti mají

do období temínu porodu vyšší frekvenci primitivního kopání s kratší flekční fází, tento pohyb může mít vliv na craniocaudální pohyb těžiště a pohyb COP.

Souvisí pohyb těžiště a pohyb COP s respirační mechanikou?

Statistická významnost pohybu těžiště u předčasně narozených dětí v craniocaudálním směru, v anterioposteriorním směru a v celkovém 3D pohybu a pohybu COP v craniocaudálním směru přivádí autora k úvaze o vlivu respirační mechaniky na posturální chování předčasně narozeného dítěte. Toto dítě není funkčně schopno zastabilizovat trup a vlivem respirační mechaniky dochází k určité posturální nestabilitě.

Jak nejlépe podpořit posturální aktivitu?

Halverson (2010) poukazuje na nutnost polohování dítěte v inkubátoru, kdy při zevně rotačním postavení končetin dochází k nezvratným změnám nejen na kloubech, ale i svalech a celotělovém napětí, které po dlouhodobém neideálním postavení není lehké terapeuticky ovlivnit.

Při polohování předčasně narozených dětí se využívá tzv. hnízdo (speciální polohovací polštář). Jeho účinnost k facilitaci spontánního pohybu do flekčního a addukčního postavení v ramenních a kyčelních kloubech a flekční držení v loketních a kolenních kloubech a častější postavení hlavy dítěte ve střední čáře potvrdili Ferrari et al. (2007). Ve studii Vaivre-Douret & Golse (2007) autoři doporučují k polohování upřednostnit válec v půlkruhu, kdy má dítě nožky položené volně v prostoru a dochází k facilitaci svalového napětí.

Zkoumáním kvality GM pohybů v hnízdě se zabývali Zahed-Cheikh et al. (2015). Jejich závěry jsou podobné – hnízdo redukuje hyperextenzi trupu a hlavičky, minimalizuje ustrnutí v jedné buď flekční, nebo extenční poloze a při polohování v hnízdě nedochází ke změnám kvality GM. Z výše prezentovaných výsledků bychom předčasně narozeným dětem mohli doporučit podporu polohovacího hnízda pro vytvoření určité posturální stability, kterou u donošených dětí zajišťuje pasivní tonus. Hnízdo však zajišťuje pouze pasivní externí podporu segmentů těla, pro facilitaci interních vnitřních sil dítěte je nutné používat fyzioterapeutickou intervenci.

Objektivizace neurofyziologických vývojových dějů, které se odrážejí v kvantitativních a kvalitativních parametrech posturálního chování a spontánní

hybnosti předčasně narozených a donošených dětí ve všech různých vývojových etapách, o něž se budou moci opřít dětské neurologové, pediatři a fyzioterapeuti, je nutností k pochopení jednotlivých vývojových stádií. Při znalosti těchto fyziologických parametrů bude možné odečítat eventuální patologie a neideální psychomotorický vývoj u dětí, které jsou potenciaálně ohroženy neurovývojovým deficitem. Představa o fyziologickém pohybu předčasně narozených a donošených dětí a jejich rozdílech může přinést posun v diagnostice neurovývojových deficitů a v neposlední řadě povede ke změně pohledu na terapeutickou intervenci, která je důležitou součástí léčby těchto dětí.

## 5.2 Limity práce

Výzkumné práce podobného zaměření jsou značně nehomogenní, kdy autoři vyšetřují děti v jiném vývojovém období, používají jiné postupy pro záznam pohybu, hodnotí jiné parametry pohybu a posturální aktivity. To je příčinou toho, proč většinu těchto studií nemůžeme srovnávat s našimi výsledky.

Donošené děti byly vyšetřovány třetí den po porodu. Ploegestra, Bose, & de Vriese (2014) doporučují vyšetřovat dítě až pátý den po porodu, kdy je již dítě stabilizované. Nastavené standardy v České republice doporučují, po nekomplikovaném porodu a při dobrém zdravotním stavu matky i dítěte, odejít z nemocničního zařízení třetí den po porodu do domácí péče. Proto doporučení vyšetřovat dítě pátý den po porodu nebylo možné splnit.

Zajištění homogenity předčasně narozených dětí (stejný věk při narození, stejný věk při vyšetření, kvalitní Apgar skóre atd.) je velice složité, prakticky nemožné. Přestože jsme se snažili vyšetřovat tyto děti co nejbližší termínu porodu, abychom mohli porovnat spontánní hybnost a posturální aktivitu u těchto dětí s dětmi donošenými, museli jsme opět respektovat odchody do domácí péče. Pokud jsou děti schopny sát a přijímat mléko, jsou opět propuštěny do domácí péče. Skupina předčasně narozených dětí byla v průměru vyšetřována v 37. g. t. Donošení novorozenci byli vyšetřováni průměrně ve 40. g. t. Rozdíl mezi jednotlivými skupinami v gestačním stáří je 3 týdny a tato doba může být a je významná pro rozvoj spontánní hybnosti a posturální aktivity. Získané výsledky tak mohou být touto skutečností ovlivněny.

Výrazná časová náročnost při zpracování kinematické analýzy, kdy po provedení synchronizace dvou vzájemně si odpovídajících záznamů z obou kamer byly na každém snímku (při frekvenci 25 Hz) označeny zvolené anatomické body. Jeden kamerový záznam se musel zpracovávat několik hodin, a proto lze toto vyšetření doporučit pouze k experimentálním účelům.

### **5.3 Východiska pro praxi**

Náš výzkum potvrdil rozdíl ve spontánní hybnosti a posturální aktivitě u předčasně narozených dětí v porovnání s dětmi narozenými v termínu. Není zcela jednoznačné, zda můžeme hovořit již o určitém neurovývojovém deficitu v tomto stádiu. Posturální rozdíly, které jsou patrné u předčasně narozených dětí v craniocaudálním směru by bylo vhodné eliminovat vhodnou terapeutickou intervencí (polohování v hnízdě, vhodný manuální kontakt rodičů a personálu, Vojtova reflexní lokomoce, Bobath koncept, centrace proximálních kloubů dle Čáповé a facilitační prvky k aktivaci percepčního cyklu).

Na základě našich výsledků doporučujeme nestresující příjemnou fyzioterapeutickou intervenci již v inkubátoru, aby byly zajištěny a aktivovány percepční vzruchy, které předčasně narozeným dětem pomáhají aktivovat jejich tonus, jenž je nezbytný pro jejich vnitřní posturální stabilitu.

## Závěr

Tato práce potvrdila rozdíly ve spontánní hybnosti a v posturální aktivitě v závislosti na gestačním věku při porodu. Tato skutečnost je důsledkem neideálního zapojení pasivního a aktivního tonu, který vzniká v průběhu intrauterinního a u předčasně narozených dětí extrauterinního života. Bez nástupu tohoto přirozeného tonu nedojde k vnitřní stabilizaci trupu, která je potřebná pro zlepšení posturální stability. Ta je nezbytná pro kvalitu respiračních a sacích funkcí u těchto dětí.

Závěry naší práce lze shrnout do těchto bodů:

1. Větší rozsah, variabilita a rychlost pohybu na horních končetinách u předčasně narozených dětí ve srovnání s dětmi narozenými v termínu porodu.
2. Rozdíly v rychlosti pohybu COP v mediolaterálním a craniocaudálním směru mezi jednotlivými skupinami dle gestačního věku při narození. Děti narozené < 32. g. t. vykazují nejnižší hodnoty rychlosti, nejbližší hodnotám donošených dětí. Skupiny dětí narozených  $\geq 32.$  a < 37. g. t. se jeví ve všech sledovaných parametrech pohybu COP velice podobně. Mají vyšší rychlost výchylek COP v porovnání s donošenými dětmi.
3. Rozdíly v rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru mezi jednotlivými skupinami dle gestačního věku při narození. Děti narozené < 32. g. t. vykazují nejnižší hodnoty, nejbližší hodnotám u donošených dětí.
4. Z našich výsledků se jeví, že porodní hmotnost při narození nemá až tak zásadní vliv na posturální stabilitu jako gestační věk při porodu.

Při vzniku této práce a v jejím průběhu jsme si kladli spoustu otázek, na které zatím nejsme schopni jednoznačně odpovědět. Co lze ale říci s jistotou je, že gestační věk při narození má vliv na spontánní hybnost a posturální aktivitu dítěte.

## Souhrn

Předložená práce je věnována možnostem hodnocení spontánní hybnosti a posturální aktivity u předčasně narozených a donošených dětí. Výzkumná část práce hodnotila spontánní hybnost u předčasně narozených a donošených dětí pomocí kinematické analýzy, kdy byla použita 3D videografická analýza pohybu. K hodnocení posturální aktivity těchto dětí byla využita silová plošina.

Hlavním cílem této práce byla biomechanická analýza spontánní hybnosti a posturální aktivity u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu. Práce byla rozdělena do tří dílčích studií.

Studie 1 hodnotila spontánní hybnost a posturální aktivitu u předčasně narozených dětí s využitím kinematické analýzy pohybu, bylo vyšetřeno 20 dětí. Experimentální skupinu tvořilo 10 předčasně narozených dětí narozených ve  $33 \pm 3,5$  g. t. s průměrnou porodní hmotností  $1910 \pm 673$  g. Průměrný věk předčasně narozených dětí při vyšetření byl 37. g. t. s průměrnou aktuální hmotností  $2424 \pm 242$  g. Do kontrolní skupiny bylo zařazeno 10 dětí narozených v předpokládaném termínu s porodní hmotností ( $3404 \pm 424$  g), které byly vyšetřovány 3. den po porodu ( $40 \pm 1,2$  g. t.), s průměrnou aktuální hmotností  $3156 \pm 408$  g. Dítě bylo snímáno v poloze na zádech po dobu 30 s. Pro zpracování záznamu byl použit systém APAS. Sledovanými parametry byly amplituda, variabilita a rychlost pohybu vybraných úhlů v kloubech na dolních a horních končetinách. Pro porovnání obou skupin dětí byl použit neparametrický Mann-Whitney U test.

Výsledky studie 1 prokázaly větší rozsah pohybu, variabilitu a rychlost pohybu ve frontální rovině v ramenním kloubu a také v sagitální rovině v loketním kloubu u dětí narozených do 37. týdne gestačního věku v porovnání s dětmi narozenými v termínu. Pohyb dolních končetin byl statisticky významně větší v rozsahu pohybu v sagitální rovině v kyčelním kloubu u předčasně narozených dětí v porovnání s dětmi narozenými v termínu.

Studie 2 a 3 hodnotily posturální aktivitu novorozenců v poloze na zádech dle gestačního věku při porodu a dle porodní hmotnosti při porodu, kdy byla využita dynamická analýza pohybu. Celkově bylo vyšetřeno 60 dětí. Experimentální skupinu tvořilo 30 předčasně narozených dětí ( $32,4 \pm 3,1$  g. t.) s průměrnou porodní hmotností  $1795,7 \pm 637,7$  g, které byly vyšetřovány průměrně 37. g. t. s průměrnou aktuální

hmotností  $2381 \pm 239,7$  g. Kontrolní skupinu tvořilo 30 dětí narozených v termínu porodu ( $39,5 \pm 1,1$  g. t.) s průměrnou porodní hmotností  $3377 \pm 531,9$  g, které byly vyšetřovány 3. den po porodu s průměrnou aktuální hmotností  $3146,7 \pm 479,6$  g. Ve studii 2 byla skupina dětí rozdělena dle gestačního věku při porodu ( $< 32$  g. t.,  $\geq 32$  a  $< 34$  g. t.,  $\geq 34$  a  $< 37$  g. t.,  $\geq 37$  g. t.). Ve studii 3 byla data dětí rozdělena dle porodní hmotnosti při porodu ( $\leq 1500$  g,  $\leq 2000$  g,  $\leq 2500$  g,  $> 2500$  g).

Dítě bylo snímáno v poloze na zádech po dobu 5 min s frekvencí záznamu 200 Hz. Pro zpracování záznamu byl použit program MATLAB. Sledovanými parametry byly směrodatná odchylka, rychlost pohybu a charakteristika rozsahu pohybu COP v mediolaterálním a craniocaudálním směru v procentech délky těla. Pro porovnání mezi skupinami dětí byl použit neparametrický Mann-Whitney U test.

Výsledky studie 2 prokázaly rozdíly v rychlosti pohybu COP v mediolaterálním i craniocaudálním směru a rozdíly v rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru mezi jednotlivými skupinami dle gestačního věku při narození.

Výsledky studie 3 prokázaly rozdíly pouze v rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru mezi jednotlivými skupinami dle porodní hmotnosti při narození. Ostatní zkoumané parametry byly statisticky nevýznamné.

V této práci byl statisticky prokázán větší vliv gestačního věku než porodní hmotnosti při narození na posturální aktivitu dětí.

## Summary

The presented thesis focuses on the evaluation possibilities of spontaneous motorics and postural activity in pre-term and full-term infants. The investigation part was aimed at evaluating spontaneous movement in pre-term and full term infants using 3D videography movement analysis. The postural activity of the infants was assessed by means of a force plate.

The main goal of our research was biomechanical analysis of spontaneous movement and postural activity in pre-term and full-term infants. The research was divided into three studies.

Study No. 1 evaluated spontaneous movement and postural activity in pre-term infants using kinematic analysis. A total of 20 babies were included in the study. The experimental group consisted of 10 pre-term infants born in  $33 \pm 35$  gestational week (g. w). and a mean birth weight of  $1910 \pm 673$  g. The mean age of pre-term babies was 37<sup>th</sup> g. w., the mean weight  $2424 \pm 242$  g. The control group consisted of 10 full-term infants with birth weight of  $3404 \pm 424$  g. These were assessed the third day after birth ( $40 \pm 1.2$  g. w.) and their birth weight was  $3156 \pm 408$  g. Recording was performed on a supine baby over a 30-minute period. The recording was processed in the APAS system. The following parameters were monitored: amplitude, variability and the movement speed of determined joint angles in the upper and lower limbs. The data of both groups were assessed using the Mann-Whitney U test.

The results of Study No.1 demonstrated a greater range of motion, variability and movement speed in the glenohumeral joint in the frontal plane as well as in the elbow joint in the sagital plane in pre-term infants born before the 37<sup>th</sup> gestation week compared to term infants. The movement of lower limbs in pre-term babies when compared to full-term was significantly greater in the range of motion of the hip joint in the sagital plane in pre-term infants.

Study No. 2 and 3 used dynamic movement analysis to evaluate infants' postural activity in the supine position based on the gestation age at birth and on the birth weight. A total of 60 babies were assessed. The experimental group consisted of 30 pre-term infants born in  $32.4 \pm 3.1$  g. w. and a mean birth weight  $1795.7 \pm 637.7$  g. They were assessed in the 37<sup>th</sup> g. w. with a mean weight of  $2381 \pm 239.7$  g. The control group consisted of 30 full-term infants born in  $39.5 \pm 1.1$  g. w. and a mean



birth weight of  $3377 \pm 531.9$  g. They were assessed the 3<sup>rd</sup> day after the birth with a mean weight of  $3146.7 \pm 479.6$  g. Study No. 2 divided infants based on their gestation age at birth (< 32 g. w.,  $\geq 32$  and < 34 g. w.,  $\geq 34$  and < 37 g. w.,  $\geq 37$  g. t.). Study No. 3 divided the data based on the infants' birth weight ( $\leq 1500$  g,  $\leq 2000$  g,  $\leq 2500$  g, > 2500 g).

Recording was performed on the supine baby over a 5-minute period and with a 200Hz recording frequency. The MATLAB programme was used for processing the recorded data. The monitored parameters were as follows: standard deviation, speed of movement and the characteristics of the range of COP motion in the medio-lateral and cranio-caudal direction as a percentage of body length. The Mann-Whitney U test was used to compare the two groups of babies.

The results of Study No. 2 showed differences in the speed of COP movement in the medio-lateral and cranio-caudal direction and in the range of COP movement in the cranio-caudal direction among the groups based on the gestation age at birth.

The results of Study No. 3 showed differences in the range of COP motion in the cranio-caudal direction among the groups based on the birth weight. The other monitored parameters were statistically insignificant.

This study shows the statistically significant impact of gestation age on the postural activity of infants rather than birth weight.

## Referenční seznam

- Adde, L., Helbostad, J. L., Jensenius, A. R., Taraldsen, G., & Stoen, R. (2009). Using computer-based video analysis in the study of fidgety movements. *Early Hum Dev*, 85(9), 541-547. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2009.05.003
- Allen, M. C. (2005). Assessment of gestational age and neuromaturation. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 11(1), 21-33. doi: 10.1002/mrdd.20059
- Allen, M. C., & Capute, A. J. (1990). Tone and reflex development before term. *Pediatrics*, 85(3pt2), 393-9. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2304800>
- Allen, M. C., Aucott, S., Cristofalo, E. A., Alexander, G. R., & Donohue, P. K. (2009). Extrauterine neuromaturation of low risk preterm infants. *Pediatric Research*, 65(5), 542-547. doi: 10.1203/PDR.0b013e3181998b86
- Allievi, A. G., Arichi, T., Tusor, N., Kimpton, J., Arulkumaran, S., Counsell, S. J., Edwards, A. D., & Burdet, E. (2016). Maturation of Sensori-Motor Functional Responses in the Preterm Brain. *Cereb Cortex*, 26(1), 402-413. doi: 10.1093/cercor/bhv203
- Als, H., Butler, S., Kosta, S., & McAnulty, G. (2005). The Assessment of Preterm Infants' Behavior (APIB): furthering the understanding and measurement of neurodevelopmental competence in preterm and full-term infants. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 11(1), 94-102. doi: 10.1002/mrdd.20053
- Amiel-Tison, C. & Grenier, A. (1986). *Neurological assessment during the first year of life*. New York, NY: Oxford University Press.
- Amiel-Tison, C. (1968). Neurological evaluation of the maturity of newborn infants. *Arch Dis Child*, 43(227), 89-93. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2019902/>

- Amiel-Tison, C., Barrier, G., Shnider, S. M., Levinson, G., Hughes, S. C., & Stefani S. J. (1982). A new neurologic and adaptive capacity scoring system for evaluating obstetric medications in full-term newborns. *Anesthesiology*, *56*(5), 340-50. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7072997>
- Amiel-Tison, C., Maillard, F., Lebrun, F., Bréart, G., & Papiernik, E. (1999). Neurological and physical maturation in normal growth singletons from 37 to 41 weeks' gestation. *Early Hum Dev*, *54*(2), 145-56. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10213293>
- André-Thomas, Chesney, Y., & Saint-Anne Dargassies. (1960). The neurological examination of the infant. Little Club Clinics in Developmental Medicine 1.
- Arpino, C., Compagnone, E., Montanaro, M. L., Cacciatore, D., De Luca, A., Cerulli, A., & Curatolo, P. (2010). Preterm birth and neurodevelopmental outcome: a review. *Childs Nerv Syst*, *26*(9), 1139-1149. doi: 10.1007/s00381-010-1125-y
- Asztalos, E. V., Church, P. T., Riley, P., Fajardo, C., & Shah, P. S. (2017). Neonatal Factors Associated with a Good Neurodevelopmental Outcome in Very Preterm Infants. *Am J Perinatol*, *34*(4), 388-396. doi:10.1055/s-0036-1592129
- Bashir, R.,A., Bhandari, V., Vayalthrikkovil, S., Rabi, Y., Soraisham, A., Tang, S., Al Awad, E., & Lodha, A. (2016). Chorioamnionitis at birth does not increase the risk of neurodevelopmental disability in premature infants with bronchopulmonary dysplasia. *Acta Paediatr*, *105*(11), e506-e512. doi: 10.1111/apa.13556
- Beccaria, E., Martino, M., Briatore, E., Podesta, B., Pomero, G., Micciolo, R., Calzolari, S. (2012). Poor repertoire General Movements predict some aspects of development outcome at 2 years in very preterm infants. *Early Hum Dev*, *88*(6), 393-396. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2011.10.002

- Beck, S., Wojdyla, D., Say, L., Betran, A. P., Merialdi, M., Requejo, J. H., & Van Look, P. (2010). The worldwide incidence of preterm birth: A systematic review of maternal mortality and morbidity. *Bulletin of the World Health Organisation*, 88(1), 31-38. doi: 10.2471/BLT.08.062554
- Berger, S. E., & Adolph, K. E. (2007). Learning and development in infant locomotion. *Prog Brain Res*, 164, 237-55. doi: 10.1016/50079-6123(07)64013-8
- Berthouze, L., & Mayston, M. (2011). Design and validation of surface-marker clusters for the quantification of joint rotations in general movements in early infancy. *J Biomech*, 44(6), 1212-1215. doi: 10.1016/j.jbiomech.2011.01.016
- Blencowe, H., Cousens, S., Chou, D., Oestergaard, M., Say, L., Moller, A. B., & Zhong, N. (2013). Born too soon: the global epidemiology of 15 million preterm births. *Reproductive health*, 10 Suppl 1, S2. doi: 10.1186/1742-4755-10-S1-S2
- Bos, A. F., van Asperen, R. M., de Leeuw, D. M. & Prechtl, H. F. R (1997). The influence of septicaemia on spontaneous motility in preterm infants. *Early Hum Dev*, 50(1), 61-70. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9467694>
- Bos, A., F. (1998). Analysis of movement quality in preterm infants. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*, 76(1), 117-119. doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-2115\(97\)00162-0](https://doi.org/10.1016/S0301-2115(97)00162-0)
- Botting, N., Powls., A., Cooke, R. W., Marlow, N. (1998). Cognitive and educational outcome of very-low-birthweight children in early adolescence. *Dev Med Child Neurol*, 40, 652-660. doi: 10.1111/j.1469-8749.1998.tb12324.x
- Bracewell, M. & Marlow, N., (2002). Patterns of motor disability in very preterm children. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 8(4), 241-8. doi: 10.1002/mrdd.10049

- Brazelton, T. B., Nugent, J. K., (2011). *The Neonatal Behavioral Assessment Scale 4th ed.* London, McKeith/ Blacwell Press.
- Brogna, C., Romeo, D. M., Cervesi, C., Scrofani, L., Romeo, M. G., Mercuri, E., & Guzzetta, A. (2013). Prognostic value of the qualitative assessments of general movements in late-preterm infants. *Early Hum Dev*, 89(12), 1063-1066. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2013.08.008
- Bucci, M. P., Wiener-Vacher, S., Trousson, C., Baud, O., & Biran, V. (2015). Subjective visual vertical and postural capability in children born prematurely. *PLoS One. Mar*, 10(3). doi: 10.1371/journal.pone.0121616
- Burger, M., & Louw, Q. A. (2009). The predictive validity of general movements a systematic review. *J Paediatr Neurol*, 13(5), 408-420. doi 10.1016/j.ejpn.2008.09.004
- Butcher, P. R., van Braeckel, K., Bouma, A., Einspieler, C., Stremmelaar, E. F., & Bos, A. F. (2009). The quality of preterm infants' spontaneous movements: an early indicator of intelligence and behaviour at school age. *J Child Psychol Psychiatry*, 50(8), 920-930. doi: 10.1111/j.1469-7610.2009.02066.x
- Butler, S., & Als, H. (2008). Individualized developmental care improves the lives of infants born preterm. *Acta Paediatr*, 97(9), 1173-5. doi: 10.1111/j.1651-2227.2008.00916.x
- Cabral, T. I. da Silva, L. G., Martinez, C. M., & Tudella, E. (2016). Analysis of sensory processing in preterm infants. *Early Hum Dev*, 10(103), 77-81. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2016.06.010
- Cheong, J. L., Thompson, D. K., Spittle, A. J., Potter, C. R., Walsh, J. M., Burnett, A. C., & Doyle, L. W. (2016). Brain Volumes at Term-Equivalent Age Are Associated with 2-Year Neurodevelopment in Moderate and Late Preterm Children. *The Journal of pediatrics*, 174, 91-97. doi: 10.1016/j.jpeds.2016.04.002

- Craciunoiu, O., & Holsti, L. (2016). A Systematic Review of the Predictive Validity of Neurobehavioral Assessments During the Preterm Period. *Phys Occup Ther Pediatr*, 37(3), 292-307. doi: 10.1080/01942638.2016.1185501
- Crowle, C., Badawi, N., Walker, K., & Novak, I. (2015). General Movements Assessment of infants in the neonatal intensive care unit following surgery. *J Paediatr Child Health*, 51(10), 1007-11. doi: 10.1111/jpc.12886
- de Vries, J. I. P., Erwich, J. J. H. M. & Bos, A. F. (2008). General movements in the first fourteen days of life in extremely low birth weight (ELBW) infants. *Early Hum Dev*, 84(11), 763-8. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2008.05.003
- de Vries, J. I., & Fong, B. F. (2006). Normal fetal motility: an overview. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 27(6), 701-711. doi: 10.1002/uog.2740
- Droit, S., Boldrini, A., & Cioni, G. (1996). Rhythmical leg movements in low-risk and brain-damaged preterm infants. *Early Hum Dev*, 44(3), 201-213. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8654313>
- Dubowitz, L., Dubowitz, V., & Mercuri, E. (1999). *The Neurological Assessment of the Preterm a Full-term Newborn Infant*. 2nd. Aufl. London: Mac Keith Press.
- Dubowitz, L., Ricciw, D., & Mercuri, E. (2005). The Dubowitz neurological examination of the full-term newborn. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 11(1), 52-60. doi: 10.1002/mrdd.20048
- Duerden, E. G., Card, D., Lax, I. D., Donner, E. J., & Taylor, M. J. (2013). Alterations in frontostriatal pathways in children born very preterm. *Dev Med Child Neurol*, 55(10), 952-958. doi: 10.1111/dmcn.12198
- Duerden, E. G., Taylor, M. J., & Miller, S. P. (2013). Brain Development in Infants Born Preterm: Looking Beyond Injury. *Semin Pediatr Neurol*, 20(2), 65-74. doi: 10.1016/j.spenn.2013.06.007

- Dusing, S. C. (2016). Postural variability and sensorimotor development in infancy. *Dev Med Child Neurol.*, 58(4), 17-21. doi: 10.1111/dmcn.13045
- Dusing, S. C., Kyvelidou, A., Mercer, V. S., & Stergiou, N. (2009). Infants Born Preterm Exhibit Different Patterns of Center-of-Pressure Movement Than Infants Born at Full Term. *Phys Ther*, 89, 1354-1362. doi: 10.2522/ptj.20080361
- Dusing, S. C., Izzo, T. A., Thacker, L. R., & Galloway, J. C. (2014). Postural complexity differs between infant born full term and preterm during the development of early behaviors. *Early Hum Dev*, 90(3), 149-56. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2014.01.006
- Dusing, S. C., Izzo, T., Thacker, L. R., & Galloway, J. C. (2014). Postural complexity influences development in infants born preterm with brain injury: relating perception-action theory to 3 cases. *Phys Ther*, 94(10), 1508-16. doi: 10.2522/ptj.20140023
- Dvořák, R., & Vařeka, I. (1999). Příspěvek k objektivizaci vývoje schopnosti řídit oporu a těžiště těla. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 3, 86-90. Retrieved from <http://www.medvik.cz/link/bmc99019468>
- Dylevský, I. (2007). *Obecná Kineziologie*. Praha: Grada.
- Dylevský, I. (2012). *Dětský pohybový systém*. Olomouc: Poznání.
- Eeles, A. L., Olsen, J. E., Walsh, J. M., McInnes, E. K., Molesworth, C. M., Cheong, J. L., & Spittle, A. J. (2016). Reliability of Neurobehavioral Assessments from Birth to Term Equivalent Age in Preterm and Term Born Infants. *Phys Occup Ther Pediatr*, 37(1), 108-119. doi: 10.3109/01942638.2015.1135845
- Einspieler, C., & Prechtel, H. F. (2005). Prechtel's assessment of general movements: a diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 11(1), 61-67. doi: 10.1002/mrdd.20051

- Einspieler, C., Prayer, D., & Prechtel, H.F. (2012). *Fetal Behaviour: A neurodevelopmental Approach (Vol. 1)*. London: Mac Keith Press.
- Einspieler, C., Prechtel, H. F. R., Boss, A. F., Ferarri, F., & Cioni, G. (2004). *Prechtel's Method on the Qualitative Assessment of General Movements in Preterm Term and Young Infants*. London: Mac Keith Press.
- Fallang, B. & Hadders-Algra, M. (2005). Postural behavior in Children Born Preterm. *Neural Plast*, 12(2-3), 175-182. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16097485>
- Fawke, J. (2007). Neurological outcomes following preterm birth. *Semin Fetal Neonatal Med*, 12(5), 374-382. doi: 10.1016/j.siny.2007.06.002
- Fendrychová, J., & Borek, I. (2007). *Intenzivní péče o novorozence (Vol. 1)*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.
- Ferrari, F., Todeschini, A., Guidotti, I., Martinez-Biarge, M., Roversi, M. F., Berardi, A., & Rutherford, M. A. (2011). General movements in full-term infants with perinatal asphyxia are related to Basal Ganglia and thalamic lesions. *J Pediatr*, 158(6), 904-911. doi: 10.1016/j.jpeds.2010.11.037
- Fetters, L., Chen, Y. P., Jondsdottir, J. & Tronick, E. Z. (2004). Kicking coordination captures differences between full-term and premature infants with white matter disorder. *Hum Mov Sci*, 22(6), 729-748. doi: 10.1016/j.humov.2004.02.001
- Fetters, L., Sapir, I., Chen, Y., Kubo, M., & Tronick, E. (2010). Spontaneous kicking in full-term and preterm infants with and without white matter disorder. *Dev Psychobiol*, 52(6), 524-536. doi: 10.1097/PEP.0000000000000173



- Geerdink, J. J., Hopkins, B., Beek W. J., Heriza, C. B. (1996). The Organization of Leg Movements in Preterm and Full-Term Infants after Term Age. *Developmental Psychobiology*, 29 (4), 335-351. doi: 10.1002/(SICI)1098-2302(199605)29:4<335::AID-DEV3>3.0.CO;2-R
- Goldenberg, R. L., Culhane, J. F., Iams, J. D., & Romero, R. (2008). Epidemiology and causes of preterm birth. *Lancet*, 371(9606), 75-84. doi: 10.1016/S0140-6736(08)60074-4
- Gosselin, J., Gahagan, S., & Amiel-Tison, C. (2005). The Amiel-Tison Neurological Assessment at Term: conceptual and methodological continuity in the course of follow-up. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, 11(1), 34-51. doi: 10.1002/mrdd20049
- Groot, L. (2000). Posture and Motility in preterm infants. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 42, 65–68. doi: 10.1017/S0012162200000128
- Hadders-Algra, M. (2001). Evaluation of motor function in young infants by means of the assessment of general movements: a review. *Pediatr Phys Ther*, 13(1), 27-36. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17053647>
- Hadders-Algra, M. (2007). Putative neural substrate of normal and abnormal general movements. *Neurosci Biobehav Rev*, 31(8), 1181-1190. doi: 10.1016/j.neubiorev.2007.04.009
- Halverson, K. (2010). The effects of positioning on premature infant development. *Pediatrics CATs*, 1-16. Retrieved from <https://commons.pacificu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=otped>
- Hamer, E. G., Bos, A. F., & Hadders-Algra, M. (2011). Assessment of specific characteristics of abnormal general movements: does it enhance the prediction of cerebral palsy? *Dev Med Child Neurol*, 53(8), 751-756. doi: 10.1111/j.1469-8749.2011.04007.x

- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2003). Nonlinear analysis of the development of sitting postural control. *Dev Psychobiol*, 42(4), 366-78. doi: 10.1002/dev.10110
- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement variability and the use of nonlinear tools: principles to guide physical therapist practice. *Phys Ther*, 89(3), 267-82. doi: 10.2522/ptj.20080130
- Heide, J., Paoliceli, P. B., Boldrini, A., Cioni, G. (1999). Kinematic and Qualitative Analysis of Lower-Extremity Movements. *Physical Therapy*, 79(6), 546-57. Retrieved from <https://watermark.silverchair.com/ptj0546.pdf>
- Heriza, C. B. (1988). Organization of Leg Movements in Preterm Infants. *Physical Therapy*, 68, 1340-1346. Retrieved from [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2302\(199605\)29:4<335::AID-DEV3>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2302(199605)29:4<335::AID-DEV3>3.0.CO;2-R)
- Janura, M., & Zahálka, Z. (2004) *Kinematická analýza pohybu člověka*. Olomouc, Česká republika: Univerzita Palackého.
- Jeng, S. F., Chen, L. C., & Yau, K. I. (2002). Kinematic analysis of kicking movements in preterm infants with very low birth weight and full-term infants. *Phys Ther*, 82(2), 148-159. doi: 10.1093/ptj/82.2.148
- Jeng, S. F., Chen, L. C., Tsou, K I., Chen, W. J., & Luo, H. J. (2004). Relationship between spontaneous kicking and age walking attainment in preterm infants with very loww birth weight and full-term. *Phys. Ther*, 84(2), 159-72. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14744206>
- Johnson, S. (2007). Cognitive and behavioural outcomes following very preterm birth. *Semin Fetal Neonatal Med*, 12(5), 363-373. doi: 10.1016/j.siny.2007.05.004

- Kanemaru, N., Watanabe, H., Kihara, H., Nakano, H., Nakamura, T., Nakano, J., Taga, G., & Konishi, Y. (2014). Jerky spontaneous movements at term age in preterm infants who later developed cerebral palsy. *Early Hum Dev*, *90*(8), 387-92. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2014.05.004
- Kelly, C. E., Cheong, J. L., Gabra Fam, L., Leemans, A., Seal, M. L., Doyle, L.W., & Thompson, D. K. (2016). Moderate and late preterm infants exhibit widespread brain white matter microstructure alterations at term-equivalent age relative to term-born controls. *Brain Imaging Behav*, *10*(1), 41-9. doi: 10.1007/s11682-015-9361-0
- Kent, A. L., Wright, I. M. R., Abdel-Latif, M. E., New South, W., Australian Capital Territory Neonatal Intensive Care Units Audit, G., Bowen, J., Cameron, D. (2012). Mortality and adverse neurologic outcomes are greater in preterm male infants. *Pediatrics*, *129*(1), 124-131. doi: 10.1542/peds.2011-1578
- Koch, S. C., & Fitzgerald, M. (2013). Activity-dependent development of tactile and nociceptive spinal cord circuits. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1279*, 97-102. doi: 10.1111/nyas.12033
- Kolářová, B., Marková, M., Stacho, J., Szmeková, L. (2014). *Počítačové a robotické technologie v klinické rehabilitaci – možnosti vyšetření a terapie*. Olomouc, Česká republika: Univerzita Palackého. doi: 10.5507/FMV.14.24442662
- Korner, A., Brown, J., Thom, V., & Constantinou, J. (2000). *The Neurobehavioral Assessment of the Preterm Infant*. U.S.A.: San Antonio: Child Development Media.
- Lester, B. M., Tronick, E. Z., & Brazelton, T. B. (2004). The Neonatal Intensive Care Unit Network Neurobehavioral Scale procedures. *Pediatrics*, *113*(3 Pt 2), 641-667. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14993524>
- Lorefice, L. E., Galea, M. P., Clark, R. A., Doyle, L. W., Anderson, P. J., & Spittle, A. J. (2015). Postural control at 4 years in very preterm children compared with term-born peers. *Dev Med Child Neurol*, *57*(2), 175-180. doi: 10.1111/dmcn.12550

- Lundqvist, C., & Sabel, K. G. (2000). Brief Report: The Brazelton Neonatal Behavioral Assessment Scale Detects Differences Among Newborn Infants of Optimal Health. *Journal of Pediatric Psychology, 20* (8), 577-582. Retrieved from <https://watermark.silverchair.com/577.pdf?>
- Macroft, C., Khan, A., Embleton, N. D., Trenell, M., & Plötz, T. (2015). Movement recognition technology as a method of assessing spontaneous general movements in high risk infants. *Front Neurol, 5*(284), 1-9. doi: 10.3389/fneur.2014.00284
- Majnemer, A., & Snider, L. (2005). A Comparison of Developmental Assessment of the Newborn and Young Infant. *Mental retardation and developmental disabilities, 11*, 68-73. doi: 10.1002/mrdd.20052
- Marlow, N., Hennessy, E. M., Bracewell, M. A., & Wolke, D. (2007). Motor and executive function at 6 years of age after extremely preterm birth. *Pediatrics, 120*(4), 793-804. doi: 10.1542/peds.2007-0440
- McCarty, D. B., Peat, J. R., Malcolm, W. F., Smith, P. B., Fisher, K., & Goldstein, R. F. (2016). Dolichocephaly in Preterm Infants: Prevalence, Risk Factors, and Early Motor Outcomes. *Am J Perinatol, 34*(4), 372-378. doi:10.1055/s-0036-1592128
- Mercuri, E., Guzzetta, A., Laroche, S., Ricci, D., van Haastert, I., Simpson, A., & Dubowitz, L. (2003). Neurologic examination of preterm infants at term age: comparison with term infants. *J Pediatr, 142*(6), 647-655. doi: 10.1067/mpd.2003.215
- Miyagishima, S., Asaka, T., Kamatsuka, K., Kozuka, N., Kobayashi, M., Igarashi, R., & Tsutsumi, H. (2016). Characteristics of antigravity spontaneous movements in preterm infants up to 3 months of corrected age. *Infant Behav Dev, 44*, 227-239. doi: 10.1016/j.infbeh.2016.07.006

- Molteno, C., Grosz, P., Wallace, P., & Jones, M. (1995). Neurological examination of the preterm and full-term infant at risk for developmental disabilities using the Dubowitz Neurological Assessment. *Early Hum Dev*, *41*(3), 167-176. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7543405>
- Msall, M. E., & Tremont, M. R. (2002). Measuring functional outcomes after prematurity: Development impact of very low birth weight and extremely low birth weight status on childhood disability. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*, *8*(4), 258-72. doi: 10.1002/mrdd.10046
- Můčková, A., Janura, M., & Hálek, J. (2017). Nastupující tonus u předčasně narozených dětí jako projev vývoje nervové soustavy a možnosti jeho hodnocení. *Cesk Slov Neurol N*, *80/113*(2), 146-149. doi: 10.14735/amcsnn2017146
- Nakajima, Y., Einspieler, C., Marschik, P. B., Bos, A. F., & Prechtl, H. F. (2006). Does a detailed assessment of poor repertoire general movements help to identify those infants who will develop normally? *Early Hum Dev*, *82*(1), 53-59. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2005.07.010
- Nieuwenhuis, T., da Costa, S. P., Bilderbeek, E., Geven, W. B., van der Schans, C. P., & Bos, A. F. (2012). Uncoordinated sucking patterns in preterm infants are associated with abnormal general movements. *J Pediatr*, *161*(5), 792-798. doi: 10.1016/j.jpeds.2012.04.032
- Nikolic, S., J., & Ilic-Stosovic, D., D. (2009). Detection and prevalence of motor skill disorders. *Res Dev Disabil*, *30*(6), 1281-7. doi:10.1016/j.ridd.2009.05.003
- Noble, Y., & Boyd, R. (2012). Neonatal assessments for the preterm infant up to 4 months corrected age: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*, *54*(2), 129-139. doi: 10.1111/j.1469-8749.2010.03903.x

- Olsen, J. E., Brown, N. C., Eeles, A. L., Einspieler, C., Lee, K. J., Thompson, D. K., & Spittle, A. J. (2016). Early general movements and brain magnetic resonance imaging at term-equivalent age in infants born <30 weeks' gestation. *Early Human Development, 101*, 63-68. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2016.06.009
- Padilla, N., Fransson, P., Donaire, A., Figueras, F., Arranz, A., Sanz-Cortes, M., & Gratacos, E. (2017). Intrinsic Functional Connectivity in Preterm Infants with Fetal Growth Restriction Evaluated at 12 Months Corrected Age. *Cereb Cortex, 27(10)*, 4750-4758. doi: 10.1093/cercor/bhw269
- Petersen, H., Tulinius, A. T., Geotgsdóttir, I., Einarsson, E. J., Patel, M., Haraldsson, Á., & Fransson, P. A. (2015). Decreased postural control in adolescents born with extremely low birth weight. *Exp Brain Res, 233(5)*, 1651-62. doi: 10.1007/s00221-015-4239-3
- Peyton, C., Yang, E., Msall, M. E., Adde, L., Stoen, R., Fjortoft, T., & Drobyshevsky, A. (2017). White Matter Injury and General Movements in High-Risk Preterm Infants. *AJNRA American journal of neuroradiology, 38(1)*, 162- 169. doi: 10.3174/ajnr.A4955
- Philippi, H., Karch, D., Kang, K. S., Wochner, K., Pietz, J., Dickhaus, H., & Hadders-Algra, M. (2014). Computer-based analysis of general movements reveals stereotypies predicting cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol, 56(10)*, 960-967. doi: 10.1111/dmcn.12477
- Piek, J.P., Gasson, N. (1999). Spontaneous kicking in fullterm and preterm infants: Are there leg asymmetries? *Human Movement Science, 18(2-3)*, 377-395. doi:10.1016/S0167-9457(99)00019-6
- Ploegstra, W. M., Bos, A. F., & de Vries, N. K. (2014). General movements in healthy full term infants during the first week after birth. *Early Hum Dev, 90(1)*, 55-60. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2013.10.004

- Ricci, D., Romeo, D. M., Haataja, L., van Haastert, I. C., Cesarini, L., Maunu, J., & Mercuri, E. (2008). Neurological examination of preterm infants at term equivalent age. *Early Hum Dev*, *84*(11), 751-761. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2008.05.007
- Sadler, T. W. (2011). *Langmanova lékařská embryologie překlad 10.vydání*. Praha: Grada.
- Sharma, P. K., Sankar, J. M., Sapra, S., Saxena, R., Karthikeyan, C. V., Deorari, A., Agarwal, R., & Paul, V. (2011). Growth and Neurosensory Outcomes of Preterm Very Low Birth Weight Infants at 18 Months of Corrected Age. *The Indian Journal of Pediatrics*, *78*(12), 1485-90. doi: 10.1007/s12098-011-0442-9
- Simmons, L. E., Rubens, C. E., Darmstadt, G. L., & Gravett, M. G. (2010). Preventing preterm birth and neonatal mortality: exploring the epidemiology, causes, and interventions. *Semin Perinatol*, *34*(6), 408-415. doi: 10.1053/j.semperi.2010.09.005
- Skiold, B., Eriksson, C., Eliasson, A. C., Aden, U., & Vollmer, B. (2013). General movements and magnetic resonance imaging in the prediction of neuromotor outcome in children born extremely preterm. *Early Hum Dev*, *89*(7), 467-472. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2013.03.014
- Snider, L. M., Majnemer, A., Mazer, B., Campbell, S., & Bos, A.F. (2008). A Comparison of the general movements assessment with traditional approaches to newborn and infant assessment: Concurrent validity. *Early Human Development*, *84* (5), 297-303. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2007.07.004
- Soska, K. C., Adolph, K. E., & Johnson, S. P. (2010). Systems in development: motor skill acquisition facilitates tree-dimensional object completion. *Dev Psychol*, *46*(1), 129-38. doi: 10.1037/a0014618

- Spittle, A. J., Spencer-Smith, M. M., Cheong, J. L., Eeles, A. L., Lee, K. J., Anderson, P. J., & Doyle, L. W. (2013). General movements in very preterm children and neurodevelopment at 2 and 4 years. *Pediatrics*, *132*(2), e452-458. doi: 10.1542/peds.2013-0177
- Stergiou, N., & Decker, L. M., (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: is there a connection? *Hum Mov Sci*, *30*(5), 869-88. doi: 10.1016/j.humov.2011.06.002
- Sullivan, M. C., Miller, R. J., Fontaine, L. A., & Lester, B. (2012). Refining Neurobehavioral Assessment of the High-Risk Infant Using the NICU Network Neurobehavioral Scale. *J Obstet Gynecol Neonatal Nurs*, *41*(1), 17-23. doi: 10.1111/j.1552-6909.2011.01322.x
- TeKolste, K., Bragg, J., & Wendel, S. (2004). Extremely Low Birth Weight NICU Graduate Supplement to the Critical Elements of Care for the Low Birth Weight Neonatal Intensive Care. Graduate. Retrieved from <https://depts.washington.edu/dbpeds/ELBW-NICU-Graduate.pdf>
- Tielsch, J. M. (2015). Global Incidence of Preterm Birth. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*, *8*, 9-15. doi: 10.1159/000365798
- Trojan, S., Druga, R., Pfeiffer, J., & Votava, J. (1996). *Fyziologie a léčebná rehabilitace motoriky člověka*. Praha: Grada.
- Vaivre-Douret, L. & Golse, B. (2007). Comparative effects of 2 positional supports on neurobehavioral and postural development in preterm neonates. *Journal of Perinatal & Neonatal Nursing*, *21* (4), 323-330. doi: 10.1097/01.JPN.0000299790.47161.5c



- Vaivre-Douret, L., Ennouri, K., Jrad, I., Garrec, C. & Papiernik, E. (2004). Effect of positioning on the incidence of abnormalities of muscle tone in low-risk, preterm infants. *European Journal of Paediatric Neurology*, 8(1), 21-34. doi: 10.1016/j.ejpn.2003.10.001
- Valentin, T., Uhl, K., & Einspieler, C. (2005). The effectiveness of training in Prechtl's method on the qualitative assessment of general movements. *Early Hum Dev*, 81(7), 623-627. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2005.04.003
- Vařeka, I. (2002). Posturální stabilita (I. část). Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 9(4), 115-121. Retrieved from <http://www.medvik.cz/link/bmc03000341>
- Vích, M., & Chmelíková, B. (2004). Multioborová analýza současného stavu péče o předčasně narozené děti v ČR. Retrieved from <https://docplayer.cz/1564118-Multioborova-analyza-soucasneho-stavu-pece-o-predcasne-narozene-deti-v-cr-praha-2014-koordinator-analyzy-ceske-zdravotnicke-forum-o-p-s.html>
- Vlach, V. (1987) Novorozeneček. In Lesný I et al. *Obecná vývojová neurologie*. Praha: Avicenum.
- Vojta, V., & Peters, A. (2010). *Vojtův princip*. Praha: Grada.
- Walsh, J. M., Doyle, L. W., & Anderson, P. J., Lee, K. J., & Cheong, J. L. Y. (2014). Moderate and late preterm birth: effect on brain size and maturation at term-equivalent age. *Radiology*, 273(1), 232-240. doi: 10.1148/radiol.14132410
- Wang, T. N., Howe, T. H., Hinojosa, J., & Weinberg, S. L. (2011). Relationship between postural control and fine motor skills in preterm infants at 6 and 12 months adjusted age. *Am J Occup Ther*, 65(6), 695-701. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22214114>

WHO: recommended definitions, terminology and format for statistical tables related to the perinatal period and use of a new certificate for cause of perinatal deaths. Modifications recommended by FIGO as amended October 14, 1976. (1977). *Acta Obstet Gynecol Scand*, 56(3), 247-253. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/560099>

Williams, J., Lee, K. J., & Anderson, P. J. (2010). Prevalence of motor-skill impairment in preterm children who do not develop cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*, 52, 232–7. doi: 10.1111/j.1469-8749.2009.03544.x

Zahed-Cheikh, M., Brevaut-Malaty, V., Busuttil, M., Monnier, A. S., Roussel, M., & Gire, C. (2011). Comparative analysis of perinatal and postnatal factors, and general movement in extremely preterm infants. *Brain Dev*, 33(8), 656-665. doi: 10.1016/j.braindev.2010.10.023

## Seznam zkratek

ADHD	Attention Deficit and Hyperactivity Disorder
ApEn	Approximate entropy
APIB	Assessment of Preterm Infants Behaviour
CNS	centrální nervová soustava
COG	Center of Gravity
COM	Centre of Mass
COP	Center of Pressure
DMO	dětská mozková obrna
ELBW	Extremely Low Birth Weight
FMs	Fidgety Movements
g. t.	gestační týden
g. w.	gestational week
GMs	General Movements
ILBW	Incredible Low Birth Weight
LBW	Low Birth Weight
LyE	Lyapunov exponent
MRI	magnetická rezonance
NAPI	Neurobehavioural Assessment of the Preterm Infant
NBAS	Neonatal Behavioural Assessment Scale
NMBA	Neuromotor Behavioural Assessment
NNNS	Neonatal Intensive Care Unit Network Neurobehavioural Scale
TIMP	Test of Infant Motor Performance
VLBW	Very Low Birth Weight
WHO	World Health Organization
WMs	Writhing Movements

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1.</b> Nástup pohybu v jednotlivých vývojových fázích gestačního věku (de Vriest & Fong, 2006, p. 704).....	14
<b>Obrázek 2.</b> Model synaptického zapojování a jeho vliv na psychomotorický vývoj plodu a předčasně narozeného dítěte (Als et al., 2005, p. 96). .....	16
<b>Obrázek 3.</b> Pasivní tonus v jednotlivých stádiích gestačního věku, vytvořeno a upraveno Můčková et al. (2017) dle Dubowitz et al. (1999). .....	21
<b>Obrázek 4.</b> Aktivní tonus v jednotlivých stádiích gestačního věku, vytvořeno a upraveno Můčková et al. (2017) dle Dubowitz et al. (1999). .....	24
<b>Obrázek 5.</b> Teoretický model vyjadřující vztah mezi senzoricou a motorickou aktivitou vytvářející komplexicitu posturální kontroly. ....	29
<b>Obrázek 6.</b> Grafické znázornění rozsahu, variability a rychlosti pohybu na horních končetinách u předčasně narozených dětí a u dětí narozených v termínu porodu, rameno Y - pohyb v ramenním kloubu v sagitální rovině, rameno Z - pohyb v ramenním kloubu ve frontální rovině, loket Y - pohyb v loketním kloubu v sagitální rovině.....	46
<b>Obrázek 7.</b> Grafické znázornění rozsahu, variability a rychlosti pohybu na dolních končetinách u předčasně narozených dětí a u dětí narozených v termínu porodu, kyčel Y - pohyb v sagitální rovině, kyčel Z - pohyb ve frontální rovině, koleno Y - pohyb v sagitální rovině. ....	48
<b>Obrázek 8.</b> Grafické znázornění rozsahu, variability a rychlosti pohybu těžiště v poloze na zádech CC - craniocaudální pohyb těžiště, ML - mediolaterální pohyb těžiště, AP - anteroposteriorní pohyb těžiště, 3D - výsledný (3D) pohyb těžiště.....	51
<b>Obrázek 9.</b> Znázornění rychlosti výchylek COP v mediolaterálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla za sekundu (%/s) u skupin dle gestačního věku při narození v jednotlivých minutách vyšetření.....	54
<b>Obrázek 10.</b> Znázornění rychlosti výchylek COP v craniocaudálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla za sekundu (%/s) u skupin dle gestačního věku při narození v jednotlivých minutách vyšetření.....	55
<b>Obrázek 11.</b> Znázornění celkové rychlosti výchylek COP v poloze na zádech v procentech délky těla za sekundu (%/s) u skupin dle gestačního věku při narození v jednotlivých minutách vyšetření.....	55

<b>Obrázek 12.</b> Znázornění rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla (%) u skupin dle gestačního věku při narození v jednotlivých minutách vyšetření .....	56
<b>Obrázek 13.</b> Znázornění rozsahu pohybu COP v craniocaudálním směru v poloze na zádech v procentech délky těla (%) u skupin dle porodní hmotnosti v jednotlivých minutách vyšetření .....	58

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> Přehled výhod a nevýhod spojených s různými způsoby snímání pohybu GMs u předčasně narozených dětí (Macroft et al., 2015, p. 3.).....	33
<b>Tabulka 2</b> Anamnestické údaje pro jednotlivé skupiny dětí rozdělených dle gestačního věku při narození .....	40
<b>Tabulka 3</b> Anamnestické údaje pro jednotlivé skupiny rozděleny dle porodní hmotnosti .....	41
<b>Tabulka 4</b> Získané parametry pohybu horních končetin v poloze na zádech u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu. ....	44
<b>Tabulka 5</b> Získané parametry pohybu dolních končetin v poloze na zádech u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu. ....	47
<b>Tabulka 6</b> Získané parametry pohybu těžiště v poloze na zádech u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu porodu. ....	49
<b>Tabulka 7</b> Hodnoty parametrů COP v mediolaterálním a craniocaudálním směru v poloze na zádech u skupin dle gestačního věku při narození. ....	52
<b>Tabulka 8</b> Hodnoty parametrů COP v mediolaterálním a craniocaudálním směru v poloze na zádech u skupin dětí dle porodní hmotnosti. ....	57

## Seznam příloh

<b>Příloha 1</b> Informovaný souhlas .....	97
<b>Příloha 2</b> Anamnestická data dětí narozených před termínem porodu vyšetřovaných pomocí kinematické analýzy .....	98
<b>Příloha 3</b> Anamnestická data dětí v termínu porodu vyšetřovaných pomocí kinematické analýzy .....	99
<b>Příloha 4</b> Fotodokumentace před zahájením vyšetřování kinematickou analýzou.....	100
<b>Příloha 5</b> Informovaný souhlas .....	101
<b>Příloha 6</b> Anamnestická data vyšetřovaných dětí narozených v termínu porodu pomocí silové plošiny Kistler 9286AA .....	102
<b>Příloha 7</b> Anamnestická data vyšetřovaných předčasně narozených dětí pomocí silové plošiny Kistler 9286AA .....	103
<b>Příloha 8</b> Fotodokumentace v průběhu vyšetření silovou plošinou.....	104

# Přílohy

## Příloha 1

### Informovaný souhlas

Informovaný souhlas

Výzkum (DP): **Kinematická analýza spontánní hybnosti předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu**

Jméno:

Datum narození:

Zákonný zástupce klienta.....souhlasí s provedením vyšetření kinematické analýzy pomocí videokamer, nahlédnutím do zdravotnické dokumentace a anonymním zpracováním osobních dat k výzkumným účelům. Výzkum a manipulaci s dítětem bude vždy provádět Mgr. Anita Můčková nebo MUDr. Jan Hálek zpracování dat budou provádět Bc. Jana Maříková, Bc. Kateřina Horáková, Bc. Nina Němcová vše pod vedením prof. RNDr. Miroslava Janury, Dr.

Prohlašuji, že mi bylo poskytnuto poučení o vyšetření pomocí videokamer. Byl mi jasně a srozumitelně vysvětlen účel tohoto vyšetření a sdělen dostatek informací o probíhajícím výzkumu. Pokud jsem měl/a jakékoliv dotazy, bylo mi před podpisem tohoto informovaného souhlasu umožněno klást doplňující otázky.

Na základě tohoto poučení prohlašuji, že souhlasím s provedením vyšetření kinematické analýzy pomocí videokamer, nahlédnutím do zdravotnické dokumentace mého dítěte v rozsahu nezbytně nutném a anonymním zpracováním získaných dat pro výzkumné účely s respektováním pravidel ochrany osobních dat. Dále pak souhlasím s pořízením fotodokumentace, videodokumentace související s probíhajícím výzkumem.

V Olomouci dne.....Podpis zákonného zástupce klienta



## Příloha 2

Anamnestická data dětí narozených před termínem porodu vyšetřovaných pomocí kinematické analýzy

Iniciály	Pohlaví	GVP	AGV	PH	AH	Apgar skóre
S.S. *	Ž	35+1	37+5	2140 g	2400 g	10-10-10
R.Ch.	M	37+2	37+5	2960 g	2740 g	9-10-10
E.S. *	Ž	35+1	37+5	2340 g	2690 g	9-10-10
J.L.	M	26+6	37+1	800 g	2470 g	6-7-10
J.M.	M	35+6	39+0	1490 g	2260 g	10-10-10
P.Ř.	M	27+3	36+3	980 g	2620 g	7-9-9
V.J. *	M	31+3	34+2	1680 g	1930 g	6-8-10
N.H.	Ž	35+3	38+1	1930 g	2220 g	5-9-10
V.J. *	Ž	31+3	34+2	1940 g	2280 g	10-10-10
A.H.	M	35+4	35+6	2840 g	2630 g	9-10-10

Poznámka PGV - porodní gestační věk, AGV - aktuální gestační věk,

PH - porodní hmotnost, AH - aktuální hmotnost, \*dvojčata

### Příloha 3

Anamnestická data dětí v termínu porodu vyšetřovaných pomocí kinematické analýzy

<b>Iniciály</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>GVP</b>	<b>AGV</b>	<b>PH</b>	<b>AH</b>	<b>Apgar skore</b>
Š.B.	Ž	40+0	40+1	3570 g	3380 g	10-10-10
Ch.D.	Ž	41+0	41+4	3090 g	2840 g	10-10-10
B.G.	Ž	39+6	40+1	3390 g	3130 g	10-10-10
M.D.	M	39+2	39+4	2810 g	2640 g	10-10-10
D.H.	Ž	38+3	38+6	3370 g	310 g	10-10-10
D.W.	M	41+2	41+5	4360 g	4090 g	10-10-10
T.V.	M	39+0	39+2	3430 g	3210 g	10-10-10
O.V.	M	37+1	37+3	3080 g	2840 g	6- 9-10
P.L. *	M	38+0	38+2	3090 g	2800 g	9-10-10
D.L.	M	41+2	41+5	3850 g	3530 g	10-10-10

Poznámka PGV - porodní gestační věk, AGV - aktuální gestační věk,

PH - porodní hmotnost, AH - aktuální hmotnost, \*dvojčata

#### Příloha 4

Fotodokumentace před zahájením vyšetřování kinematickou analýzou



## **Příloha 5**

Informovaný souhlas

### **Informovaný souhlas**

**Výzkum (DP): Analýza pohybu COP v poloze na zádech u předčasně narozených dětí a dětí narozených v termínu**

Jméno:

Datum narození:

Já, níže podepsaný(á), souhlasím s účastí mého dítěte ve studii, jejíž data budou použita v DP. Rovněž potvrzuji, že jsem zákonným zástupcem dítěte uvedeného výše. Dále prohlašuji, že jsem byl(a) podrobně seznámen(a) s cíli u účelem studie. Byly mi vysvětleny postupy a předpokládaný průběh získávání a vyhodnocování dat. Jsem si vědom(a), že se jedná o výzkumnou práci.

Byl(a) jsem seznámen(a) s faktem, že účast ve studii je dobrovolná, proto mohu účast svého dítěte kdykoli během výzkumu ukončit. Veškerá získaná data dítěte budou uchována pouze pro potřeby týkající se studie a budou pod plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR. Druhým osobám, nebo pro další výzkumné účely mohou být data poskytnuta pouze anonymně, tzn. Pod identifikačním číslem, nebo s mým souhlasem. Rovněž souhlasím s použitím získaných dat a výsledků této studie.

V Olomouci dne

Podpis zákonného zástupce:

## Příloha 6

Anamnestická data vyšetřovaných dětí narozených v termínu porodu  
pomocí silové plošiny Kistler 9286AA

Iniciály	Pohlaví	PGV	AGV	PH	AH	Apgar skóre	PD
F. J.	M	41+4	42+0	3590 g	3240 g	10-10-10	53 cm
P. P.	M	40+5	41+1	3520 g	3260 g	10-10-10	50 cm
R. N.	Ž	39+0	39+3	3180 g	2940 g	9-10-10	50 cm
H. O.	M	41+4	42+0	4090 g	3800 g	10-10-10	52 cm
O. P.	M	39+2	39+5	2740 g	2540 g	10-10-10	48 cm
M. A.	M	40+5	41+1	4240 g	3900 g	10-10-10	53 cm
Z. T.	M	39+1	39+4	3440 g	3240 g	10-10-10	50 cm
P. J.	Ž	38+1	38+4	3440 g	3080 g	8-10-10	51 cm
P. B.	Ž	41+2	41+5	3340 g	3050 g	10-10-10	51 cm
Ch. A.	M	41+2	41+5	4030 g	3710 g	10-10-10	53 cm
B. T.	M	40+4	41+0	3230 g	2990 g	10-10-10	50 cm
T. N.	Ž	41+1	41+4	3570 g	3350 g	10-10-10	50 cm
F. T.	M	41+3	41+6	3630 g	3430 g	10-10-10	50 cm
M. E.	Ž	40+0	40+3	3960 g	3720 g	10-10-10	52 cm
Ř. J.	Ž	39+3	39+6	3550 g	3180 g	10-10-10	50 cm
P. K.	M	41+4	42+0	3420 g	3220 g	8-10-10	49 cm
D. S.	M	40+3	40+6	3410 g	3300 g	10-10-10	48 cm
S. M.	M	38+1	38+4	2870 g	2710 g	9-10-10	45 cm
Š. V.	Ž	40+0	40+3	3450 g	3250 g	10-10-10	50 cm
D. Š.	M	40+2	40+5	3300 g	3120 g	10-10-10	49 cm
L. A.	Ž	39+3	39+6	2920 g	2750 g	9-10-10	48 cm
K. V.	M	38+5	39+1	2980 g	2800 g	8-10-10	47 cm
Z. K.	Ž	38+1	38+4	2940 g	2730 g	9-10-10	48 cm
R. V.	Ž	39+2	39+5	3650 g	3330 g	10-10-10	49 cm
Š. B.*	Ž	38+0	38+3	2140 g	2120 g	10-10-10	46 cm
Š. V.*	M	38+0	38+3	2040 g	1950 g	7-10-10	47 cm
B. N.	Ž	39+1	39+4	2830 g	2620 g	10-10-10	49 cm
P. J.	M	39+3	39+6	3980 g	3720 g	10-10-10	49 cm
G. J.	M	39+1	39+4	4060 g	3850 g	10-10-10	50 cm
S. Š.	M	38+2	38+5	3780 g	3500 g	8-10-10	50 cm

Poznámka PGV- porodní gestační věk, AGV - aktuální gestační věk, PH - porodní hmotnost, AH - aktuální hmotnost, PD - porodní délka, \*dvojčata

## Příloha 7

Anamnestická data vyšetřovaných předčasně narozených dětí pomocí silové plošiny Kistler 9286AA

Iniciály	Pohlaví	PGV	AGV	PH	AH	Apgar skóre	PD
M.E.*	M	36+4	37+5	1980 g	1960 g	10-10-10	47 cm
M. C.*	M	36+4	37+5	2580 g	2500 g	10-10-10	48 cm
Š.N.	Ž	30+2	36+0	1200 g	2280 g	8-9-9	40 cm
Š.G.	Ž	28+5	33+6	1260 g	2010 g	6-8-10	44 cm
R.A.	Ž	25+4	38+2	730 g	2540 g	5-7-8	32 cm
K.L.	M	30+1	34+3	1490 g	2270 g	6-7-9	41 cm
B.D.	Ž	29+4	35+3	990 g	2495 g	9-7-9	39 cm
M. J.	M	35+3	36+2	2220 g	2170 g	9-8-9	40 cm
I.J.	M	37+0	40+1	1900 g	2360 g	6-6-9	44 cm
M. M.	M	28+3	38+5	660 g	2340 g	5-8-9	39 cm
Š.E.	Ž	26+1	38+2	800 g	2350 g	6-6-9	41 cm
M. N.*	Ž	34+1	35+5	2100 g	2240 g	10-10-10	48 cm
M.F.*	M	34+1	35+5	2350 g	2560 g	6-5-8	42 cm
J. A.*	M	32+6	36+5	1840 g	2600 g	10-10-10	42 cm
J. A.*	Ž	32+6	36+5	1380 g	2310 g	10-10-10	41 cm
Š. J.	M	35+2	38+3	1930 g	2420 g	6-8-10	43 cm
F. A.*	M	34+2	37+2	1630 g	2300 g	7-9-10	41 cm
F. L.*	M	34+2	37+2	1360 g	2040 g	6-9-10	40 cm
K. K.	Ž	29+3	34+6	1340 g	2680 g	5-7-9	39 cm
B. N.	Ž	35+2	36+2	2810 g	2580 g	8-8-10	49 cm
M. A.	Ž	35+2	36+6	2110 g	2250 g	10-10-10	46 cm
Š. E.	Ž	33+4	36+0	1980 g	2100 g	9-9-10	44 cm
M. V.	M	34+6	36+3	2910 g	3010 g	9-9-9	45 cm
T. D.	M	35+3	36+4	2660 g	2800 g	10-10-10	40 cm
P. K.	M	35+3	35+6	2710 g	2560 g	10-10-10	42 cm
S. V.*	M	31+4	36+4	1390 g	2490 g	10-10-10	36 cm
S. R.*	M	31+4	36+4	1070 g	2160 g	8-10-10	36 cm
J. B.	Ž	33+6	35+5	2250 g	2310 g	5-7-9	45 cm
Š. S.	Ž	33+1	34+4	2260 g	2150 g	10-10-10	43 cm
S. E.	Ž	33+2	36+6	1980 g	2610 g	8-9-10	42 cm

Poznámka PGV- porodní gestační věk, AGV - aktuální gestační věk, PH - porodní hmotnost, AH - aktuální hmotnost, PD - porodní délka, \*dvojčata

## Příloha 8

Fotodokumentace v průběhu vyšetření silovou plošinou

