

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD  
Ústav klinické rehabilitace

Bc. Tereza Marková

**Posouzení spontánní motoriky  
novorozenců s využitím akcelerometrie**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Jana Slováková

Olomouc 2023

## **Anotace**

**Typ práce:** Diplomová práce

**Název práce:** Posouzení spontánní motoriky novorozenců s využitím akcelerometrie

**Název práce v anglickém jazyce:** The monitoring of spontaneous motor activity by accelerometry in newborn infants

**Datum zadání:** 30. 11. 2021

**Datum odevzdání:** 19. 5. 2023

**Vysoká škola:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav klinické rehabilitace

**Autor práce:** Bc. Tereza Marková

**Vedoucí práce:** Mgr. Jana Slováková

**Oponent práce:** Mgr. Alena Svobodová

**Rozsah:** 96 stran, 2 přílohy

### **Abstrakt v ČJ**

**Úvod:** Neonatologická péče se v posledních desítkách let dynamicky rozvíjí a dostává se na vysokou úroveň, kdy díky kvalitní péči přežívají i vysoce nezralí novorozenci, kteří jsou ale ohroženi neideálním psychomotorickým vývojem (PMV). Časná diagnostika spontánní motoriky novorozenců má velkou výpovědní hodnotu, podle které je možné předpokládat, jaký bude neuromotorický vývoj jedince. Ale stále v klinické praxi chybí objektivní a snadno použitelný nástroj k hodnocení pohybu novorozenců. Akcelerometrie může mít velký potenciál právě v monitoringu pohybové aktivity zralých i nezralých novorozenců.

**Cíl:** Hlavním cílem diplomové práce je ověření použití akcelerometrů u novorozenců s cílem objektivizovat jejich pohybové chování, srovnat skupinu zralých a nezralých novorozenců, posoudit, jak se liší jejich variabilita pohybu.

**Metodika:** 33 novorozenců, konkrétně 21 zralých a 12 nezralých, bylo změřeno pomocí 3 šestiosých akcelerometrů, 2 akcelerometry byly umístěny na distální bérce obou dolních končetin (DKK), 1 akcelerometr byl umístěn pod umbilicus. Samotné měření bylo prováděno jednou, trvalo 5 minut a frekvence snímání byla nastavena na 100 Hz. Účast novorozence vždy byla schválena ošetřujícím lékařem, který potvrdil kardiopirační stabilitu dítěte, a zákonným zástupcem podpisem informovaného souhlasu. Hodnocena byla variabilita pohybu DKK a pánve.

**Výsledky:** Celková průměrná variabilita pohybu DKK byla vyšší u zralých novorozenců, ale celková průměrná variabilita pohybu pánve byla vyšší u nezralých novorozenců, což by mohlo vypovídat o nestabilitě trupu nezralých novorozenců. Ale ani v jednom případě se nejednalo o statisticky významné rozdíly. Byla prokázána statisticky významná negativní korelace mezi variabilitou pohybu pánve a gestačním věkem.

**Závěr:** Tato diplomová práce nepřinesla jednoznačné výsledky, zda je variabilita pohybu vyšší u zralých nebo nezralých novorozenců, ale nastínila, že by akcelerometrie mohla být vhodnou metodou k posouzení spontánní motoriky novorozenců.

**Klíčová slova:** novorozenec, spontánní pohyb, akcelerometrie, vyšetření pohybu

### **Abstrakt v AJ**

**Introduction:** Neonatal care has been developing dynamically in the last decades and has reached a high level, when even extremely preterm neonates, who are at risk of non-ideal psychomotor development, survive thanks to quality of care. The early assessment of spontaneous movement in neonates has a great predictive value, according to which it is possible to predict what the neuromotor development of the individual will be. However, in clinical practice, there is a lack of an objective and easy-to-use tool to assess the motor behaviour of neonates. Accelerometry may have great potential just in monitoring the motor activity of term and preterm neonates.

**Aim:** The main aim of the thesis is to verify the use of accelerometers in neonates to objectify their movement behaviour, to compare a group of term and preterm neonates, and to assess how their variability of movement differs.

**Methodology:** 33 neonates, specifically 21 term and 12 preterm, were measured using 3 six-axis accelerometers, 2 accelerometers placed on the distal lower legs of both lower limbs, and 1 accelerometer placed downwards from the umbilicus. The measurement was performed once, lasted for 5 minutes, and the scan rate was set at 100 Hz. The participation of the neonate was always approved by the attending physician, who confirmed the cardiorespiratory stability of the child, and by the legal guardian signing an informed consent. Variability of the lower limbs and pelvic movement was evaluated.

**Results:** The overall mean variability of lower limb movement was higher in term neonates, but the overall mean variability of pelvic movement was higher in preterm neonates, which could be indicative of trunk instability in case of preterm neonates. Neither case proved statistically significant differences. Statistically significant negative correlation between the variability of pelvic movement and gestational age was proved.

**Conclusion:** This thesis did not provide clear results on whether there is higher movement variability in term or preterm neonates. Nevertheless, it supported the premise that accelerometry might be a suitable method to assess spontaneous motor skills of neonates.

**Key words:** neonate, spontaneous movement, accelerometry, movement assessment

## **Prohlášení**

Čestně prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Jany Slovákové a pro tento účel byly využity pouze ty zdroje, které jsou uvedeny referenčním seznamu.

V Olomouci dne 19. 5. 2023

Podpis:

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala především paní Mgr. Janě Slovákové za odborné vedení práce, cenné rady, osobní přístup, trpělivost a všechnen čas, který věnovala této diplomové práci. Dále děkuji panu doc. Mgr. Zdeňku Svobodovi, Ph.D. za zásadní pomoc při zpracování a statistickém hodnocení naměřených dat. Díky patří taktéž všem dotčeným zaměstnancům Novorozeneckého oddělení Fakultní nemocnice Olomouc (FNOL) za ochotu a toleranci při měření zúčastněných pacientů. V neposlední řadě bych chtěla mockrát poděkovat své rodině a blízkým za všechnu podporu po celou dobu mého studia.

## Obsah

Úvod .....	10
1 Novorozenec.....	12
1.1 Definice novorozeneckého období.....	12
1.2 Předčasně narozené děti .....	12
1.2.1 Příčiny předčasných porodů .....	13
1.3 Vědomí .....	13
1.4 Termogeneze .....	13
1.5 Percepce těla.....	14
2 Neurofyziologie motoriky novorozenců .....	15
2.1 Mozkový kmen.....	15
2.2 Páteřní mícha.....	15
2.3 Autonomní nervový systém (ANS).....	15
2.4 Novorozenecké reflexy .....	15
2.4.1 Moro reflex .....	16
2.5 Chůzový automatismus .....	16
2.6 Uchopovací reflex .....	17
3 Psychomotorický vývoj novorozence .....	18
3.1 Vývojová data novorozence .....	18
3.1.1 Pozice .....	18
3.1.2 Zrak.....	19
3.1.3 Sluch .....	19
3.2 Ovlivňující faktory .....	19
3.3 Vyšetření mozku .....	20
3.4 Hodnocení vývoje .....	20
3.5 Edukace rodičů.....	20
4 Pohyb novorozenců.....	21
4.1 General movements.....	21
4.2 Writhing movements.....	22
4.2.1 Poor repertoire .....	22
4.2.2 Cramped synchronized GM.....	22
4.2.3 Chaotic GM .....	22
4.3 Primitivní kopání.....	22

5	Hodnocení pohybu .....	24
5.1	Nositelné senzory .....	24
5.1.1	IMU .....	25
5.1.2	Elektromagnetické senzory.....	25
5.2	Počítačové technologie.....	25
5.3	Motion capture .....	25
5.4	Funkční magnetická rezonance (fMRI).....	26
5.5	Elektronická textilie .....	26
5.6	Videoanalýza.....	27
5.6.1	3D zobrazení.....	27
5.7	Prechtlova metoda .....	27
5.8	Klinické škály.....	27
5.8.1	Neurobehavioural Assessment for Preterm Infants (NAPI).....	27
5.8.2	Einstein Neonatal Neurobehavioural Assessment Scale (ENNAS) .....	28
5.8.3	Neonatal Behavioral Assessment Scale (NBAS) .....	28
6	Akcelerometrie .....	29
6.1	Umístění akcelerometru .....	30
6.2	Přínos akcelerometrie.....	30
6.3	Nevýhody akcelerometrie .....	31
6.4	Kombinace akcelerometru s gyroskopem .....	31
6.5	Variabilita a komplexita pohybu .....	32
6.5.1	Variabilita .....	32
6.5.2	Komplexita neboli entropie .....	32
7	Cíle a hypotézy .....	34
7.1	Cíle diplomové práce .....	34
7.2	Hypotézy a výzkumné otázky .....	34
8	Metodika výzkumu.....	37
8.1	Charakteristika zkoumaného souboru .....	37
8.1.1	Charakteristika skupiny zralých novorozenců.....	38
8.1.2	Charakteristika skupiny nezralých novorozenců.....	38
8.1.3	Kritéria pro zařazení .....	40
8.1.4	Kritéria vylučující zařazení .....	40
8.2	Přesný popis průběhu měření .....	40
8.3	Přesný popis měřících metod .....	43



8.3.1	Akcelerometrie .....	43
8.3.2	Klinické metody měření .....	43
8.4	Zpracování dat.....	44
8.5	Metody statistického hodnocení.....	44
9	Výsledky.....	45
10	Diskuze.....	54
10.1	Dosavadní evidence využití akcelerometrie u novorozenců .....	54
10.1.1	Výzkumy zaměřené na spontánní motoriku .....	54
10.1.2	Výzkumy zaměřené na vitální funkce .....	55
10.2	Diskuze výsledků diplomové práce .....	55
10.3	Limity práce.....	64
10.3.1	Množství naměřených novorozenců .....	65
10.3.2	Nepoměr mezi zralými a nezralými novorozenci .....	65
10.3.3	Nehomogenita skupiny nezralých novorozenců .....	66
10.3.4	Limity využití akcelerometrie.....	66
10.3.5	Nedostatek studií.....	67
10.4	Přínos pro praxi .....	67
	Závěr .....	69
	Referenční seznam.....	71
	Seznam zkratk.....	90
	Seznam obrázků.....	91
	Seznam tabulek.....	92
	Seznam příloh .....	93
	Přílohy .....	94

## Úvod

V České republice je neonatologická péče na velmi vysoké úrovni i díky odstupňovanému systému péče a také díky využití moderních technologií. Ale stále zde chybí snadno aplikovatelná a objektivní metoda k měření spontánní motoriky novorozenců, jejíž kvalita je zásadní pro správný PMV jedince. Pokud by se podařilo časně diagnostikovat nízkou kvalitu pohybu novorozence, může být použita adekvátní terapie s cílem zlepšit nejen pohyb jedince, ale i jeho vývoj a celkovou kvalitu života.

Novorozenci, jedinci od narození do 28 dní věku, nejsou schopni cílené pohybové aktivity, ale přesto můžeme jejich spontánní, neprovokovaný pohyb popsat a označit jako writhing movements, které řadíme mezi obecné primitivní pohyby, general movements (GM). Jsou typické pomalou až střední rychlostí ve středním rozsahu pohybu, jsou rozmanité a nepravidelné. Pokud ztratí svou rozmanitost, označujeme je jako „poor repertoire“ (chudý pohybový repertoár) nebo „cramped synchronized“ (křečovitě synchronizované) nebo „chaotic“ (chaotické) GM (Einspieler a Prechtel, 2005, s. 62).

Akcelerometrie je metodou běžně užívanou v biomedicínských výzkumech u různých skupin dospělých jedinců a také u dětí starších 3 let, ale s využitím akcelerometrie u novorozenců se nesetkáváme příliš často, navíc se výzkumy v této oblasti velmi liší svým designem a hodnocením.

Hlavním cílem výzkumu v rámci diplomové práce bylo ověřit použití akcelerometrie u novorozenců s cílem objektivizovat jejich pohybové chování. Dále bylo cílem srovnat skupinu zralých a nezralých novorozenců pomocí posouzení variability zrychlení pohybu DKK a pánve, zjistit, zda existuje rozdíl mezi variabilitou pohybu levé dolní končetiny (LDK) a pravé dolní končetiny (PDK). Data naměřená u zralých novorozenců by mohla sloužit jako referenční hodnoty pro posouzení motoriky nezralých novorozenců v klinické praxi. Dále by bylo možné objektivně vyšetřit pohyb novorozence před a po fyzioterapii nebo průběžně hodnotit změny ve vývoji pohybu.

K vyhledávání odborných článků ke splnění cílů práce byly využity on-line databáze PubMed, Elsevier, ResearchGate, ProQuest, Web of Science, Scopus, Google Scholar a EBSCO. Jako klíčová slova k vyhledávání byla použita anglická slova neonate, spontaneous movement, accelerometry, movement assessment.

Pro tvorbu práce bylo použito celkem 124 zdrojů, jednalo se především o zahraniční studie a přehledové články z různých částí světa, jen 1 článek byl v českém jazyce publikovaný v českém časopise a 1 článek byl od českých autorů publikovaný v anglickém jazyce

v zahraničním periodiku. Hledání odborné literatury probíhalo od listopadu 2021 do května 2023. Vyhledávány byly články publikované v časovém rozmezí od 1. listopadu 2011 do 10. května 2023. Byly použity i dříve vydané studie, protože se jednalo o původní primární zdroje k této problematice. Práce tedy vychází z článků, které byly publikovány mezi roky 1955 až 2023. Pro zorientování se v problematice tématu práce bylo čerpáno z níže uvedených studií a přehledových článků, které byly využity jako informační prameny pro přehled poznatků, samotný výzkum, zpracování výsledků i diskuzi. Jako vstupní literatura sloužily následující studie a přehledové články:

DUSING, S. C., THACKER, L. R., GALLOWAY, J. C. 2016. Infant born preterm have delayed development of adaptive postural control in the first 5 months of life. *Infant behavior & development* [on-line]. 44(1), 49–58, [cit. 2023-04-30]. ISSN 1879-0453. Dostupné z: doi: 10.1016/j.infbeh.2016.05.002.

EINSPIELER, C., PRECHTL, H. F. R. 2005. Pechtl's assessment of general movements: a diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews* [on-line]. 11(1), 61–67, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1940-5529. Dostupné z: doi: 10.1002/mrdd.20051.

PITCHFORD, E. A., KETCHESON, L. R., KWON, H. J., ULRICH D. A. 2017. Minimum Accelerometer Wear Time in Infants: A Generalizability Study. *Journal of physical activity & health* [on-line]. 14(6), 421–428, [cit. 2021-12-21]. ISSN 1543-5474. Dostupné z: doi: 10.1123/jpah.2016-0395.

RICARDO, L. SILVA, I. C. M. D. A., MARTINS, R. C., WENDT, A., GONCALVES, H., HALLAL, R. C., WEHRMEISTER, F. C. 2018. Protocol for Objective Measurement of Infants' Physical Activity using Accelerometry. *Medicine and science in sports and exercise* [on-line]. 50(5), 1084–1092, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1530-0315. Dostupné z: doi: 10.1249/MSS.0000000000001512.

WHITEHEAD, K., MEEK, J., FABRIZI, L., SMITH, B. A. 2020. Long-range temporal organisation of limb movement kinematics in human neonates. *Clinical Neurophysiology Practice* [on-line]. 5, 194–198, [cit. 2023-02-26]. ISSN 2467-981X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.cnp.2020.07.007.

# 1 Novorozenec

Novorozenci jsou dle definice Světové zdravotnické organizace (WHO) jedinci do věku 28 dní od narození (WHO, 2017, s. 1). Můžeme je rozdělit na předčasně narozené neboli nezralé, kteří se narodili mezi 23. až 36. týdnem těhotenství, a novorozence zralé, kteří se narodili v termínu, což znamená po ukončeném 37. týdnu těhotenství (Slattery a Morrison, 2002, s. 1490).

## 1.1 Definice novorozeneckého období

Jedná se o období, kdy děti umírají kvůli špatné péči při porodu nebo kvůli nedostatku kvalifikované péče bezprostředně po narození či v prvních dnech života. K většině těchto úmrtí dochází v zemích s nízkými až středními příjmy (WHO, 2017, s. 1–2).

Adaptace z intrauterinního prostředí na extrauterinní je velmi složitá, jedná se pravděpodobně o jeden z nejpozoruhodnějších a nejobtížnějších fyziologických dějů. Všechny systémy lidského těla prochází rozsáhlými změnami, ale nejdůležitější adaptace probíhá v plicním a kardiovaskulárním systému (Swanson a Sinkin, 2015, s. 329). Apgar skóre nebo také Skóre podle Apgarové slouží ke zhodnocení vitality a poporodní adaptace novorozence. Novorozenec se posuzuje po 1., 5. a 10. minutě po porodu. Hodnotí se 5 kritérií, barva kůže, srdeční akce, dýchání, svalový tonus, reakce na podráždění, a každé kritérium je hodnoceno 0, 1 nebo 2 body. Maximální celkový počet bodů je 10, nad 8 bodů se jedná o normálního novorozence, mezi 4 a 7 body má novorozenec střední asfyxii, pod 3 body trpí těžkou asfyxií (Apgar, 1955, s. 2 366–2 367; Apgar et al., 1958, s. 1 987–1 988).

Velikost dítěte narozeného v termínu je důležitým ukazatelem zdraví. Větší délka i hmotnost dítěte odpovídají snížení rizika novorozenecké úmrtnosti vlivem zlepšení sociálního a ekonomického postavení země (Campisi, Carbone a Zlotkin, 2019, s. 104). Funkční anatomická nezralost je u novorozenců fyziologická, projevuje se typickým soudkovitým tvarem hrudníku, kdy předozadní průměr je větší než šířka, zakřivení páteře ještě není definováno a klenby nohy ještě nejsou vytvořeny (Kasai et al., 1996, s. 2068; Volpon, 1994, s. 83).

## 1.2 Předčasně narozené děti

Četnost předčasně narozených dětí stále narůstá v mnoha rozvinutých zemích především vlivem nárustu indikovaných předčasných porodů a předčasných porodů uměle počatých vícečetných těhotenství (Goldenberg et al., 2008, s. 75). Klasifikace předčasně narozených není úplně možná tak, aby byla vždy dobře aplikovatelná. Mnohem vhodnější, než se snažit o definici perfektního klasifikačního systému je identifikovat příčiny, determinanty, ohrožené skupiny a zavést preventivní strategie (Kramer et al., 2012, s. 110–111). Ale běžně se v praxi setkáváme

s označením nezralosti lehké (porod ve 32. až 36. týdnu gestace), střední (28. až 32. týden), těžké (26. až 28. týden) a extrémní (před 26. týdnem), (Romeo et al., 2016, s. 2).

Předčasně narozené děti vykazují vyšší riziko zdravotních problémů, jako jsou například různé kognitivní poruchy a metabolický syndrom. Současné výzkumy zdůrazňují, že výživa v podobě mateřského mléka, hraje velkou roli v časném postnatálním růstu. I když dítě pomaleji přibývá na hmotnosti ve srovnání s umělým mlékem, je mateřské mléko lepší pro jeho vývoj a novorozenci se neukládá tolik tukové tkáně (Cerasani et al., 2020, s. 1–2).

### **1.2.1 Příčiny předčasných porodů**

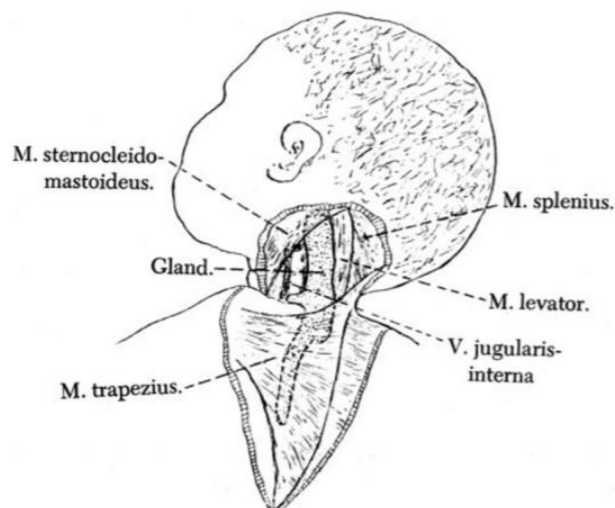
V posledních dvou dekadách výrazně přibývá předčasných porodů vlivem rizikových faktorů na straně matky, kam řadíme užívání alkoholu, drog, dále nefropatii a diabetes. Většina předčasných porodů je spontánních, dle literatury je asi 35 % z vitální indikace plodu nebo matky (Boelig, Orzechowski a Berghella, 2015, s. 1). Preeklampsii, eklampsii a omezený růst plodu řadíme mezi běžné indikace k předčasnému porodu (Goldenberg et al., 2008, s. 75).

### **1.3 Vědomí**

Fyziologičtí novorozenci vykazují několik známek vědomí, jako je bdělost a uvědomování si sebe a své matky, vnímání čichových a bolestivých podnětů. Také vyjadřují některé emoce, konkrétně radost, smutek, překvapení, znechucení (Langercrantz a Changeux, 2010, s. 201).

### **1.4 Termogeneze**

Poporodní adaptace na chladné prostředí mimo tělo matky je pro novorozence velmi náročná, protože kvůli nevýhodnému poměru plochy a objemu těla mají tendenci ztrácet velké množství tepla ve srovnání s dospělými jedinci. Nemají dostatečně vyvinutou kosterní svalovinu k udržení teploty prostřednictvím třesové termogeneze. U novorozenců se ale vyskytuje hnědá tuková tkáň, která je zdrojem netřesové termogeneze. Hnědá tuková tkáň se nachází především v krční, podklíčkové a mezilopatkové oblasti (viz Obrázek 1, s. 14), (Lidell, 2019, s. 110).



**Obrázek 1** První ilustrace morfolgie hnědé tukové tkáně (Hatai, 1902 in Lidell, 2019, s. 110)

## 1.5 Percepce těla

Vnímání vlastního těla u novorozenců ještě není plně ozřejmáno, stále není jasné, zda jsou schopni své tělo vnímat již od narození nebo v tom hraje roli postnatální zkušenost. Je možné jejich chování vyšetřit pohledem na podněty zrakově-hmatové, které mohou být synchronní nebo asynchronní. Bylo prokázáno, že novorozenci preferují synchronní podněty související s jejich tělem (Filipetti et al., 2013, s. 2 413).

## **2 Neurofyziologie motoriky novorozenců**

Motorické stereotypy novorozenců jsou řízeny různými úrovněmi centrální nervové soustavy (CNS), což může být užitečné jak při diagnostice, tak terapii (Kobesová a Kolář, 2014, s. 31).

### **2.1 Mozkový kmen**

Neuroanatomické struktury v mozkovém kmeni, které jsou zodpovědné za sání, polykání, dýchání, se nachází v těsné blízkosti. Zdravý novorozenec je díky orofaryngeální zkušenosti a časně stimulaci orofaciální oblasti schopen při kojení koordinovat svůj dech tím, že nejdříve provede nádech, poté polkne a na to vydechne. Pokud novorozenec tohoto dýchacího cyklu není schopen, je ohrožen aspirací (Gross a Trapani-Hanasewych, 2017, s. 87). Primitivní reflexy a GM jsou řízeny na úrovni mozkového kmene a páteřní míchy (Kobesová a Kolář, 2014, s. 23).

### **2.2 Páteřní mícha**

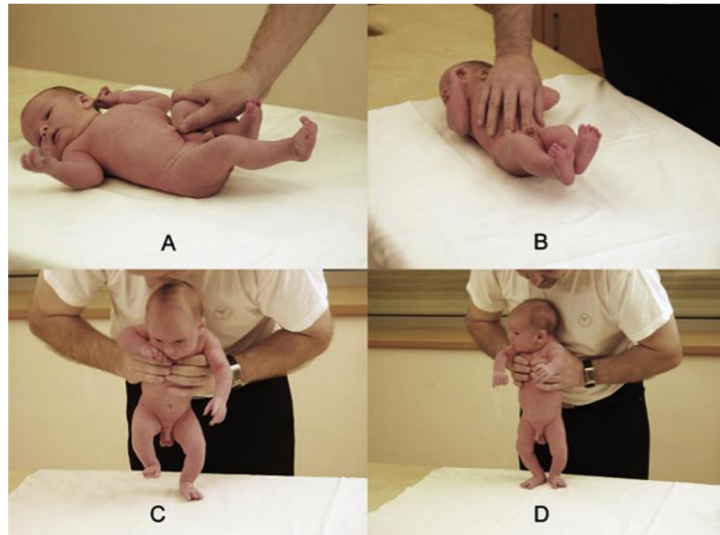
Novorozenci vykazují silnou synchronizaci výstupů motoneuronu, která je zásadní pro generování rychlých kontrakcí primitivních reflexů. Hlavní strategie, kterou nervový systém novorozenců používá ke zrychlení nárustu síly, je synchronizace výstupů motoneuronu do svalů. Při produkci rychlých pohybů se nemění rychlost výboje, jako je tomu u dospělých, ale mění se synchronizace (Del Vecchio et al., 2020, s. 7–9). Charakteristika výboje míšních motoneuronů také souvisí s vlastnostmi svalových vláken, protože u novorozenců rychlá svalová vlákna chybí (Buller, Eccles a Eccles, 1960, s. 412).

### **2.3 Autonomní nervový systém (ANS)**

ANS prostřednictvím sympatiku a parasympatiku bezprostředně reaguje na stresové faktory, tím sehraává důležitou roli v udržování homeostázy. Sympatikus stimuluje reakci sympato-adrenomedulárního systému, který je stěžejní pro zvýšení srdeční frekvence a krevního tlaku. Naopak parasympatikus navodí klidový stav organismu (Joëls a Baram, 2009, s. 459–460).

### **2.4 Novorozenecké reflexy**

Během novorozeneckého stádia se primitivní reflexy uskutečňují díky míšnímu a kmenovému řízení. S využitím adekvátní stimulace můžeme pozorovat reflex zkřížený extenzorový, suprapubický, krokový, podpurný a další (viz Obrázek 2, s. 16). Hodnocení spontánního motorického chování, primitivních reflexů a sedmi posturálních testů, jak je nastínil profesor Vojta, můžeme použít ke zkoumání vývojového věku dítěte, zda se dítě vyvíjí fyziologicky nebo existuje riziko abnormálního vývoje (Zafeiriou, 2004, s. 1–2; Vojta, 1972 in Kobesová a Kolář, 2014, s. 24).



**Obrázek 2** Primitivní reflexy: A zkřížený extenzorový reflex, B suprapubický reflex, C krokový reflex, D podpůrný reflex (Kobesová a Kolář, 2014, s. 25)

Lidský nervový systém spontánně vytváří širokou škálu pohybových vzorců již od 8. týdne gestace. Tyto pohyby jsou projevem spontánní nervové aktivity, která pokračuje i po narození (Lüchinger et al., 2008, s. 191). Výše zmíněné reflexy a spontánní pohyby slouží pro hodnocení a včasné rozpoznání abnormálního vývoje (Kobesová a Kolář, 2014, s. 23).

#### **2.4.1 Moro reflex**

Novorozenec na podráždění reaguje masivní moro reakcí, která je charakterizována rychlou extenzí a addukcí paží, rotací těla a hlavy směrem k podnětu, poté hned následuje pohyb paží do extenze a abdukce s roztažením prstů. Moro reflex se objevuje hned po narození, je charakteristický rychlostí, amplitudou a stereotypností provedení. Spouštěčem reflexu je strach, smutek nebo panika (Rönnqvist, 1995, s. 713–715).

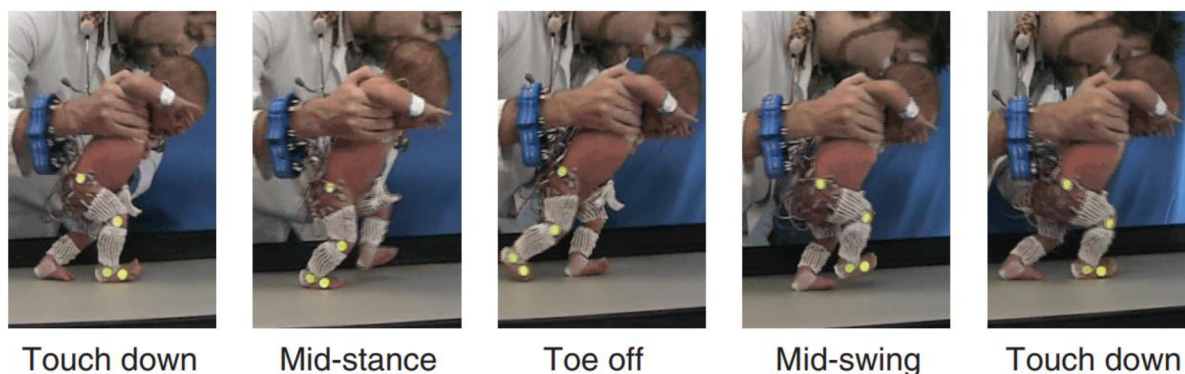
Rousseau et al. poprvé označili moro reflex za formu neverbální komunikace a zdůraznili, že je vhodné přistupovat k novorozenci opatrně, abychom se vyvarovali stimulaci strachu nadměrným spouštěním tohoto reflexu (Rousseau et al., 2017, s. 169).

#### **2.5 Chůzový automatismus**

Vyšetření chůzového automatismu novorozenců objasňuje existenci centrálních generátorů pohybu uložených v míše. Sestupné motorické dráhy z mozkové kůry do míchy jsou stále nezralé, proto musí být za chůzový automatismus zodpovědná mícha (Van Schaik a Dominici, 2020, s. 99). Tato chůze je spíše nepravidelná a chybí stereotypní vzor přenesení váhy od paty ke špičce (viz Obrázek 3, s. 17), (Sylos-Labini et al., 2017, s. 1).



Instinkt pro chůzi je přítomen od chvíle narození. Když je novorozenec držen ve vertikální pozici a odlehčen vyšetřujícím o 70–80 % své hmotnosti, začne instinktivně chodit, pokud jsou jeho chodidla v kontaktu s vodorovnou podložkou. Je nutné zdůraznit, že se nejedná o chůzi, první samostatné kroky se objevují až kolem 12. měsíce života (Dominici et al., 2011, s. 997–998).



**Obrázek 3** Krokový cyklus novorozence (Dominici et al., 2011, s. 997)

Jak se primitivní pohyb během vývoje stane sofistikovaným, zůstává stále nejasné. Často se předpokládá, že primitivní vzorce nervové kontroly jsou během vývoje inhibovány a nahrazeny zcela novými vzory (Dominici et al., 2011, s. 997).

## 2.6 Uchopovací reflex

Novorozenec není schopen cíleně cokoliv uchopit, uchopovací reflex je automatická reakce nezávislá na vůli jedince, která slouží k proprioceptivní a taktilní stimulaci dlaně (Hadders-Algra, 2005, s. 99). Jedná se o jeden z prvních motorických projevů novorozence, který mu umožňuje interakci s jeho okolím (Presti et al., 2020, s. 1).

Testování uchopovacího reflexu se v současné době provádí lehkým tlakem do dlaně novorozence předmětem nebo častěji prstem vyšetřujícího. Fyziologická reakce je uzavření dlaně. Tento test je kvalitativní a založen na odbornosti vyšetřujícího (Moraes et al., 2011, s. 227). Jeho absence v prvních dnech života nebo naopak jeho přetrvávání po 6. měsíci od narození bývá spojeno s neuromotorickým poškozením (Nelson a Lynch, 2004, s. 151).

Primitivní reflexy nezmizí v průběhu vývoje, jen jsou jednoduše inhibovány vyššími úrovněmi CNS, proto se znovu objevují při patologických stavech, kdy dochází k jejich dezinhibici (Kobesová a Kolář, 2014, s. 25).

### 3 Psychomotorický vývoj novorozence

PMV je chápán jako proces získávání a rozvíjení biologických, duševních a sociálních funkcí, které odrážejí kognitivní, behaviorální nebo socializační vývoj, a také jako proces určující stupeň vývoje odpovídající zdravotnímu stavu dítěte (Villarreal-Ríos et al., 2021, s. 566). Klíčem k podpoře co nejlepšího možného vývoje novorozenců je péče a pozornost rodičů již od prvních dnů života, což má ještě větší význam u nezralých novorozenců. I přes tento fakt mají rodiče často omezený přístup na neonatální jednotky intenzivní péče (Pisoni et al., 2021, s. 101).

Většina novorozenců různých stupňů nezralosti opouští zdravotnické zařízení bez závažných akutních zdravotních komplikací, ale mohou být ohroženi vývojovými problémy (Pierrat et al., 2017, s. 1).

#### 3.1 Vývojová data novorozence

Novorozenec většinu dne prospí, při bdění převažuje flekční držení končetin, ale umí i nechat končetinu volně ležet v extenzi (Cíbochová, 2004, s. 291). Při spánku pravidelně dýchá a někdy náhodně pohne končetinami nebo se objeví sací pohyby (Fenichel, 1993, s. 403). Pro myelinizaci jeho CNS a tím pádem i pro neuromotorický vývoj je klíčový spánek o vysoké kvalitě, kterou definuje celková doba spánku, jeho efektivita a intenzita a také frekvence během dne i noci (Ülgen et al., 2023, s. 262).

Lehké zatřepání hrudníkem by mělo vyvolat otevření očí nebo změnu ve výrazu obličeje, pláč nebo pohyby končetin. Novorozenci narození mezi 28. a 33. týdnem gestace nevydrží dlouho v bdělém stavu, narození před 28. týdnem dokonce musí být opakovaně stimulováni, aby zůstali bdělí (Fenichel, 1993, s. 405).

##### 3.1.1 Pozice

Držení těla je u novorozence fyziologicky asymetrické. Pozice hlavy určuje postavení končetin a trupu. Zdravý novorozenec může otáčet hlavu na obě strany, někdy tato rotace způsobí i rotaci trupu na bok, protože na zádech ještě není stabilní (Cíbochová, 2004, s. 291).

Dlaně mívá jemně sevřené v pěst s nesevřeným palcem, spontánně je během spánku otevírá a zavírá, silné sevření se objeví při křiku a strachu. Pokud jsou pěsti silně sevřené bez přítomnosti emočního vzrušení, palec je zakryt ostatními prsty a nedochází ke střídání sevření a otevření, může se jednat o prekurzor spasticity (Fenichel, 1993, s. 405).

V pronační poloze se dotýká podložky všemi částmi těla, ojedinele krátce zvedne asymetricky hlavu nad podložku. DKK jsou flektovány pod trupem, ruce sevřené v pěstičkách,

ale umí je otevřít, zadek je výš než hlava, abdukované kyčle svírají úhel 90°. Svalový tonus je fyziologicky u novorozence vyšší (Cíbochová, 2004, s. 291).

### **3.1.2 Zrak**

Novorozenci se otáčejí za světlem a pohyb očí je pouze horizontální. Často se vyskytuje strabismus, kdy lehký divergentní strabismus je fyziologický. Vidí jen na krátkou vzdálenost a pouze větší předměty, které fixuje střídavě jedním a druhým okem. Zraková ostrost je při narození nízká bez schopnosti akomodace (Cíbochová, 2004, s. 291).

### **3.1.3 Sluch**

Na akustické podněty reaguje novorozenec mrknutím, tuto reakci označujeme jako akustikofaciální reflex, nebo záškubem celého těla. Screeningové vyšetření sluchu je prováděno již 48–72 hodin po narození. Kromě dobře rozvinutého sluchu má novorozenec i dobrý čich a je u něho vyvinuta preference sladké chuti (Cíbochová, 2004, s. 291).

## **3.2 Ovlivňující faktory**

Vývoj motoriky i kognice dítěte vzniká na genetickém pozadí za současného vlivu okolí a faktorů životního stylu jako je nutriční, pozornost rodičů, stimulační prostředí (Bacharach a Baumeister, 1998, s. 202). Hrozící spontánní předčasný porod je nepříznivý prenatální vliv, který může mít negativní dopad na PMV, i když k předčasnému porodu nedojde (Campos-Berga, 2022, s. 473).

Pozitivní účinky mateřského mléka na PMV bývají přisuzovány přítomnosti polynenasycených mastných kyselin s dlouhými řetězci, které v kravském mléce chybí (Walfisch et al., 2013, s. 1–2).

U velmi nezralých novorozenců, narozených v 28. týdnu gestace a dříve, má příznivější vliv na následný PMV větší délka těla, větší obvod hlavy, ženské pohlaví a samozřejmě lehčí stupeň nezralosti. Ve studii Egashira et al. tělesná hmotnost nehrála jako ukazatel tak významnou roli (Egashira et al., 2019, s. 313). Velmi nezralí novorozenci mají také vyšší riziko rozvoje poruchy autistického spektra, která se projeví trvalým deficitem v oblasti komunikace, sociálních interakcí, činností a zájmů (Rutkowska et al., 2018, s. 39). Novorozenecká nezralost je spojena s dlouhodobými vývojovými poruchami v dětství, kam řadíme také poruchu pozornosti s hyperaktivitou, často uváděnou jako ADHD, u které je narušena emoční regulace, sebeovládání, výkonnost (Sullivan et al., 2015, s. 949). Významné narušení představuje i dětská mozková obrna (DMO), která se objevuje až mezi 2. a 3. rokem života (Rutkowska et al., 2018, s. 40).

### **3.3 Vyšetření mozku**

Pokroky v zobrazovacích metodách výrazně zlepšily detekci poškození mozku, která jsou zodpovědná za abnormální PMV (Plaisier et al., 2014, s. 845). Velký význam má vyšetření mozku pomocí ultrasonografie (UZ) a magnetické rezonance (MRI) pro zjištění výskytu abnormalit (Egashira et al., 2019, s. 316). UZ zůstává možností první volby díky své neinvazivnosti, dostupnosti a nižší ceně ve srovnání s MRI, která je ale přesnější a mnohem lepší pro vizualizaci jednotlivých částí mozku včetně zadní jámy lební i hlubokých struktur mozku, jako jsou bazální ganglia a thalamus. Dále je MRI taktéž vhodná pro hodnocení myelinizace (Plaisier et al., 2014, s. 841).

Cheong et al. prokázali, že kvalitativní vyšetření objemu mozku silně korelovalo s obvodem hlavy, proto může být obvod hlavy označen za užitečný klinický ukazatel při sledování vývoje vysoce rizikových předčasně narozených dětí (Cheong et al., 2008, s. 1 539). Existuje jasná souvislost mezi abnormálním nálezem v mozečku na MRI a narušením PMV poruchami autistického spektra (Rutkowska et al., 2018, s. 40).

### **3.4 Hodnocení vývoje**

PMV je možné hodnotit již v raném věku pomocí Prechtlovy metody, Denverského vývojového screeningového testu, Vývojové škály Bayleyové hodnotící vývoj kojenců a batolat, Assessment of Preterm Infants' Behavior, Ages and Stages Questionnaires a dalších testů a metod (Wallin a Eriksson, 2009, s. 62). Hodnocení PMV souvisí s neurologickým vyšetřením, proto není vhodné tato dvě vyšetření od sebe oddělovat (Romeo et al, 2016, s. 2)

Psychomotorické deficity jsou běžně diagnostikovány až pozdě v dětství, což může negativně ovlivnit prognózu a léčbu, proto je v současnosti kladen důraz na odhalení sociálně-emocionální deficitů už v prvních měsících života (Campos-Berga, 2022, s. 479–480).

### **3.5 Edukace rodičů**

Časná edukace rodičů ohledně péče o nezralého novorozence, vysvětlení příčin a důsledků nezralosti, mohou velmi pozitivně ovlivnit PMV (Pisoni et al., 2020, s. 107). Výsledky jsou patrné především v komunikaci a socio-emocionálních funkcích (Pisoni et al., 2021, s. 101). Tradičně jsou za péči o dítě zodpovědní oba jeho rodiče, nicméně každodenní nepřetržitá péče bývá v novorozeneckém věku většinou úlohou matky (Villarreal-Ríos et al., 2021, s. 565).

Existují individualizované programy zaměřené na vývoj a hodnocení novorozenců, které slouží ke stimulaci předčasně narozených dětí na různých úrovních přizpůsobených stupni neurologické zralosti dítěte (Wallin a Eriksson, 2009, s. 54).

## 4 Pohyb novorozenců

Pohybová činnost novorozenců se od činnosti dospělých liší svým druhem i intenzitou (Jun a Choi, 2020, s. 2). Lidští kojenci jsou mezi primáty jedineční v tom, že mají zvláště dlouhou dobu motorické nevyzrálosti (Thelen, 1985, s. 1). Spontánní motorický projev novorozenců je nepodmíněně reflexní a měl by být symetricky rozložený na obou polovinách těla (Cíbochová, 2004, s. 291). Charakter pohybu novorozenců nám dává informace o jejich neuromotorickém vývoji i mozkových dysfunkcích (Chen et al., 2016, s. 1). Variabilita pohybu bývá považována za známku správného motorického vývoje. Dítě se v průběhu prvního měsíce po narození stává aktivním účastníkem života ve svém prostředí, veškerá jeho interakce zahrnuje nějaký aspekt posturální kontroly, proto mají novorozenci s nedostatečnou posturální kontrolou omezenou možnost reagovat na podněty už od začátku svého života (Dusing a Harbourne, 2010, s. 1 838–1 839).

Zájem o pohyb novorozenců je zásadní pro pochopení motorického vývoje a stimulaci vytváření volných pohybů. Studie kinematiky u zralých novorozenců vyústily v objasnění vzniku motorické kontroly (Ohgi et al., 2007, s. 203).

Mnoho psychologů je přesvědčeno, že vývoj dětské motoriky je ve své podstatě psychologický vývoj. Rosenbaum označil motorické chování jako „Popelku psychologie,“ považuje ho za velmi důležité ale silně opomíjené (Rosenbaum, 2005, s. 308). Je zvláštní, jak málo se psychologie věnuje motorické kontrole, i když se jedná o soubor procesů, který umožňuje živým tvorům stabilizovat se a pohybovat se zamýšleným směrem (Rosenbaum, 2002 in Rosenbaum, 2005, s. 315).

### 4.1 General movements

Obecné primitivní pohyby jsou charakteristické svou kvalitou a intenzitou (Einspieler a Prechtl, 2005, s. 61). Objevují se už v 9. týdnu intrauterinního vývoje, zahrnují pohyby celého těla, mohou trvat několik sekund až několik minut (Prechtl, 1990, s. 155). Nejsou spouštěny žádnými zevními podněty, ani neslouží k cílené pohybové činnosti (Einspieler a Prechtl, 2005, s. 61).

Vyskytují se od raného fetálního období až do závěru 6. měsíce extrauterinního vývoje, jsou složité a projevují se často. Mají pozvolný začátek i konec, jejich intenzita, síla i rychlost narůstají v průběhu pohybu, rotace v podélné ose končetin působí plynule až elegantně, což vytváří dojem složitosti a variability pohybu (Einspieler a Prechtl, 2005, s. 61). Většina pohybových sekvencí zahrnuje střídavou flexi a extenzi dolních a horních končetin s velkým množstvím rotací a nepatrnými změnami směru pohybu (Prechtl, 1990, s. 156).

Vyšetření GM u nezralých novorozenců má na počátku života vyšší prediktivní hodnotu než neurologické vyšetření (Cioni et al., 1997, s. 710).

## **4.2 Writhing movements**

V průběhu prvních měsíců života označujeme GM jako writhing movements neboli svíjivé pohyby, protože pohyby mají eliptický tvar a připomínají svíjení (Prechtel, 1990, s. 155–156). Jejich pouhé pozorování může sloužit k posouzení neuromotorického vývoje novorozence a s tím souvisí časné zahájení terapeutické intervence v případě potřeby (Doroniewicz et al., 2020, s. 1).

Normální writhing movements jsou charakterizovány pomalou až střední rychlostí pohybu ve středním rozsahu pohybu. Rychlé pohyby do krajních pozic, především do extenze, nejsou typické, zřídka se objevují při pohybech DKK. Pokud writhing movements ztratí svou rozmanitost, označujeme je jako „poor repertoire“ (chudý pohybový repertoár) nebo „cramped synchronized“ (křečovitě synchronizované) nebo „chaotic“ (chaotické) GM (Einspieler a Prechtel, 2005, s. 62).

### **4.2.1 Poor repertoire**

Poor repertoire se projevuje monotónními pohyby, které nepůsobí složitě (Prechtel, 1990, s. 152). Jsou časté u kojenců, jejichž ultrazvukové vyšetření mozku vykazuje abnormality (Einspieler et al. 1997, s. 58). Jejich výskyt má nízkou prediktivní hodnotu. De Vries a Bos dospěli k závěru, že pokud můžeme u novorozence pozorovat alespoň někdy fyziologické writhing movements, je vysoká šance normálního vývoje, konkrétně uvádějí 94% šanci (De Vries a Bos, 2010, s. 228).

### **4.2.2 Cramped synchronized GM**

Pro cramped synchronized GM je typické, že je pohyb strnulý až křečovitý, přerušovaný, postrádá plynulost, objevuje se současná kontrakce a relaxace svalů trupu i končetin. Pokud je pozorujeme několik týdnů a tyto pohyby převládají, značí vysokou pravděpodobnost rozvoje DMO (Ferrari et al., 2002, s. 460).

### **4.2.3 Chaotic GM**

Charakter chaotic GM je absence plynulosti a vysoká amplituda pohybu. Působí jako náhlé. Často předchází cramped synchronized GM, které se objevují po několika týdnech života (Einspieler a Prechtel, 2005, s. 63).

## **4.3 Primitivní kopání**

Novorozenci vykazují mnoho spontánních pohybů včetně mávání paží, kopání nohou a svíjivých pohybů trupu. Spontánní kopání je přítomno už in utero i v průběhu

novorozeneckého a kojeneckého období bez reakce na vnější podněty. Trajektorie spontánního kopání u zdravých novorozenců se vyznačuje vysokou variabilitou a flexibilitou, které se snižují s věkem, protože se začínají rozvíjet cílené pohyby (Jeng et al., 2004, s. 160–161). Novorozenci kopou primárně střídavým vzorem, po jednom měsíci se vyvinou dominantní vzory jednostranného kopání (Sargent et al., 2014, s. 5).

Koordinace mezi kyčelním, kolenním a hlezenním kloubem je důležitým měřítkem v hodnocení pohybu, flexe a extenze probíhá v těchto kloubech téměř synchronně (Thelen, 1985, s. 9). Následně novorozenci začínají oddělovat pohyb hlezenního kloubu od dvojice kyčel a koleno, hlezenní kloub je uvolněný, v následujících měsících se disociuje pohyb ostatních kloubů dolní končetiny (DK), (Fetters et al., 2004, s. 731). Fáze extenze je většinou pasivní, ovlivněná elastickými vlastnostmi segmentu a účinky gravitace (Thelen, 1985, s. 5).

Novorozenci, kteří jsou vzhůru a zároveň lehce neklidní v pozici vleže na zádech, provádí střídavé rytmické flexe DKK. Tyto pohyby se objevují bez ohledu na vnější podněty, proto je spíše označujeme jako spontánní než reflexní. Spouštěčem rytmického kopání je stav vzrušení dítěte, míra vzrušení určuje intenzitu kopání (Thelen, 1985, s. 4). Spontánní kopání je jedním z nejranějších projevů motoriky. Abnormality pozorované při kopání jsou důležitým indikátorem pozdějších poruch neuromotorických funkcí (Fry, Chen a Howard, 2018, s. 5 767).

## 5 Hodnocení pohybu

Hodnocení GM novorozence v prvním týdnu života je prováděno podle dvou základních kategorií, normální writhing movements a obecně chudý pohybový repertoár. Toto hodnocení je často výzvou, ale zároveň se vyznačuje nízkou diagnostickou hodnotou v kontextu budoucí prevalence abnormalit během neuromotorického vývoje, protože u velkého množství novorozenců se writhing movements vyvíjí až po 7 dnech života. Do té doby se projevují chudým pohybovým repertoárem (Ploegstra, Bos a de Vries, 2014, s. 58–59). Studie prokázaly, že detailní vyšetření GM může predikovat intelektuální a kognitivní deficit (Hitzert et al., 2014, s. 869).

Monitorování pohybu má velký potenciál v rané intervenci, aby mohlo docházet ke zlepšení kognitivních funkcí a spontánní motoriky předčasně narozených dětí. Podpoří tak primitivní kopání,lepší se koordinace kloubů a později i rozvoj chůze (Lundqvist-Persson et al., 2012, s. 178). Časná intervence může být také použita jako preventivní péče u rizikových novorozenců předtím, než je možné stanovit finální diagnózu, například některým dětem je DMO diagnostikována až se objeví abnormality chůze, což může způsobit sekundární zdravotní problémy, kterým se mohlo předejít (Mayo, 1991, s. 265). Časné odhalení rizika rozvoje DMO umožňuje zdravotníkům, aby zahájili terapii v raném stádiu vývoje dítěte (Hadders-Algra, 2001, s. 27).

Diagnostika GM je většinou založená na metodách, které nevyžadují přímou interakci mezi vyšetřujícím a vyšetřovaným (Chen et al., 2016, s. 1–2). Subjektivní metody měření jasně převažují nad objektivními a celkově postrádáme vybavení, které by mohlo objektivně sledovat vývoj dítěte od narození do jednoho roku. Kvůli malému množství objektivních metod využívaných k vyšetření pohybu novorozenců je důležité jejich pohyb podrobně analyzovat, abychom získali spolehlivější údaje pro předvídaní dalšího motorického vývoje (Doroniewicz et al., 2020, s. 2–3). Měřítkem objektivity je srovnání výsledků získaných různými hodnotiteli (Panjan a Sarabon, 2010, s. 133).

### 5.1 Nositelné senzory

Výzkumy s cílem měřit objektivně pohyb novorozenců využívají nositelné senzory, jako jsou akcelerometry (Heinze et al., 2010, s. 770), inerciální měřicí jednotky (IMU) a elektromagnetické senzory (Rihar et al., 2014, s. 2). Tyto typy senzorů získávají cenné informace při analýze pohybu dospělých (Glowinski et al., 2020, s. 2), ale zda je vhodné jejich používání u novorozenců, zůstává diskutabilní (Doroniewicz et al., 2020, s. 11). Nositelné



senzory je možné využít i pro ambulantní monitorování a pro kontinuální dlouhodobé měření pohybu v různých prostředích (Chen et al., 2016, s. 2).

### **5.1.1 IMU**

Je možné využít IMU upevněné na trupu a končetinách společně s tlakovou podložkou, protože kombinace měření distribuce tlaku a kinematické analýzy je důležitá pro posouzení držení těla a také k neinvazivní analýze spánku. Měření je jednoduché a přijatelně přesné (Rihar et al., 2014, s. 1). Tento systém není omezen na laboratorní prostředí, může být využit i doma za současné dostatečné edukace rodičů (Rihar et al., 2014, s. 13).

Také je možné použít systém nositelných senzorů umístěných v chytré vestě, ve které je senzor reagující na protažení na bázi polydimethylsiloxan-grafenu. Tento systém slouží především k monitorování vitálních funkcí novorozence, ale IMU zde umístěné získávají informace o pohybu včetně zrychlení a úhlové rychlosti. Velkou výhodou je nepřetržité a dlouhodobé monitorování i vysoká přesnost (Chen et al., 2020, s. 23732).

### **5.1.2 Elektromagnetické senzory**

Elektromagnetické senzory určují polohu a orientaci těla pomocí výpočtů time-of-flight, což je čas, za který se elektromagnetické vlny šíří od vysílače k senzorům (Van Schaik a Dominici, 2020, s. 96). Kabeláž ovšem omezuje měření pohybu (Rihar et al., 2014, s. 2), elektromagnetická interference a kovové předměty v okolí zkreslují významným způsobem signál (MacLachlan et al., 2017, s. 75).

## **5.2 Počítačové technologie**

V posledních letech se intenzivně rozvíjí diagnostika novorozenců pomocí výpočetních technologií (Irshad et al., 2020, s. 3). Další vývoj výzkumných nástrojů by měl zahrnovat inovativní technologická řešení, která by usnadnila diagnostiku díky jednoduchému měření, sběru dat, možnosti výpočtů a stanovování prognóz (Doroniewicz et al., 2021, s. 157).

## **5.3 Motion capture**

Motion capture nebo také motion tracking je běžně známé pro své uplatnění v zábavním průmyslu, díky této technologii je možné dělat animace postav do filmů a počítačových her, ale existuje i velký potenciál uplatnění ve zdravotnictví. Umožňuje totiž měřit pohyb, který dále můžeme analyzovat z pohledu trajektorie důležitých bodů, jako jsou klouby, můžeme sledovat vzdálenost mezi nimi, jejich rychlost a zrychlení v průběhu pohybu (Van Schaik a Dominici, 2020, s. 89).

Poznatky z měření neslouží pouze k pochopení motorického vývoje dítěte, ale také odráží kognitivní stav, protože motorický a psychologický vývoj spolu jasně souvisí (Adolph a Hoch,

2019, s. 141). Kojenci jsou schopni plánovat své chování od velmi raného věku. Při uchopení míče motion capture ukazuje, že 10měsíční děti sahají po míči pomaleji, pokud se ho chystají umístit do trubice, než kdyby ho chtěly odhodit, což prokazuje jejich schopnost předvídavě přizpůsobovat své pohyby plánu (Claxton et al., 2003, s. 356). Jednoduché motion capture založené na zpracování obrazu lze vytvořit přilepením malých útržků papíru na tělo, například ke studiu koordinace paží a nohou během vyšetření chůzového automatismu novorozenců (La Scaleia, 2018, s. 1108).

#### **5.4 Funkční magnetická rezonance (fMRI)**

Neinvazivní zkoumání lidského mozku umožňuje fMRI, která byla úspěšně aplikována i u velmi mladých jedinců (Blatow et al., 2007, s. 934). V typické fMRI reaguje mozek na provádění úkolu a měřením se identifikují změny signálu v čase v závislosti na hladině kyslíku v krvi (Allievi et al., 2013, s. 1 188). Kombinace výpočetních technologií s fMRI může přesně zmapovat mozkovou aktivitu a tím upřesnit funkční stav CNS. Presti et al. využili fMRI a s ní kompatibilní chytré uchopitelné zařízení. Tato metoda je bezpečná, umožňuje včas diagnostikovat motorické postižení, čímž urychlí stanovení rehabilitačního programu na míru (Presti et al., 2020, s. 1). Velkou výzvou při provádění studií s fMRI u novorozenců je však popis úkolu nespolupracujícím probandům (Allievi et al., 2013, s. 1189).

#### **5.5 Elektronická textilie**

Elektronickou textilií můžeme také najít pod termínem chytrá tkanina, což je forma oblečení, která využívá senzory k monitorování tělesných procesů a umožňuje bezdrátově přenášet informace. Výhodou elektronické textilie je její pohodlnost a možnost využití mimo zdravotnické zařízení (Joyce, 2019, s. 147). Jedná se o inovaci v oblasti počítačových technologií, elektrotechniky, medicíny i módního designu, protože byla vytvořena látka, která dokáže vnímat, komunikovat a měnit se. Konkrétní vlákna mohou působit jako senzory, vytvářet chlad nebo teplo. Nositelné monitorovací systémy mají vliv na zdravotní péči v podobě telemedicíny, protože umožňují nepřetržité sledování signálů v domácím prostředí (Syduzzaman et al., 2015, s. 1–2). Piccini et al. použili biosenzorový pás, který je určen pro monitoring srdeční a dechové frekvence, teploty a pohybu těla (Piccini et al., 2008, s. 2–3).

Je zřejmé, že při použití elektronické textilie je sbíráno obrovské množství dat, která mají velký potenciál ve výzkumu, aby se analyzovala a bylo zjištěno, zda skutečně měří to, co si myslíme. Budoucí výzkumy by se měly zaměřit na využití této technologie mimo USA a především zpracovat podrobnou analýzu dat (Joyce, 2019, s. 159).

## **5.6 Videoanalýza**

Analyzování pohybu novorozence pomocí videa má několik nesporných výhod ve srovnání s použitím senzorů. Měření totiž nemá žádný vliv na dítě, je snadnější ho realizovat a zároveň poskytuje konkrétnější výsledky, které je snazší klinicky interpretovat (Rahmati et al., 2016, s. 133). Doroniewicz et al. se ve své studii zabývají posouzením spontánních pohybů novorozence pomocí videozáznamu, který je vyhodnocován počítačovým softwarem (Doroniewicz et al., 2020, s. 1).

### **5.6.1 3D zobrazení**

Prostřednictvím neinvazivního 3D zobrazení můžeme detekovat a kvantifikovat pohybové anomálie novorozenců. 3D zobrazení je analytická metoda, která využívá videozáznam z více kamer z různých pozic (Gu et al., 2016, s. 2 395).

## **5.7 Prechtlova metoda**

Prechtlova metoda nebo také General Movements Assessment spočívá v pozorování kvality spontánních pohybových vzorů končetin, trupu, krku i hlavy, provádí se sledováním videozáznamu dítěte v bdělém stavu. Tyto pohyby lze pozorovat u dětí narozených v termínu i u předčasně narozených (Einspieler et al., 1997, s. 48).

Je možné využít pouze fragmenty pozorování nebo videonahrávek bez pláče, bez spánku a s pohybovou aktivitou, jen takové záznamy mohou být analyzovány, a tím mohou přispět ke zvýšení přesnosti časného určení rizika rozvoje DMO (Doroniewicz et al., 2020, s. 12).

Hodnocení GM dle Prechtlovy metody je založeno na zkušenostech pozorovatele a je příliš subjektivní, proto se již od 90. let 20. století rozšiřuje uplatnění biomedicínských technologií (Berge et al., 2008, s. 2665).

Pohyb novorozenců obsahuje cenné informace s klinickým významem, ale většina těchto informací se nevyužívá kvůli nedostatku účinných metod k jeho hodnocení (Chen et al., 2016, s. 8). Například novorozenecké záchvaty by mohly být identifikovány a předvíhány sledováním pohybů novorozence (Chen et al., 2016, s. 1).

## **5.8 Klinické škály**

V praxi se využívají k hodnocení motoriky novorozenců také klinické škály.

### **5.8.1 Neurobehavioural Assessment for Preterm Infants (NAPI)**

NAPI bylo vyvinuto k měření progresu neurobehaviorálního vývoje nezralých novorozenců i s ohledem na efekt nastavené terapie. Výhodou této škály je spolehlivost opakovaného testování a málo manipulace s novorozencem. Hodnotí vývoj u předčasně narozených dětí v sedmi doménách, ke kterým patří motorický vývoj a spontánní hybnost, příznak šály

a popliteální úhel k posouzení svalového tonu, bdělost a orientace, iritabilita, kvalita pláče a procentuální hodnota spánku. Tato škála sice slouží k vyšetření motoriky nezralých novorozenců, ale Hyman et al. zjistili, že je možné ji aplikovat i u zralých novorozenců (Hyman et al., 2005, s. 233).

### **5.8.2 Einstein Neonatal Neurobehavioural Assessment Scale (ENNAS)**

Testování ENNAS zahrnuje 22 položek, které hodnotí svalový tonus, primitivní reflexy, reakce na sluchové a zrakové podněty, spontánní pohyby a výskyt třesu. Tato škála byla navržena tak, aby bylo možné ji využít u zralých i nezralých novorozenců. Má velmi dobré psychometrické vlastnosti, slouží k měření integrity nezralého CNS, dokáže rozpoznat, zda je u novorozence nízké nebo vysoké riziko rozvoje patologie mozku (Majnemer a Snider, 2005, s. 69).

### **5.8.3 Neonatal Behavioral Assessment Scale (NBAS)**

NBAS slouží jako užitečný nástroj posouzení rizika vývojových poruch. Položky slouží k odhalení sociálních interakcí a neurovývojových schopností i obtíží novorozence. Popisuje reakce novorozence na extrauterinní prostředí a rozvoj vznikajícího vztahu mezi rodičem a dítětem. Škála obsahuje 28 behaviorálních, 18 reflexních a 9 doplňkových položek, které hodnotí obecné aspekty chování novorozence při vyšetření (Canals et al., 2011, s. 1 332).

## 6 Akcelerometrie

Mezi nejpoužívanější metody pro objektivní hodnocení pohybu jistě můžeme zařadit akcelerometrii. Akcelerometr je snímač zrychlení, který obvykle měří zrychlení těla ve vertikální, anteroposteriorní a mediolaterální rovině. Signál je následně filtrován, usměrňován a integrován, dochází k jeho algoritmické konverzi, která se liší v závislosti na značce a modelu akcelerometru (Trost a O'Neil, 2014, s. 179). Pohyby jsou pak identifikovány jako zpomalení a zrychlení jednotky složené z více segmentů (Ohgi et al., 2007, s. 203). Akcelerometr nám dává cenné informace o pohybu končetin, ale neposkytuje žádné informace o postuře (Rihar et al., 2014, s. 2).

Časná detekce pohybových poruch novorozenců, které se mohou projevit jako DMO, je složitá. Heinze et al. uvádí, že dosud používané technologie nejsou vhodné pro rutinní vyšetření motorických deficitů v pediatrii. Proto je vhodné více zkoumat akcelerometrii, která je jednoduše použitelná, levná a může sloužit k hodnocení pohybu novorozence (Heinze et al., 2010, s. 765).

Akcelerometrie se hojně využívá k posouzení fyzické aktivity lidí se sedavým zaměstnáním, obézních jedinců, osob vyššího věku, sportovců a dále dětí starších tří let, ale používání této metody u novorozenců, kojenců a batolat není příliš časté (Kwon et al., 2019, s. 1). Akcelerometry jsou neinvazivní, nevyžadují manipulaci během měření a byly použity pro kvantifikaci pohybu u různých věkových skupin (Ohgi et al., 2007, s. 205).

V posledních letech se prudce rozvíjí nositelná zařízení a senzory, jako jsou akcelerometry, gyroskopy, elektronické textilie a také aktuátory. Aktuátory převádí signál ze senzoru na pohyb a tím mohou usnadnit rodičům některé činnosti v rámci péče o novorozence. Monitorování pohybu se stává snazším a populárnějším i díky výraznému pokroku v užívání bezdrátové komunikace (Zhu et al., 2015, s. 3 722–3 723).

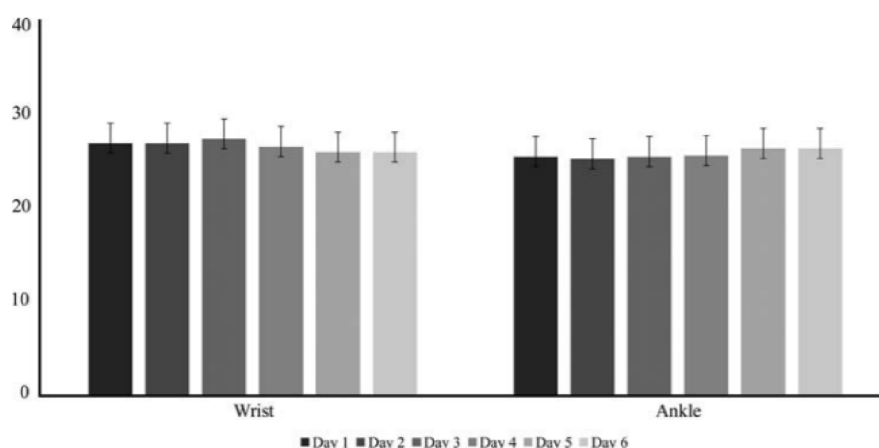
Využití akcelerometru k hodnocení fyzické aktivity je považováno za objektivní a poměrně přesné. Jednoosé akcelerometry nejsou vhodné k hodnocení aktivit, které nezahrnují chůzi. Tříosé akcelerometry mohou měřit pohyb ve třech rovinách, což z nich dělá vhodnější a přesnější zařízení pro hodnocení pohybu (Kelly et al., 2013, s. 4–7).

S pokrokem nositelnosti senzorů včetně jejich miniaturizace, širšímu využití mikrotechnologií, nanotechnologií a elektronické textilie je nyní možné sbírat, ukládat a zpracovávat data o pohybech novorozenců efektivněji, pohodlněji a nerušivě (Chen et al., 2016, s. 1).

## 6.1 Umístění akcelerometru

Rozpoznat spontánní aktivitu novorozenců je možné pomocí analýzy dat z akcelerometru, který je připevněn k některé části těla (Jun a Choi, 2020, s. 2). Doposud neexistují konkrétní metodická doporučení, jak provádět měření akcelerometrem u novorozenců, což významně limituje studie. Akcelerometry je možné připevnit na kotník nebo na zápěstí pomocí elastické pásky doplněné malou plastovou přezkou (Pitchford et al., 2017, s. 423–426).

Akcelerometr umístěný na zápěstí kojenci dobře tolerují, i jejich rodiče považují toto místo za přijatelné, ale umístění na kotníku nebylo z pohledu rodičů dobře přijímáno jejich dítětem. Ricardo et al. hodnotili denní průměr zrychlení pomocí dat získaných z akcelerometru na zápěstí a na kotníku (viz Obrázek 4, s. 30), (Ricardo et al., 2018, s. 1 091). Akcelerometr je také možné umístit v blízkosti kyčle (Trost a O'Neil, 2014, s. 179), na distální femur a bérec i středonoží (Fry, Chen a Howard, 2018, s. 5 768), na processus xiphoideus (Redd et al., 2019, s. 7 135), na čelo (Hayes et al., 2010, s. 875).



**Obrázek 4** Denní průměr zrychlení dle umístění akcelerometru na zápěstí a na kotníku (Ricardo et al., 2018, s. 1 087).

## 6.2 Přínos akcelerometrie

Potenciál akcelerometrie aplikované na novorozencích může být spatřován v získání informací o jejich pohybové činnosti pro zlepšení bezpečnosti a zdraví novorozenců, když nemohou verbálně komunikovat (Jun a Choi, 2020, s. 1). Riziko náhlého úmrtí novorozenců je možné snížit monitorováním spánku novorozence pomocí tříosého akcelerometru (Magana-Espinoza, 2014, s. 7 101).

Bilaterální akcelerometrie aplikovaná na končetinách může pomoci sledovat motorický vývoj a také rozlišit i jemná asymetrická postižení způsobená vlivem DMO. Proto má velký potenciál ve screeningu rizikové populace předčasně narozených dětí. Výhodou je následně

snadná vizualizace a interpretace výsledků k odhalení dětí, které používají atypické motorické vzory (Hoyt et al., 2019, s. 9–10). Akcelerometrie by mohla pomoci detekovat asymetrie i v motorických vzorech novorozenců. Vzhledem k tomu, že se moderní technologie stále více stávají součástí každodenního života, nabízí se možnost využití akcelerometrie k měření pohybového chování dítěte v jeho běžném prostředí ve spolupráci s jeho rodiči (Trost a O'Neil, 2014, s. 178).

Piccini et al. prokázali, že pomocí akcelerometru umístěného v úrovni bránice novorozence je možné sledovat pohyby hrudníku, a tudíž dechovou aktivitu, což má velký přínos u nezralých novorozenců, u kterých se může objevovat paradoxní dýchání (Piccini, 2008, s. 5).

### **6.3 Nevýhody akcelerometrie**

Pokud dochází k měření po celý den, je pro rodiče náročné takové měření absolvovat, protože přítomnost akcelerometrů jim komplikuje běžné denní činnosti s dítětem. Přece jen i přes drobné rozměry zařízení v poměru k dětskému tělu je akcelerometr relativně velký (Ricardo et al., 2018, s. 1089).

Odpovědi z kvalitativních rozhovorů prováděných s rodiči poukazyvaly na to, že většina kojenců byla podrážděna při prvním použití akcelerometru, ale při dalších měřeních už jim byl lhostejný, dokonce některé matky uvedly, že dítě usnulo v průběhu měření. To je doporučení, kterému by měla být věnována pozornost při dalších výzkumech, aby dítě mělo dostatek prostoru si na akcelerometr zvyknout před zahájením samotného měření, aby získané výsledky nebyly zkreslené (Ricardo et al., 2018, s. 1090).

### **6.4 Kombinace akcelerometru s gyroskopem**

Akcelerometr je vhodné doplnit gyroskopem, abychom získali přesné znalosti o úhlovém pohybu horních i dolních končetin. Pro získání validnějších výsledků se proto využívají akcelerometry s gyroskopy, aby vytvořily IMU. Když jsou senzory vhodně kombinovány, splňují požadavky na fúzi dat (Cui, 2014, s. 4). Akcelerometry i gyroskopy řadíme mezi nejdůležitější senzory pro kinematickou analýzu, kdy akcelerometr měří zrychlení a gyroskop úhlové zrychlení (Chen et al., 2016, s. 7).

Whitehead et al. využili kombinaci tříosého akcelerometru a gyroskopu pro monitoring pohybové aktivity novorozenců, kdy jednoho novorozence měřili 2 až 4 hodiny, a zjistili, že pohyb u novorozenců se dle výsledků vyskytuje v hodinových cyklech s periodami spánku a bdění (Whitehead et al., 2020, s. 194).

Pro nízké pořizovací náklady akcelerometru i gyroskopu jsou v poslední době častěji využívány k analýze pohybu dětí různého věku (Chen et al., 2016, s. 7). Tuto kombinaci je také možné doplnit o magnetometr a videozáznam, aby bylo možné ještě lépe a přesněji kvantifikovat pohyb (Cahill-Rowley a Rose, 2018, s. 17).

## **6.5 Variabilita a komplexita pohybu**

Pohyb novorozenců je možné kvantifikovat pomocí efektivní hodnoty neboli kvadratického průměru, případně je také uváděna jako střední kvadratická hodnota (root mean square – RMS) a přibližné entropie (approximate entropy – ApEN). Kombinace lineární a nelineární metody analýzy pohybu nám poskytuje vzájemně se doplňující informace o pohybu novorozenců (Dusing et al., 2009, s. 1 360).

### **6.5.1 Variabilita**

Pomocí RMS, lineární míry střední kvadratické hodnoty, můžeme pohyb kvantifikovat a popsat tak variabilitu pohybu. Lineární hodnocení se sice běžně používají k popisu pohybu a posturální kontroly, ale nemohou kvantifikovat opakovatelnost úseku pohybu nebo vzoru posturálních výchylek (Dusing, Thacker et al., 2012, s. 406). Nepopisují složitost ani způsob změny zrychlení pohybu. Variabilita popisuje velikost změny zrychlení kolem střední hodnoty (Stergiou a Decker, 2011, s. 876).

RMS je statistická hodnota měřící velikost měnící se veličiny. V případě využití akcelerometrie tento parametr představuje statistickou míru velikosti zrychlení. RMS je vhodná pro zkoumání pohybu v různých podmínkách, vyšší hodnota RMS znamená vyšší míru změny rychlosti pohybu. Její fyzikální význam je jasný a výpočet celkem snadný, proto se často používá se výzkumech i v klinické praxi (Sekine et al., 2013, s. 2–3).

Pohyb je vhodné posuzovat dohromady pomocí variability RMS a entropie ApEN, které společně hodnotí míru rozmanitosti pohybu a složitost řízení posturální kontroly (Dusing et al., 2014, s. 149).

### **6.5.2 Komplexita neboli entropie**

Posturální složitost je lepší kvantifikovat pomocí přibližné entropie ApEN, protože dokáže vyjádřit opakovatelnost, pravidelnost a předvídatelnost pohybu v čase (Stergiou a Decker, 2011, s. 871). Entropii můžeme označit jako komplexitu, která udává, jak je komplexní a opakující se pohyb jedince. Je vhodným měřítkem pro posouzení řízení posturální kontroly (Dusing and Harbourne, 2010, s. 1842).

Jedná se o nelineární míru, která nabývá hodnot od 0 do 2, kdy 0 značí pravidelné opakování pohybu jako na sinusoidě, a 2 znamená, že nebyla zjištěna žádná pravidelnost



a pohyb vypadá jako zcela náhodný (Stergiou a Decker, 2011, s. 871). Čím blíže je tedy hodnota entropie 0, tím je pohyb stereotypnější a méně komplexní, naopak vyšší hodnoty představují nepravidelnost a složitost pohybu. Optimální je střední hodnota entropie, která značí střední složitost, kdy pohyb není jednoduchý a zcela repetitivní, ani není velmi složitý a úplně chaotický (Dusing, Thacker a Galloway, 2016, s. 50).

Entropie pohybu by mohla mít významný vliv na PMV. Kojenci s poraněním mozku se motoricky projevují buď velkou posturální složitostí s velmi chaotickými pohyby nebo stereotypně opakujícími se pohybovými vzory, které mohou ovlivnit jejich PMV (Dusing et al., 2014, s. 153). Entropie a jiné nelineární nástroje se využívají stále více k popisu složitých dějů jako je i pohyb člověka, protože lineární techniky nemusí být dostatečně vhodné, a dokonce mohou být vědecky matoucí (Dusing et al., 2009, s. 1 356–1 357).

## 7 Cíle a hypotézy

Byl stanoven hlavní cíl, 2 dílčí cíle výzkumu, 5 výzkumných otázek a celkem 16 hypotéz.

### 7.1 Cíle diplomové práce

Hlavním cílem této práce je ověření použití akcelerometrů u novorozenců narozených v termínu. Získaná data by mohla sloužit jako referenční hodnoty pro hodnocení spontánní motoriky rizikových novorozenců v klinické praxi.

Dílčím cílem studie je ověření použitelnosti stejné metodiky i u předčasně narozených novorozenců a tyto dvě skupiny novorozenců mezi sebou porovnat. Dalším dílčím cílem bylo zjistit možné korelace mezi gestačním věkem a variabilitou pohybu, mezi hmotností a variabilitou pohybu.

### 7.2 Hypotézy a výzkumné otázky

Pro experiment bylo stanoveno následujících 5 výzkumných otázek, ke kterým byly vytvořeny jednotlivé hypotézy:

#### 1. výzkumná otázka: Existuje rozdíl ve variabilitě pohybu mezi zralými a nezralými novorozenci?

H<sub>01</sub>: Neexistuje rozdíl mezi zralými a nezralými novorozenci ve variabilitě pohybu DKK.

H<sub>A1</sub>: Existuje rozdíl mezi zralými a nezralými novorozenci ve variabilitě pohybu DKK.

H<sub>02</sub>: Neexistuje rozdíl mezi zralými a nezralými novorozenci ve variabilitě pohybu pánve.

H<sub>A2</sub>: Existuje rozdíl mezi zralými a nezralými novorozenci ve variabilitě pohybu pánve.

#### 2. výzkumná otázka: Liší se variabilita pohybu v 1. a 2. polovině záznamu?

H<sub>03</sub>: Neexistuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu DKK zralých novorozenců.

H<sub>A3</sub>: Existuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu DKK zralých novorozenců.

H<sub>04</sub>: Neexistuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu pánve zralých novorozenců.

H<sub>A4</sub>: Existuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu pánve zralých novorozenců.

H<sub>05</sub>: Neexistuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu DKK nezralých novorozenců.

H<sub>A5</sub>: Existuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu DKK nezralých novorozenců.

H<sub>06</sub>: Neexistuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu pánve nezralých novorozenců.

H<sub>A6</sub>: Existuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu pánve nezralých novorozenců.

### **3. výzkumná otázka: Existuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK?**

H<sub>07</sub>: Neexistuje rozdíl mezi celkovou variabilitou pohybu LDK a PDK u zralých novorozenců.

H<sub>A7</sub>: Existuje rozdíl mezi celkovou variabilitou pohybu LDK a PDK u zralých novorozenců.

H<sub>08</sub>: Neexistuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u nezralých novorozenců.

H<sub>A8</sub>: Existuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u nezralých novorozenců.

H<sub>09</sub>: Neexistuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u zralých novorozenců v 1. polovině záznamu.

H<sub>A9</sub>: Existuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u zralých novorozenců v 1. polovině záznamu.

H<sub>010</sub>: Neexistuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u nezralých novorozenců v 1. polovině záznamu.

H<sub>A10</sub>: Existuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u nezralých novorozenců v 1. polovině záznamu.

H<sub>011</sub>: Neexistuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u zralých novorozenců v 2. polovině záznamu.

H<sub>A11</sub>: Existuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u zralých novorozenců v 2. polovině záznamu.

H<sub>012</sub>: Neexistuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u nezralých novorozenců v 2. polovině záznamu.

H<sub>A12</sub>: Existuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u nezralých novorozenců v 2. polovině záznamu.

### **4. výzkumná otázka: Existuje korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu?**

H<sub>013</sub>: Neexistuje korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu DKK.

H<sub>A13</sub>: Existuje korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu DKK.

H<sub>014</sub>: Neexistuje korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu pánve.

H<sub>A14</sub>: Existuje korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu pánve.

**5. výzkumná otázka: Existuje korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu?**

H<sub>015</sub>: Neexistuje korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu DKK.

H<sub>A15</sub>: Existuje korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu DKK.

H<sub>016</sub>: Neexistuje korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu pánve.

H<sub>A16</sub>: Existuje korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu pánve.

## 8 Metodika výzkumu

Výzkumná část diplomové práce byla realizována na Novorozeneckém oddělení FNOL v období od ledna 2022 do března 2023.

Při zařazení novorozence do studie byla jeho osobní data uchovávána s plnou ochranou důvěrnosti dle platné legislativy České republiky. Byly plně respektovány rasové a etnické aspekty.

Projekt výzkumné práce byl schválen Etickou komisí Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci (FTK UP) dne 8. 1. 2021 a Etickou komisí Fakulty zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci (FZV UP) dne 11. 1. 2022.

### 8.1 Charakteristika zkoumaného souboru

Celkem 33 matek souhlasilo se zařazením svého dítěte do výzkumné skupiny. Jednalo se tedy o 33 novorozenců, kdy 21 bylo zralých neboli fyziologických a 12 nezralých novorozenců (viz Tabulka 1, s. 37). Před zahájením sběru dat byl matkou novorozence podepsán informovaný souhlas uvedený v Příloha 1 (s. 94) poskytovaný zákonnému zástupci novorozence včetně písemné informace o výzkumu (Hoyt, 2019, s. 3). Bylo nutné srozumitelně vysvětlit matkám princip měření pomocí akcelerometrie a doplnit, že měření je opravdu neinvazivní, šetrné a využívá se k měření novorozenců mezinárodně, abychom matky ubezpečili, že jejich dítěti nic nehrozí.

S některými matkami byl také podepsán Souhlas zákonného zástupce s pořízením videodokumentace a fotodokumentace uvedený v Příloha 2, (s. 96). Jednalo se pouze o doplňující souhlas, novorozence bylo možné zařadit do výzkumu, i když jeho zákonný zástupce tento doplňující souhlas nepodepsal, jen nebylo možné pořizovat fotografie a videa měřeného jedince.

Veškerou manipulaci s dítětem prováděl vždy fyzioterapeut pracující na Novorozeneckém oddělení FNOL, případně se účastnila i matka dítěte.

**Tabulka 1** Přehled zkoumaného souboru

	Zralí novorozenci	Nezralí novorozenci
Dívky	10	5
Chlapci	11	7
<b>Celkem</b>	<b>21</b>	<b>12</b>

### 8.1.1 Charakteristika skupiny zralých novorozenců

Skupina fyziologických novorozenců byla poměrně homogenní. Porodní hmotnost novorozenců se pohybovala v rozmezí 2 830 g až 4 050 g (viz Tabulka 2, s. 38), což byla hmotnost jediného novorozence, který byl při porodu hypertrofický, tedy jako jediný měl hmotnost vyšší než 4 000 g, což nemůžeme považovat za výraznou míru hypertrofie.

Nejnižší gestační věk při narození byl 37. týden a 5 dnů, nejvyšší 40. týden a 6 dnů (viz Tabulka 3, s. 38). Nejedná se o toho jediného hypertrofického novorozence, ten byl narozen v 40. týdnu a 2. dnu.

14 novorozenců bylo porozeno spontánně záhlavím, zbylých 7 císařským řezem (sectio caesarea) z různých indikací jako byla poloha plodu koncem pánevním, stav po předchozí sekci, ohrožení plodu nedostatkem kyslíku. Poporodní adaptace u všech proběhla bez problémů, jen 1 novorozenec byl po vybavení cyanotický s tepovou frekvencí 120 tepů za minutu. Apgar skóre měli po 1., 5. i 10. minutě vždy o hodnotě 8 a vyšší, tudíž se jednalo o vitální novorozence bez problému s poporodní adaptací a bez porodní asfyxie.

**Tabulka 2** Hmotnosti zralých novorozenců při narození a měření

Statistický ukazatel (g)	Narození	Měření
Aritmetický průměr	3 301	3 104
Střední hodnota	3 301	3 104
Medián	3 270	3 100
Modus	3 380	3 100
Minimum	2 830	2 550
Maximum	4 050	3 980

**Tabulka 3** Gestační věk zralých novorozenců při narození a měření

Statistický ukazatel (tt)	Narození	Měření
Aritmetický průměr	39,4	39,8
Střední hodnota	39,4	39,8
Medián	39,7	40
Modus	39,7	40,6
Minimum	37,7	38,1
Maximum	40,9	41,3

### 8.1.2 Charakteristika skupiny nezralých novorozenců

Skupina nezralých novorozenců již tolik homogenní nebyla, naopak byly zde velmi rozmanité porodní hmotnosti od 830 g až po 2 554 g (viz Tabulka 4, s. 39). 5 novorozenců bylo porozeno

spontánně záhlavím, zbylých 7 bylo vybaveno sekci, konkrétně 5 kvůli preeklampsii matky, u 1 byla indikovaná sekce pro patologické uložení placenty, placenta praevia centralis, 1 byl vybaven císařským řezem pro počínající děložní činnost v 35. týdnu gestace.

Také zde byly velké rozdíly v gestačním věku při porodu, který se pohyboval mezi 28. týdnem s 2 dny a 36. týdnem s 2 dny gestace (viz Tabulka 5, s. 39). S tím souvisí potřebná délka hospitalizace ve FNOL ke stabilizaci stavu, kdy 1 novorozenec byl propuštěn již 4. den po narození, další 2 novorozenci s nižším stupněm nezralosti byli propuštěni kolem 10. dne života, ale ostatní novorozenci zde strávili minimálně 22 dní, maximálně 53. Právě 53 dní hospitalizace bylo nutné pro novorozence s porodní hmotností 830 g. Novorozenec, který vážil při porodu 2 554 g, byl propuštěn domů 4. den, jako by byl fyziologický.

**Tabulka 4** Hmotnosti nezralých novorozenců při narození a měření

Statistický ukazatel (g)	Narození	Měření
Aritmetický průměr	1 826	2 217
Střední hodnota	1 826	2 217
Medián	1 695	2 195
Modus	1 440	-
Minimum	830	1 680
Maximum	2 554	2 650

**Tabulka 5** Gestační věk nezralých novorozenců při narození a měření

Statistický ukazatel (tt)	Narození	Měření
Aritmetický průměr	32,7	36
Střední hodnota	32,7	36
Medián	33,4	36,2
Modus	-	35,7
Minimum	28,3	33,3
Maximum	36,3	37,9

Poporodní adaptace byla opět velmi odlišná, kdy některé novorozence po získání vysokého Apgar skóre stačilo umístit do inkubátoru, 4 novorozenci dokonce měli skóre 10-10-10. Jiní potřebovali 5 inflačních vdechů a intenzivní péči hned po porodu. Skóre podle Apgarové po 1. a 5. minutě měli novorozenci různé, ale po 10. minutě většina dosáhla skóre 10, jen dva získali 9.

### **8.1.3 Kritéria pro zařazení**

Kritéria pro zařazení do výzkumu se lišila pro zralé a nezralé novorozence. Aby mohl být fyziologický novorozenec zařazen do studie, musel se narodit ve věku od začátku 38. do 42. týdne gestace a také musel být kardiorepiračně stabilní (Kobesová a Kolář, 2014, s. 28). Věk dítěte ve chvíli měření byl alespoň 48 hodin od narození, případně 72 hodin po porodu císařským řezem. Účast novorozence musela být schválena ošetřujícím lékařem. Ošetřující lékař potvrdil kardiorepirační stabilitu novorozence a souhlasil s vyšetřením dítěte pro vědecké účely. Všichni zralí novorozenci byli narozeni ve FNOL a měření proběhlo za jejich hospitalizace.

Nezralý novorozenec mohl být různého stupně nezralosti, ale vždy byl narozen před ukončeným 37. týdnem gestace. Musel být taktéž kardiorepiračně stabilní a doporučen k výzkumu ošetřujícím lékařem, který potvrdil kardiorepirační stabilitu vyšetřovaného a souhlasil s vyšetřením novorozence. Měření proběhlo za hospitalizace ve FNOL.

### **8.1.4 Kritéria vylučující zařazení**

Do výzkumu nemohl být zařazen novorozenec bez schválení ošetřujícího dětského lékaře a bez souhlasu svého zákonného zástupce, jehož souhlas musel být stvrzen podpisem informovaného souhlasu. Dále se nemohl účastnit kardiorepiračně nestabilní novorozenec nebo ve věku mladším, než je 48 hodin v případě vaginálního porodu, případně mladším 72 hodin v případě porodu císařským řezem. Zařazeno by nebylo ani dítě s defekty kůže, které by bránily upevnění akcelerometrů (Fan et al., 2012, s. 413). Pokud dítě plakalo v průběhu měření, mohlo být měření přerušeno nebo ukončeno dle přání rodiče.

Novorozenci nebyli vyloučeni na základě nízké porodní hmotnosti, neurologického vyšetření, UZ mozku, dřívějších respiračních komplikací, protože dílčím cílem studie bylo zahrnout i rizikové novorozence.

## **8.2 Přesný popis průběhu měření**

Novorozenec byl nejprve položen na jednorázovou plenu do supinační polohy (Ohgi et al., 2005, s. 203). Ležel na zádech na polstrované podložce po celou dobu měření včetně nasazování a sundávání akcelerometrů (Fry, Chen a Howard, 2018, s. 5 768). Poté byl svlečen do jedné vrstvy oblečení, zpravidla do „body“ bez nohavic, pro větší komfort dítěte nebylo nutné svlékat body úplně, stačilo vyhrnout nad úroveň horního okraje pleny. Pro minimalizaci ztrát tepla a zajištění tepelného komfortu byl novorozenec po celou dobu pod teplometem, který zajistil vhodnou teplotu okolního prostředí.



K měření byly používány akcelerometry typu Axivity Ax6, které obsahují nejnovější šestiosý pohybový senzor, orientace a umístění zůstává stejná jako u Axivity Ax3, aby byly maximálně kompatibilní (Axivity, 2019, s. 1). Dva akcelerometry byly umístěny do oblasti distálních bérců z laterální strany na obou dolních končetinách (viz Obrázek 5, s. 41) a byly nalepeny na nohu dítěte těsně nad kotníkem (Gima et al., 2011, s. 180). Akcelerometry byly umístěny tak, aby šipka směřovala proximálně (Ricardo et al., 2018, s. 1 084). Byly přilepeny pomocí oboustranné zdravotnické nezávadné lepicí pásky (firma 3M) a připevněny pomocí samodržících fixačních pásek obinadla Peha-haft o šířce 4 cm a délce cca 10 cm, záleží na obvodu bérce novorozence. Výhodou těchto materiálů je, že nedráždí kůži novorozence a jsou snadno aplikovatelné.



**Obrázek 5** Bilaterální umístění akcelerometrů na laterální straně distálních bérců

Třetí akcelerometr byl umístěn pomocí oboustranné lepicí pásky na břicho pod umbilicus po odhrnutí plenky (viz Obrázek 6, s. 42), šipka na akcelerometru by měla směřovat od levého kyčelního kloubu k pravému. Tento akcelerometr nám díky své pozici poskytuje informace o pohybech pánve novorozence.

Ujistili jsme se, že dítě nepláče ani nespí, v bdělém stavu je dítě energičtější, pohybuje se aktivněji a častěji, navíc pohyb končetin bývá doprovázen pohybem očí, případně

i vokalizací (Gima et al., 2011, s. 180). Nastavili jsme časomíru na hodinkách na 5 minut a zapsali jsme čas, kdy bylo měření zahájeno (Pitchword et al., 2017, s. 423).



**Obrázek 6** Umístění akcelerometru pod umbilicem

Pro následné zpracování dat je nutné si zaznamenat, kam byl umístěn konkrétní akcelerometr, k tomu je možné využít poslední tři čísla z jeho označení, například PDK - 247. Akcelerometr typu Axivity Ax6 s označením z příkladu uvádíme zde (viz Obrázek 7, s. 42).



**Obrázek 7** Akcelerometr typu Axivity Ax6

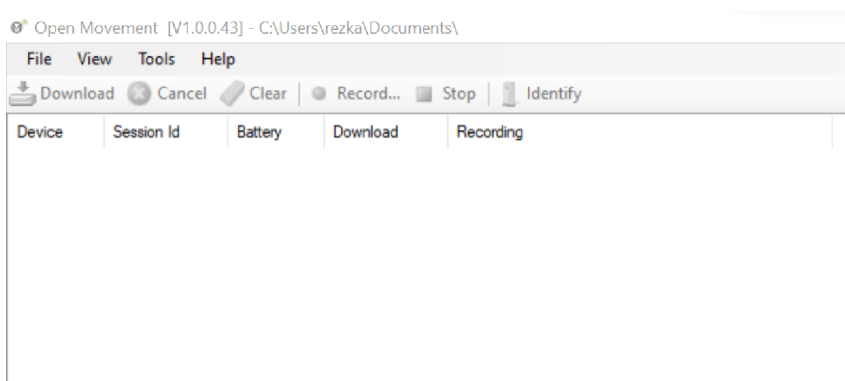
Po ukončení měření byly pásky šetrně odstraněny a následně byla sledována reakce kůže, nejčastěji vše proběhlo bez viditelné reakce, někdy se objevilo lehké zarudnutí. Akcelerometry

byly po každém měření dezinfikovány, abychom zabránili přenosu potenciální infekce a připravili je na další měření.

## 8.3 Přesný popis měřicích metod

### 8.3.1 Akcelerometrie

K měření byly používány akcelerometry typu Axivity Ax6, v centru akcelerometru se nachází šestiosý pohybový senzor a paměťový čip. Jsou vhodné pro kineziologické výzkumy, výzkumy ve sportovním prostředí i pro rozpoznání aktivity (Axivity, 2019, s. 2). Na každé měření bylo potřeba mít k dispozici 3 akcelerometry, které musí být před měřením nabity pomocí adaptéru, poté nastaveny v programu OmGui (verze 1.0.0.43, Open Movement, Newcastle, UK), (viz Obrázek 8, s. 43). Po připojení akcelerometrů a otevření programu, musí být vybrána možnost „Clear“ k odstranění dat z předchozích měření, poté vybrána možnost „Record interval“, dále nastavena frekvence měření akcelerometrem na hodnotu 100 Hz (Heinze et al., 2010, s. 765), gyroskopem na 1000 Hz a časový úsek, ve kterém chceme měřit, například od 9:20 do 9:40, přestože budeme měřit pouze 5 minut. Pro jistotu doporučujeme využít časové rozpětí 20 minut, aby byl dostatečný prostor pro přípravu měření a dostatek času vyřešit případné komplikace.



**Obrázek 8** Ukázka z programu OmGui

Každé vyšetření trvalo 5 minut a bylo realizováno pouze jednou v průběhu dne v čase mezi 7:00 až 16:00, a to minimálně hodinu po krmení. Pláč byl impulzem k přerušení měření pokračovalo se až po zklidnění dítěte rodičem. Rodič směl kdykoliv ukončit měření bez udání důvodu, mohl také z výzkumu odstoupit i po ukončení samotného měření, když kontaktoval řešitele projektu a tuto skutečnost mu oznámil. Tato možnost nebyla rodiči využita.

### 8.3.2 Klinické metody měření

Klinické měření zahrnovalo odběr a shromažďování anamnestických dat. Získaná anamnestická data měřených novorozenců byla zanesena do dvou tabulek. První tabulka byla určena pro zralé novorozence, byla zde uvedena hmotnost při narození, měření a propuštění,

gestační věk při narození, měření i propuštění, způsob porodu, skóre podle Apgarové, průběh poporodní adaptace, forma krmení a pro přehlednost také datum narození a měření. Tabulka pro nezralé novorozence zahrnovala všechny výše uvedené údaje, navíc byla doplněna o porodní délku a délku při propuštění, ultrazvukové vyšetření mozku a případně neurologické vyšetření, pokud bylo provedeno.

#### **8.4 Zpracování dat**

Ze softwaru akcelerometrů Axivity byla vyexportována hrubá data pro výpočet střední kvadratické hodnoty (RMS). Data byla zpracována v softwaru Matlab (R2020a, MathWorks, Inc., Natick, MA, USA). Tato hrubá data byla nejdříve filtrována pomocí lowpass Butterworth filtru 3. řádu s hraniční frekvencí 20 Hz. Před výpočtem RMS byla od každého datového bodu odpočítána průměrná hodnota z celého záznamu pomocí operace remove mean. Poté už byla vypočítána hodnota RMS pro celý záznam, pak zvlášť pro 1. a 2. polovinu záznamu.

#### **8.5 Metody statistického hodnocení**

Data byla hodnocena v programu Statistica (verze 12, Tibco software, Palo Alto, USA). Nejdříve byla ověřena normalita rozložení dat pomocí testu Kolmogorov Smirnov. Data měla normální rozložení. Pro porovnání skupin zralých a nezralých novorozenců byl použit nepárový t-test. Porovnání parametrů v první a druhé polovině záznamu a porovnání hodnot na PDK a LDK bylo provedeno pomocí párového t-testu. Korelace byly posouzeny pomocí Pearsonova korelačního koeficientu.

K popisu zkoumaných skupin novorozenců pomocí popisné statistiky byl využit Microsoft Excel (verze 2208, Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA).

## 9 Výsledky

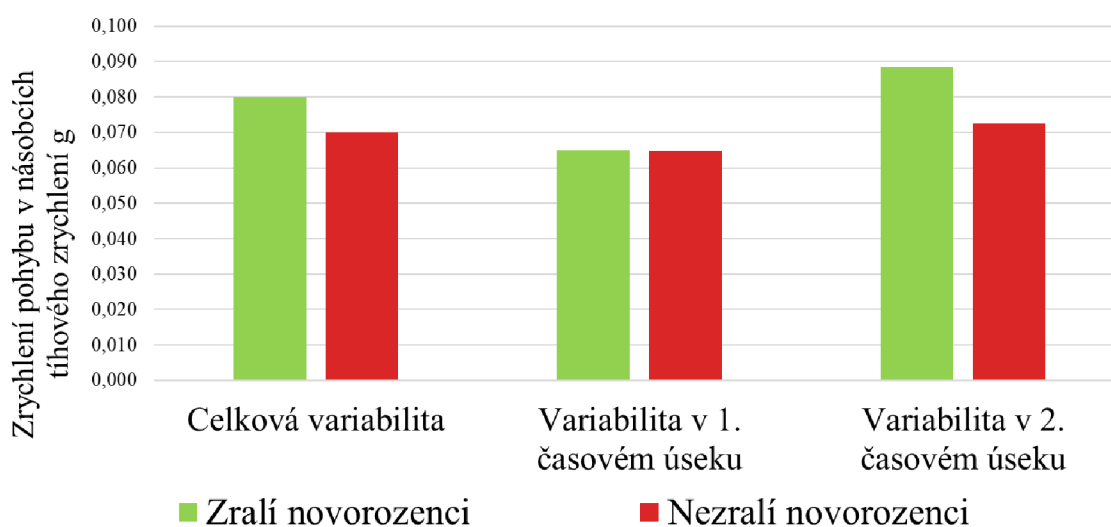
K popisu pohybu novorozenců v této studii byla použita střední kvadratická hodnota (root mean square – RMS) zrychlení, díky které můžeme popsat variabilitu pohybu (Dusing et al., 2009, s. 1 360). Hladinu významnosti testu označujeme jako p hodnotou, kdy  $p = 0,05$ . Výsledky uvádíme rozdělené podle 5 výzkumných otázek a jim odpovídajících hypotéz.

### 1. výzkumná otázka: Existuje rozdíl ve variabilitě pohybu mezi zralými a nezralými novorozenci?

V tabulce (viz Tabulka 6, s. 45) jsou uvedeny průměrné hodnoty variability pohybu DKK u novorozenců, kdy celková průměrná hodnota variability a hodnota v 2. polovině záznamu byla vyšší u zralých novorozenců, v 1. polovině záznamu byla průměrná hodnota stejná. Ale srovnávané výsledky nebyly na zvolené hladině statistické významnosti p významné. Tyto výsledky jsou graficky vyjádřeny na obrázku níže (viz Obrázek 9, s. 45).

**Tabulka 6** Porovnání variability pohybu DKK zralých a nezralých novorozenců

Skupina	Zralí novorozenci (n = 21)		Nezralí novorozenci (n = 12)		Hladina p
	Průměr	Směrodatná odchylka	Průměr	Směrodatná odchylka	
RMS	0,080	0,042	0,070	0,029	0,470
RMS_1	0,065	0,035	0,065	0,024	0,989
RMS_2	0,088	0,056	0,073	0,038	0,394



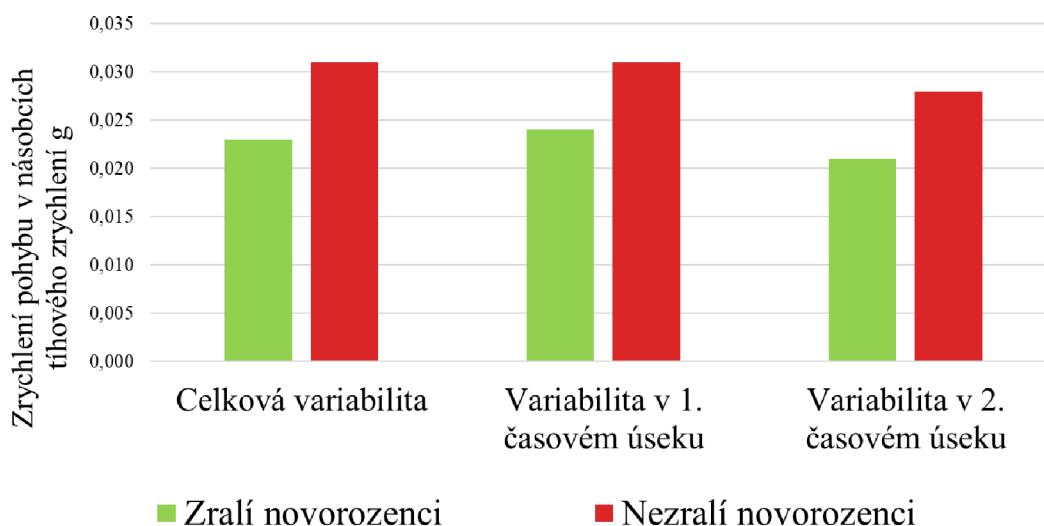
**Obrázek 9** Porovnání variability pohybu DKK zralých a nezralých novorozenců

Hypotézu  $H_{01}$  „*Neexistuje rozdíl mezi zralými a nezralými novorozenci ve variabilitě pohybu dolních končetin.*“ nelze zamítnout. Ačkoli byla celková variabilita pohybu DKK u zralých novorozenců vyšší (viz Obrázek 9, s. 45), nedosahuje hodnota p hladiny statistické významnosti. Alternativní hypotéza  $H_{A1}$  se proto zamítá.

Variabilita pohybu pánve u nezralých novorozenců dosahovala vyšších průměrných hodnot celkově i zvláště v obou polovinách záznamu ve srovnání se zralými novorozenci (viz Tabulka 7, s. 46). Zde je ovšem nutné podotknout, že se jedná o rozdíly řádově v tisícinách, kdy největší rozdíl mezi průměrnými hodnotami je 8 tisícín v případě průměrné variability celého měření (viz Obrázek 10, s. 46), protože pohyb pánve obecně vykazuje menší variabilitu ve srovnání s pohybem DKK.

**Tabulka 7** Porovnání variability pohybu pánve zralých a nezralých novorozenců

Skupina	Zralí novorozenci (n = 21)		Nezralí novorozenci (n = 12)		Hladina p
	Průměr	Směrodatná odchylka	Průměr	Směrodatná odchylka	
RMS	0,023	0,013	0,031	0,020	0,171
RMS_1	0,024	0,018	0,031	0,016	0,241
RMS_2	0,021	0,012	0,028	0,028	0,273



**Obrázek 10** Porovnání variability pohybu pánve zralých a nezralých novorozenců

Hypotézu  $H_{02}$  „*Neexistuje rozdíl mezi zralými a nezralými novorozenci ve variabilitě pohybu pánve.*“ nelze zamítnout, nezralí novorozenci měli navzdory očekávání vyšší variabilitu

pohybu pánve, ale hodnota p nedosahuje hladiny statistické významnosti. Hypotéza  $H_{A2}$  se proto zamítá.

## 2. výzkumná otázka: Liší se variabilita pohybu v 1. a 2. polovině záznamu?

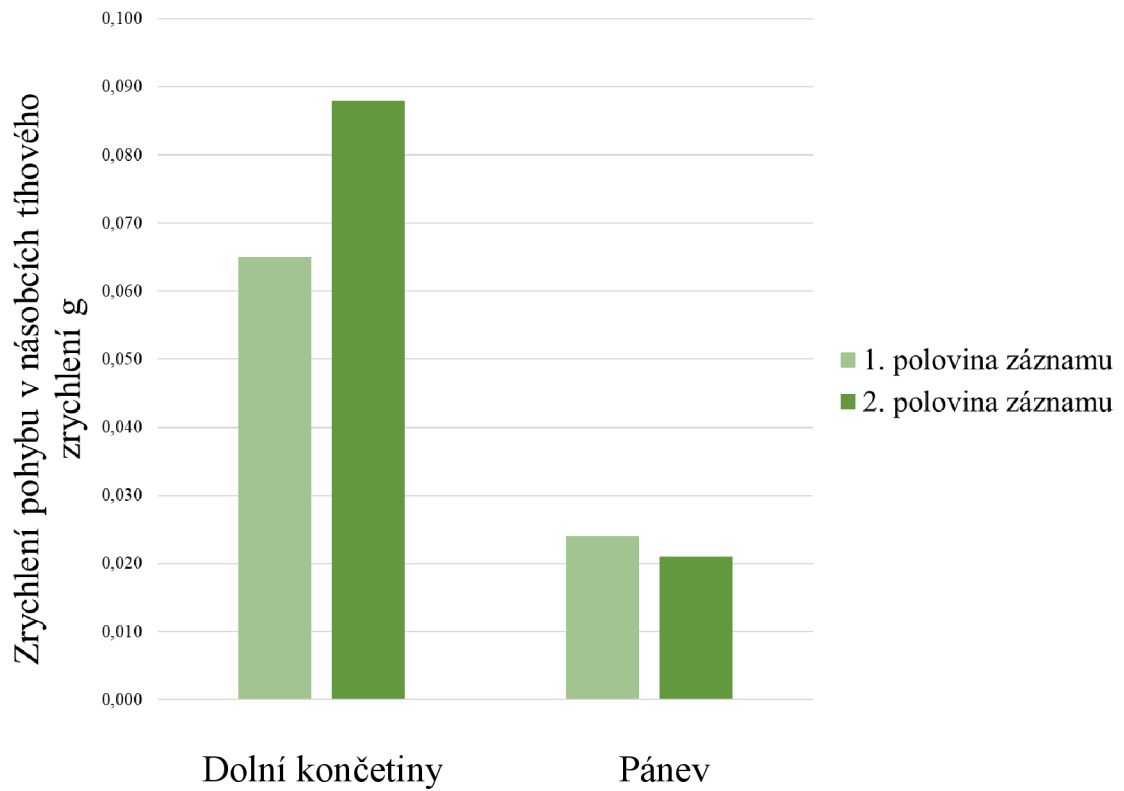
Záznam pohybu byl snímán po dobu 5 minut, ale pro účely statistického zpracování a zjištění, zda se pohyb novorozenců opakuje a zda je potřebné provádět měření víckrát, byl rozdělen na 2 části o délce 2,5 minuty. Průměr variability pohybu zralých i nezralých novorozenců byl v 2. polovině záznamu vyšší v případě DKK, ale nižší pro pohyby pánve (viz Obrázek 11, s. 48, viz Obrázek 12, s. 48). Statisticky významně se projevil vyšší variabilitou jen pohyb DKK v 2. polovině záznamu u zralých novorozenců, proto hodnotu uvádíme červeně (viz Tabulka 8, s. 47).

**Tabulka 8** Porovnání 1. a 2. poloviny záznamu

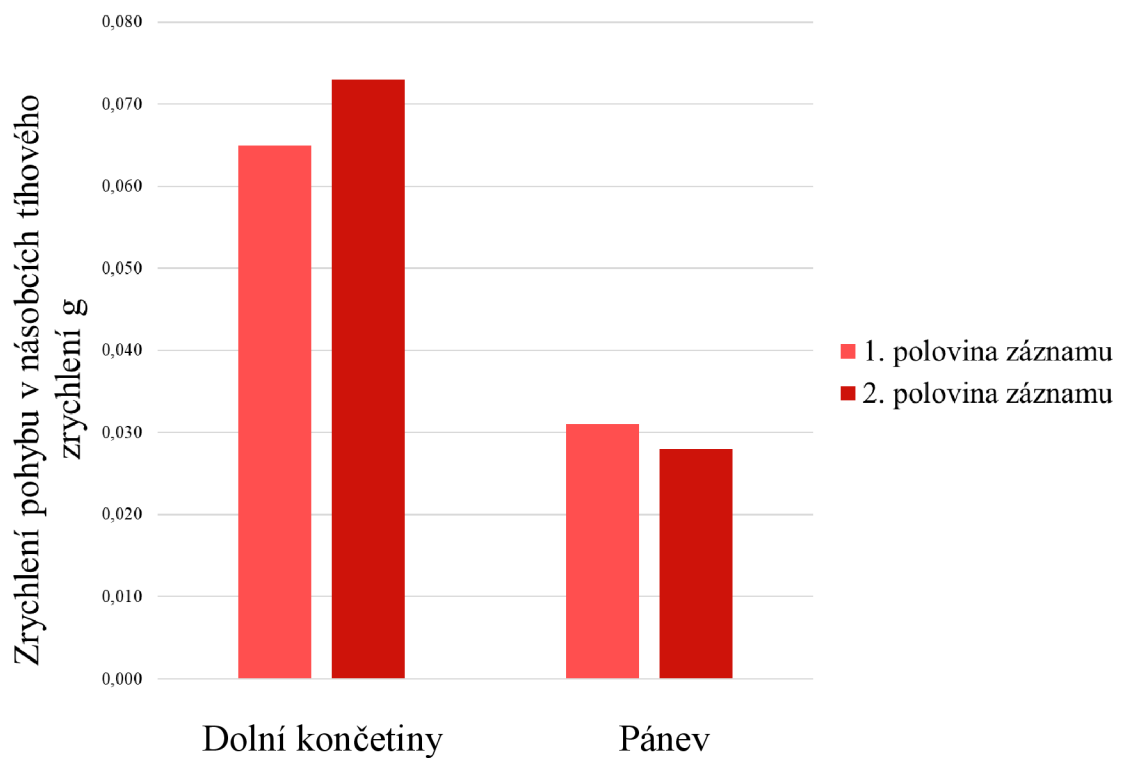
Místo	Skupina	1. polovina		2. polovina		Hladina p
		Průměr	Směrodatná odchylka	Průměr	Směrodatná odchylka	
DKK	Zralí	0,065	0,035	0,088	0,056	0,034
	Nezralí	0,065	0,024	0,073	0,038	0,381
Plena	Zralí	0,024	0,018	0,021	0,012	0,459
	Nezralí	0,031	0,016	0,028	0,028	0,745

Hypotézu  $H_{03}$  „*Neexistuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu DKK zralých novorozenců.*“ musíme zamítnout, protože hladina p dosáhla statistické významnosti. Přijímáme proto hypotézu alternativní  $H_{A3}$  „*Existuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu DKK zralých novorozenců.*“

Hypotézu  $H_{04}$  „*Neexistuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu pánve zralých novorozenců.*“ nelze zamítnout, protože hladina p nedosáhla statistické významnosti. Z toho důvodu zamítáme alternativní hypotézu  $H_{A4}$ .



**Obrázek 11** Porovnání 1. a 2. poloviny záznamu u zralých novorozenců



**Obrázek 12** Porovnání 1. a 2. poloviny záznamu u nezralých novorozenců



Hypotézu  $H_{05}$  „*Neexistuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu DKK nezralých novorozenců.*“ nemůžeme zamítnout, variabilita pohybu DKK byla v obou polovinách záznamu podobná, což bylo potvrzeno i hladinou statistické významnosti  $p$ . Proto zamítáme  $H_{A5}$ .

Podobně hypotézu  $H_{06}$  „*Neexistuje rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu ve variabilitě pohybu pánve nezralých novorozenců.*“ není možné zamítnout z důvodu podobné pohybové variability potvrzené hladinou statistické významnosti  $p$ , proto zamítáme  $H_{A6}$ .

### 3. výzkumná otázka: Existuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK?

Na základě výzkumu Fry, Chen a Howard nepředpokládáme, že by ve skupině zralých ani ve skupině nezralých novorozenců byl rozdíl ve variabilitě pohybu mezi LDK a PDK (Fry, Chen a Howard, 2018, s. 5 769). Hladina  $p$  tuto výzkumnou otázku potvrdila v obou měřených skupinách, jak v celkové variabilitě pohybu, tak ve variabilitě v obou polovinách záznamu (viz Tabulka 9, s. 49).

**Tabulka 9** Porovnání LDK a PDK

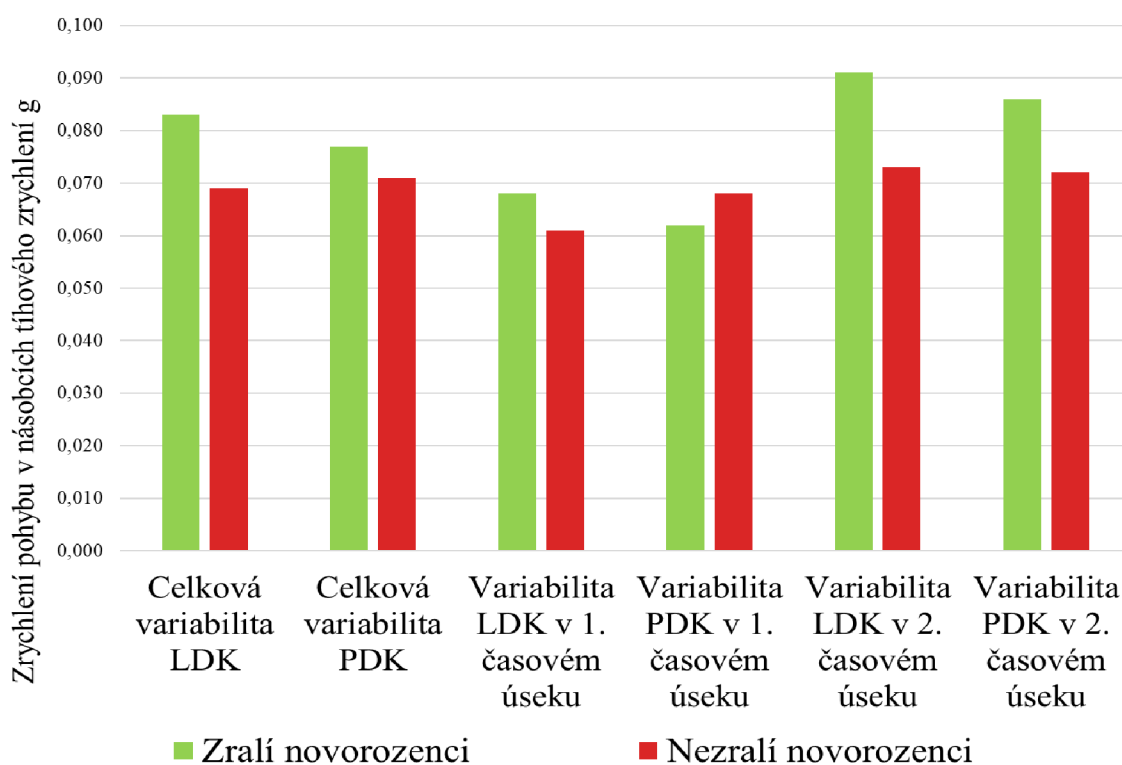
Parametr	Skupina	LDK		PDK		Hladina $p$
		Průměr	Směrodatná odchylka	Průměr	Směrodatná odchylka	
RMS	Donošení	0,083	0,046	0,077	0,044	0,349
	Nedonošení	0,069	0,036	0,071	0,027	0,852
RMS_1	Donošení	0,068	0,039	0,062	0,035	0,282
	Nedonošení	0,061	0,029	0,068	0,025	0,342
RMS_2	Donošení	0,091	0,061	0,086	0,058	0,594
	Nedonošení	0,073	0,048	0,072	0,032	0,854

Hypotézu  $H_{07}$  „*Neexistuje rozdíl mezi celkovou variabilitou pohybu LDK a PDK u zralých novorozenců.*“ není možné zamítnout, proto zamítáme alternativní hypotézu  $H_{A7}$ . Stejně tak zamítáme alternativní hypotézu  $H_{A8}$  a přijímáme nulovou hypotézu  $H_{08}$  „*Neexistuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u nezralých novorozenců.*“

Rozdíl ve variabilitě pohybu LDK a PDK v 1. polovině záznamu dosahoval u zralých novorozenců nejnižší hodnoty  $p$  (viz Tabulka 9, s. 49), ale tato hodnota nebyla statisticky významná na stanovené hladině  $p$ , proto přijímáme nulovou hypotézu  $H_{09}$  „*Neexistuje rozdíl*

mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u zralých novorozenců v 1. polovině záznamu.“ U nezralých novorozenců byla hodnota  $p$  nejnižší také v 1. polovině záznamu, ale ze stejného důvodu musíme přijmout nulovou hypotézu  $H_{010}$  „*Neexistuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u nezralých novorozenců v 1. polovině záznamu.*“ Zamítáme alternativní hypotézy  $H_{A9}$  a  $H_{A10}$ .

V 2. polovině záznamu dosahovala variabilita pohybu obou DKK vyšších hodnot ve srovnání s 1. polovinou záznamu (viz Obrázek 13, s. 50), ale opět nebyl rozdíl ve variabilitě pohybu mezi LDK a PDK statisticky významný. Z toho důvodu nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu  $H_{011}$  „*Neexistuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u zralých novorozenců v 2. polovině záznamu.*“ ani nulovou hypotézu  $H_{012}$  „*Neexistuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK u nezralých novorozenců v 2. polovině záznamu.*“ Proto zamítáme obě alternativní hypotézy  $H_{A11}$  a  $H_{A12}$ .



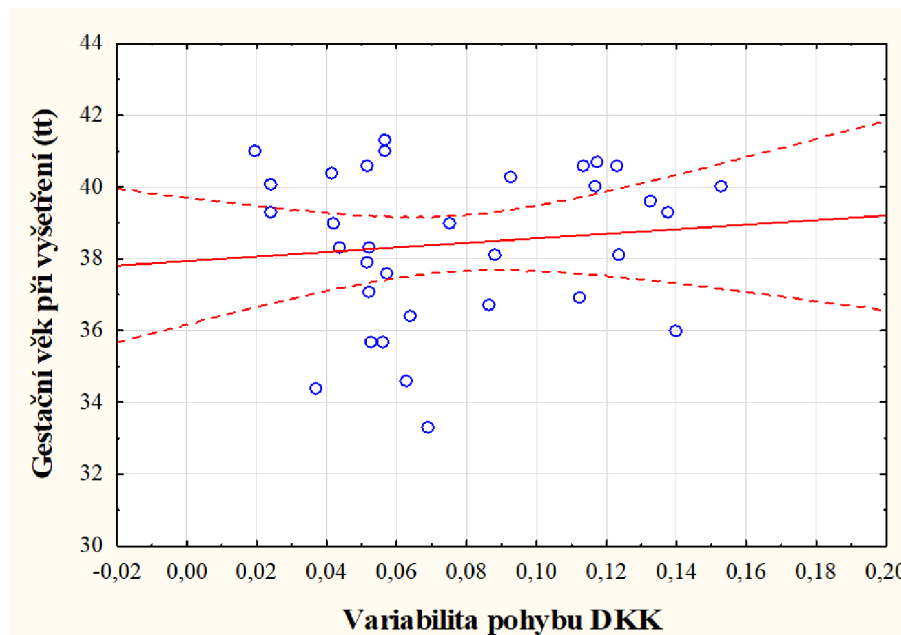
**Obrázek 13** Porovnání variability LDK a PDK

#### 4. výzkumná otázka: Existuje korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu?

Pro stanovení možných korelací jsme nerozdělovali novorozence do skupin na zralé a nezralé, ale nechali jsme je jako jednu skupinu, protože posuzovaná kritéria, gestační věk a hmotnost při měření, jsou údaje, kterými se nezralí novorozenci liší od zralých, případně pokud je jejich

nezralost jen lehká, tak v celém souboru se nebude jednat o extrémní hodnoty jako tomu bylo ve skupině nezralých novorozenců. Pro korelaci byl zvolen gestační věk, konkrétně byl vybrán gestační věk při měření, protože ve chvíli měření je důležitějším ukazatelem než gestační věk při narození.

Hypotézu  $H_{013}$  „*Neexistuje korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu DKK.*“ nelze zamítnout, protože hodnota p nedosahuje hladiny statistické významnosti. Hypotéza  $H_{A13}$  se proto zamítá, korelace zde neexistuje (viz Obrázek 14, s. 51).

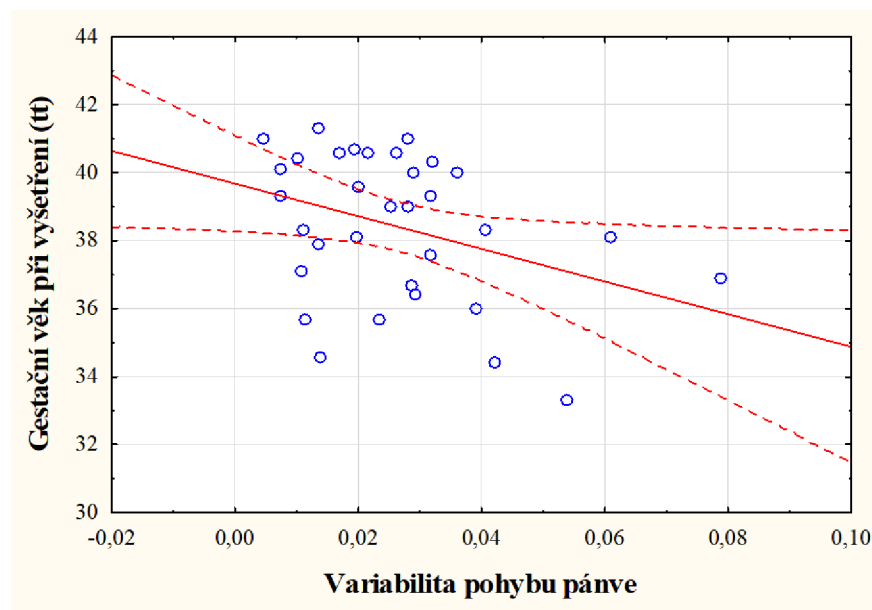


**Obrázek 14** Korelace mezi gestačním věkem a variabilitou pohybu DKK

Hypotézu  $H_{014}$  „*Neexistuje korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu pánve.*“ nelze přijmout, protože byla prokázána korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu pánve (viz Tabulka 10, s. 51) na zvolené hladině statistické významnosti, proto hodnotu uvádíme červeně. Nulovou hypotézu tedy zamítáme a přijímáme alternativní hypotézu  $H_{A14}$  „*Existuje korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu pánve.*“ (viz Obrázek 15, s. 52).

**Tabulka 10** Korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu

Parametr	Korelační koeficient	Hladina p
RMS_DKK	0,11	0,54
RMS_plena	-0,36	0,04



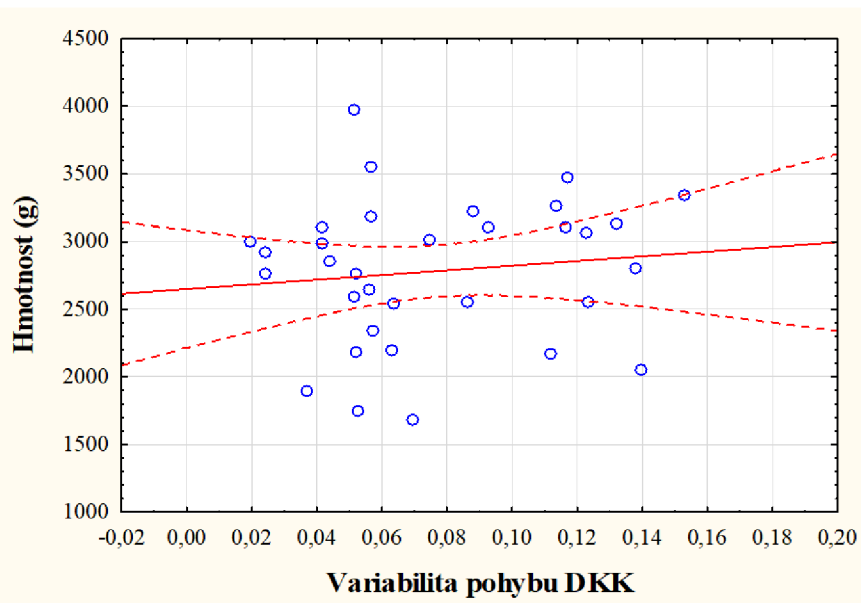
**Obrázek 15** Korelace mezi gestačním věkem a variabilitou pohybu pánve

### 5. výzkumná otázka: Existuje korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu?

Pro korelaci byla zvolena hmotnost novorozenců při vyšetření, protože hmotnost při narození by mohla být zavádějící, jelikož u nezralých novorozenců byla v 8 z 12 případů vyšší než hmotnost při narození, 4 nezralí novorozenci měli hmotnost nižší, což odpovídalo situaci u zralých novorozenců, kdy jejich hmotnost při měření byla nižší než při porodu, protože došlo k fyziologickému úbytku hmotnosti.

Hypotézu  $H_{015}$  „*Neexistuje korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu DKK.*“ nelze zamítnout, protože hodnota  $p$  nedosahuje hladiny statistické významnosti. Hypotéza  $H_{A15}$  se proto zamítá, korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou DKK neexistuje (viz Obrázek 16, s. 53).

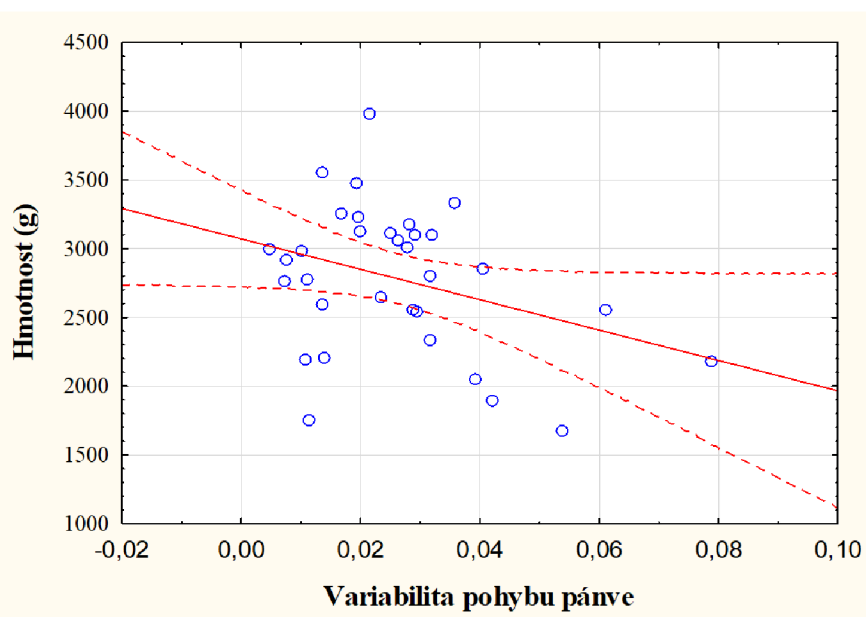
Přestože hodnota statistické významnosti  $p$  (viz Tabulka 11, s. 53) v případě korelace hmotnosti při vyšetření a variability pohybu pánve se velmi blížila zvolené hladině statistické významnosti, proto hodnotu uvádíme modře, nemůžeme hypotézu  $H_{016}$  „*Neexistuje korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu pánve.*“ zamítnout (viz Obrázek 17, s. 53). Tato hypotéza musí být přijata a zamítáme hypotézu  $H_{A16}$  „*Existuje korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu pánve.*“



**Obrázek 16** Korelace mezi hmotností a variabilitou pohybu DKK

**Tabulka 11** Korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu

Parametr	Korelační koeficient	Hladina p
RMS_DKK	0,12	0,49
RMS_plena	-0,33	0,06



**Obrázek 17** Korelace mezi hmotností a variabilitou pohybu pánve

## 10 Diskuze

Diskuze diplomové práce se nejdříve věnuje dosavadní evidenci v oblasti posouzení spontánní motoriky novorozenců a případně kojenců i batolat pomocí akcelerometrů, protože se jedná o relativně nový přístup. Následně jsou diskutovány výsledky výše zmíněného výzkumu, poté popsány limity a možný přínos pro praxi a východiska pro další studie v této oblasti.

### 10.1 Dosavadní evidence využití akcelerometrie u novorozenců

Výzkumy, které využívají akcelerometrii v novorozeneckém věku, se buď zaměřují na monitoring spontánní motoriky nebo vitálních funkcí.

#### 10.1.1 Výzkumy zaměřené na spontánní motoriku

Výzkumy se zabývají vývojem spontánní motoriky novorozenců s cílem pochopit rozvoj motorické koordinace a volných pohybů. Hodnocení kvality pohybu dává vzhled do funkční integrity novorozeneckého CNS. V současné době je nejvíce používaná metoda vizuálního pozorování pohybu, ale do popředí už se dostávají i jiné metody (Gima et al., 2011, s. 179)

Díky zájmu o objektivní hodnocení pohybu je akcelerometrie v biomedicínských výzkumech na vzestupu od 90. let 20. století, i když už od 50. let existovaly akcelerometry k posouzení lidské motoriky, ale ty byly drahé, těžké a nepřesné. Ovšem k využití akcelerometrie u dětí, a ještě k tomu v takto raném věku, došlo výrazně později (Lemoyne et al., 2008, s. 138).

Baker et al. používali tříosý akcelerometr ke snímání kojence během spánku, pro určení polohy na zádech, na břicho nebo na boku (Baker et al., 2007, s. 2).

Heinze et al. si dali za cíl stanovit metodiku k používání akcelerometrů, aby umožnili rutinní a snadné hodnocení pohybu v pediatrických ordinacích. Pro svůj výzkum ale využili akcelerometry propojené kabely (Heinze et al., 2010, s. 765).

Gima et al. využili tříosé akcelerometry, nastavili frekvenci 200 Hz a měřili pouze po dobu 200 s. Taktéž připevnili akcelerometry nad kotníky a novorozenec byl v průběhu měření v bdělém stavu. Během bdělého stavu se totiž dítě pohybuje aktivněji, častěji a je energičtější, pohyb končetin může být doprovázen pohybem očí a někdy i vokalizací (Gima et al., 2011, s. 180). Tříosé akcelerometry i časový interval 200 s a také frekvenci 200 Hz použili Ohgi et al. (Ohgi et al., 2007, s. 203).

Fry, Chen a Howard posuzovali primitivní kopání kojenců pomocí senzorů, které kombinovaly akcelerometr i gyroskop a zaznamenávaly údaje z obou DKK při sekvenci 100 Hz. Na každou DK byly umístěny 3 senzory, jeden na ventrální plochu stehna, druhý

na distální část holeně a třetí na střed planty. Jednotlivé časové segmenty měly délku 5 minut (Fry, Chen a Howard, 2018, s. 5768). Nejedná se sice o využití akcelerometrie u novorozenců, ale design experimentu je díky parametrům frekvence a času velmi podobný tomu uvedenému v této práci.

Whitehead et al. monitorovali pohybovou aktivitu 11 fyziologických novorozenců po dobu 2 až 4 hodin s frekvencí 128 Hz. Tito novorozenci měli medián věku 1 den a měli na končetinách umístěné tříosé akcelerometry s gyroskopy (Whitehead, 2020, s. 194). Takto Whitehead et al. poprvé prokázali, že nositelné senzory lze úspěšně použít ke kvantitativnímu sledování kinematiky pohybu u novorozenců, kteří jsou staří pouze 1 den (Whitehead, 2020, s. 196).

V poslední době se pro analýzu GM novorozenců používají nositelné senzory bez nutnosti klinického pozorování nebo pořizování videozáznamu pohybu (Singh a Patterson, 2010, s. 7).

### **10.1.2 Výzkumy zaměřené na vitální funkce**

Jourand, De Clercq a Puers využili systém, který zahrnoval více senzorů včetně akcelerometrů, které snímaly dechovou frekvenci novorozenců. Využili tříosé akcelerometry, ale hodnotili jen dvě osy, protože třetí osa je během spánku vodorovná a nezaznamenává žádné zrychlení. Akcelerometry byly umístěny na břicho, laterálně od umbilicu (Jourand, De Clercq a Puers, 2010, s. 289).

Saadatian et al. použili tříosý akcelerometr a frekvenci 50 Hz, dále čip teploměru, senzory srdeční frekvence s cílem zlepšit informovanost matek o aktuálním zdravotním stavu jejich dítěte. Tento systém by díky nepřetržitému monitoringu dokázal vyhodnotit, zda je s dítětem vše v pořádku nebo potřebuje zvýšenou pozornost případně lékařskou péči (Saadatian et al., 2011, 503–505).

Kombinace kojeneckých kardiopulmonálních monitorů a tříosých akcelerometrů u nezralých novorozenců byla použita ve studii Oishi et al. Při spánku nebyla pozorována žádná apnoe a v průběhu bdění u většiny novorozenců dominovala těžká bradykardie v poloze na boku, ale během spánku se bradykardie vyskytovala v poloze na zádech. Tato studie naznačila, že kardiopulmonální stabilita může být ohrožena polohou těla i stavem bdění a spánku. Poloha na břicho při bdělém stavu by mohla být nejstabilnější pro kardiopulmonální funkce nezralých novorozenců (Oishi et al., 2018, s. 1).

## **10.2 Diskuse výsledků diplomové práce**

Vzhledem k tomu, že nám není známa žádná studie, která by měla totožný design s našim výzkumem včetně hodnocení stejných parametrů, konfrontujeme výsledky našeho měření

se studii, které se více či méně podobají svým designem i hodnocenými parametry našemu výzkumu.

Design výzkumu jsme nastavili s ohledem na specifika provozu Novorozeneckého oddělení FNOL, kde by měření pomocí akcelerometrů po dobu několika hodin až dní bylo velkou zátěží pro matky i personál. A také s ohledem na novorozence, kteří zde jsou během krátké doby často vyšetřováni i ošetřováni, proto bylo citlivější zvolit časový interval 5 minut, což i tak bylo pro některé novorozence až moc dlouhé s ohledem na jejich neurobehaviorální stav. Frekvence 100 Hz byla vybrána na základě rešerší dostupných studií, i když jsou zmiňovány i jiné frekvence, tato se opakuje nejčastěji. Hodnocení zrychlení pohybu pomocí lineárních metod analýzy bylo zvoleno na základě problematické a stále ne úplně objasněné interpretace dat posouzených nelineárními metodami.

Dále považujeme za nutné zmínit, že množství výzkumů k posouzení spontánní motoriky novorozenců pomocí akcelerometrie je poměrně nízké, proto jsme do diskuze zařadili i vybrané studie, které měří pohyb kojenců.

### **1. výzkumná otázka: Existuje rozdíl ve variabilitě pohybu mezi zralými a nezralými novorozenci?**

Obecně jsme očekávali, že se vyšší variabilita pohybu projeví u zralých novorozenců. V této studii nebyl prokázán statisticky významný rozdíl ve variabilitě pohybu mezi zkoumanými skupinami novorozenců, ale dle očekávání zralí novorozenci vykazovali vyšší celkovou variabilitu v průběhu měření. Dusing a Harbourne uvádí, že normální motorický vývoj je spojen s vysokou variabilitou pohybu (Dusing a Harbourne, 2010, s. 1 848). Proto bychom mohli říct, že vyšší variabilita pohybu u námi zkoumaných zralých novorozenců je v souladu se zjištěním Dusing a Harbourne. Dále Dusing et al. popisují, že zjištěná nižší variabilita pohybu by mohla být známkou nezralosti a případných abnormalit CNS, které se projevují opožděným vývojem. Proto by nízká hodnota variability mohla být rozhodujícím faktorem k zahájení rehabilitace (Dusing et al., 2014, s. 150). V naší studii nebyl hodnocen vývoj, ale 4 z 12 nezralých novorozenců měli na UZ mozku nález různého rozsahu, který by mohl mít vliv na jejich motorický vývoj.

Dusing et al., využili variabilitu pohybu center of pressure (COP) k popisu schopnosti udržet stabilitu trupu během spontánních pohybů končetin (Dusing et al., 2009, s. 1 355). V našem případě měli nezralí novorozenci vyšší variabilitu pohybu pánve ve srovnání se zralými, což by mohlo znamenat, že nezralí novorozenci nemají dostatečnou stabilitu pánve ani trupu. Ale tento rozdíl opět nebyl statisticky významný.



Ale Palmieri et al. kvůli problematické interpretaci výsledků a nedostatku klinických korelací tvrdili, že lineární míry nekvantifikují stabilitu držení těla a dokud nebudeme vědět, co přesně měříme a nebude v dostupné literatuře panovat shoda, nemůžeme výsledky jednotně interpretovat (Palmieri et al., 2002, s. 62). Nejen proto se ve výzkumech čím dál častěji setkáváme s nelineárními metodami zpracování záznamu pohybu.

Dusing et al., lineární analýzou variability pohybu COP zaznamenali statisticky významný průměrný posun COP ve směru kaudocefalickém, ale ve směru mediolaterálním a v celkovém posunu nebyla prokázána statistická významnost, ovšem vždy hodnoty průměrného posunu COP uvedené v cm byly vyšší u nezralých novorozenců (Dusing et al., 2009, s. 1 359). V našem případě nebyly posuzovány jednotlivé směry posunu COP, ale variabilita zrychlení pohybu pánve. Do jisté míry nastala obdobná situace, kdy průměrná hodnota variability pohybu pánve v průběhu celého měření i v 1. a 2. polovině záznamu dosahovala vyšších čísel u nezralých novorozenců. Opět můžeme konstatovat, že výsledky mohou mít souvislost se stabilitou trupu novorozence v poloze na zádech, kdy se na základě naměřených dat dá předpokládat, že nezralí novorozenci nejsou tak „stabilní“ jako zralí novorozenci.

Podobný design studie, co se týká umístění akcelerometrů na DKK, zvolili i Fan et al., ale navíc přidali 2 akcelerometry na distální předloktí, jejich akcelerometry byly tříosé. Měření celkem 10 nezralých novorozenců trvalo hodinu a srovnávali videozáznam s naměřenými daty z akcelerometru kvůli výskytu cramped synchronized GM (Fan et al., 2012, s. 418). Přestože jejich metoda nebyla tak přesná, jak předpokládali, bezesporu by v našem případě mělo přínos pohyb nezralých novorozenců natočit na video nebo ho alespoň přesně popsat v konkrétních časových úsecích nebo i v kratších intervalech s ohledem na výskyt patologických forem GM. I když jak uvádí Singh a Patterson, existuje spíše trend využívání nositelných senzorů bez nutnosti klinického pozorování nebo pořizování videozáznamu pohybu (Singh a Patterson, 2010, s. 7).

Abney et al. posuzovali variabilitu pohybu kojenců s ohledem na vokalizaci, tříosé akcelerometry byly umístěny na všech čtyřech končetinách a na hrudník byl připevněn zvukový záznamník. Pomocí metod nelineární analýzy kvantifikovali změny stability pohybového aparátu (Abney et al., 2014, s. 1–6). Tuto studii uvádíme, protože využila frekvenci 100 Hz a doplnila akcelerometrii o další metodu, zvukový záznamník, který by ovšem neměl takový přínos u novorozenců, protože vokalizace se objevuje až později. Jediné, co by bylo možné zaznamenat by byl pláč, ale ten byl indikací k přerušení měření.

## **2. výzkumná otázka: Liší se variabilita pohybu v 1. a 2. polovině záznamu?**

Jediný signifikantní rozdíl mezi 1. a 2. polovinou záznamu se objevil u posouzení variability pohybu DKK zralých novorozenců, kdy hodnota  $p$  dosáhla 0,034. Jednoznačně říct, proč zralí novorozenci měli výrazně vyšší variabilitu pohybu až v 2. úseku měření nemůžeme, domníváme se, že novorozenci potřebovali chvíli k adaptaci na pohyb s akcelerometry. Nebo také mohli být více bdělí, než v 1. polovině záznamu, mohli mít hlad nebo se nějakým způsobem mohl změnit jejich aktuální neurobehaviorální stav. Ricardo et al. dali na základě svého výzkumu doporučení, že by dítě mělo mít dostatek prostoru si na akcelerometr zvyknout před zahájením samotného měření (Ricardo et al., 2018, s. 1 090). V 1. polovině záznamu navíc průměrná hodnota variability pohybu DKK byla stejná pro zralé i nezralé novorozence. Ale v 2. polovině záznamu už nezralí novorozenci měli nižší hodnotu variability ve srovnání se zralými novorozenci, ovšem měli vyšší hodnotu variability ve srovnání se svou hodnotou v 1. polovině záznamu. Možná opravdu potřebují novorozenci delší čas, aby se projevila jejich přirozená motorika. Pro nás to může znamenat, že měření by mělo smysl provádět po delší čas, protože kdybychom měřili pouze 2,5 minuty, tak bychom žádný rozdíl nezaznamenali.

Whitehead et al. umístili 1 senzor na levé a 1 na pravé zápěstí, pro každý kotník také využili 1 senzor, nastavili časový úsek měření na několik hodin, protože většina výzkumů se zaměřuje jen na krátké časové úseky nebo až moc dlouhé trvající několik dní. Pohyby byly hodnoceny pomocí zrychlení a úhlové rychlosti a bylo zjištěno, že pohyb novorozenců byl v zásadě periodický o délce trvání cyklu 1 hodina (Whitehead et al., 2020, s. 194–196). S ohledem na délku měření jsme nemohli vypočítat stejný výsledek, že by se pohyb novorozenců opakoval v hodinových cyklech. U některých novorozenců jsme využili kromě akcelerometru i gyroskop, protože jsme v průběhu realizace výzkumu zjistili, že by data získaná gyroskopem mohla mít své opodstatnění, ale naměřených novorozenců nebylo mnoho, proto jsme posouzení motoriky pomocí gyroskopu nezahrnuli do výsledků.

Cílem Pitchford et al. bylo lépe popsat a standardizovat posouzení pohybu kojenců s ohledem na stále častěji se vyskytující dětskou obezitu. Celkem 23 kojenců nosilo 2 akcelerometry po dobu 7 dní, jeden měli na pravém kotníku a druhý na pravém zápěstí. Statisticky významné rozptyly byly pozorovány při nejméně 2 dnech a 12 hodinách měření na kotníku a alespoň 3 dnech a 15 hodinách na zápěstí. Dospěli k závěru, že monitorování akcelerometrem by mělo trvat nejméně 3 dny, aby zahrnovalo všechny denní časy a bylo dostatečně spolehlivé (Pitchford et al., 2017, s. 422–426). V kontextu těchto výsledků se může zdát náš čas měření jako nedostatečný, který nám nedá potřebné množství informací o pohybu novorozence. I když Pitchford et al. pohyb kojenců hodnotili s ohledem na riziko obezity

související s malým množstvím pohybu, můžeme se pokusit na nedostatek pohybu nahlížet i z našeho pohledu. Měření po dobu několika dní nelze realizovat u novorozenců v prvních dnech života, byla by to příliš velká zátěž pro ně samotné, jejich rodiče i personál novorozeneckých oddělení, protože by se dítě obtížně polohovalo, bylo by složité udržování tepelného komfortu a také zvýšené riziko poškození kožního krytu. Ovšem otázkou zůstává, zda by vůbec mělo smysl posuzovat takto dlouhé časové úseky u novorozenců, kteří ve srovnání s kojenci nejsou schopni cílené pohybové aktivity. Na to svým výzkumem na velkém množství kojenců možná do jisté míry odpovídají Ricardo et al., kdy zkoumali fyzickou aktivitu 90 kojenců pomocí tříosých akcelerometrů na kotníku a zápěstí po dobu 7 dní, opět 24 hodin denně. Dospěli k závěru, že 2 až 3 dny měření stačí pro přehled o celém týdnu pohybu kojence (Ricardo et al., 2018, s. 1084–1090). Ale stále 2 dny měření jsou dlouhá doba pro jedince časně po porodu, navíc když jejich pohybový repertoár nezahrnuje volní motoriku.

Heinze et al. měřili novorozence po dobu 20 minut, které rozdělili na časové úseky po 5 minutách, frekvence měření byla 100 Hz. 23 novorozenců bylo zralých, 4 byli nezralí, velký nepoměr mezi skupinami vznikl kvůli klinické prevalenci DMO. Získaná data vyhodnotili pomocí výpočtů 32 parametrů, poté stanovili buď pozitivní prediktivní hodnotu, kdy je dítě ohroženo poruchou hybnosti, nebo negativní prediktivní hodnotu, kdy je dítě zdravé (Heinze et al., 2010, s. 765–771). Podobnost s našim výzkumem můžeme vidět v rozdílných velikostech skupin zralých a nezralých novorozenců. Získat více dat je vzhledem k množství narozených nezralých novorozenců v běžné populaci náročné. Dále byla zvolena stejná frekvence měření, ale Heinze et al. využili kabelové akcelerometry a měřili po delší čas, ale stejně jako my v našem výzkumu si měřený úsek rozdělili na části. Hodnocení dat bylo velmi odlišné, využívali genetické algoritmy a jejich optimální kombinaci, rozhodovací strom a další námi nepopisované metody.

### **3. výzkumná otázka: Existuje rozdíl mezi variabilitou pohybu LDK a PDK?**

Primitivní kopání bylo předmětem studie Fry, Chen a Howard, kdy 20 minut zaznamenávali pohyb kojenců, kteří se narodili zralí. Frekvenci zvolili 100 Hz a využili navíc gyroskop. Jejich cílem bylo vyvinout systém hodnocení kopání kojenců, který by bylo možné použít doma k včasné detekci DMO (Fry, Chen a Howard, 2018, s. 5 768). Přestože zkoumali kojence a zvolili jiné metody hodnocení, také nezjistili žádný signifikantní rozdíl mezi pohyby LDK a PDK. Pokud bychom v naší studii chtěli získat přesnější údaje o variabilitě pohybů DKK, bylo by vhodné po vzoru Fry, Chen a Howard umístit akcelerometry kromě distálního bérce

i na distální femur, a středonoží pro získání přesnějších dat. Což je ale jen stěží možné pro velikost DKK novorozenců a také by se zde objevilo riziko nadměrné zátěže akcelerometry.

Pohyb DKK pomocí tříosých akcelerometrů na kotnících hodnotili Gima et al., zaměřili se na vlastnosti spontánní motoriky DKK novorozenců a kojenců. Hodnotili korelaci mezi pohyby LDK a PDK, korelační koeficient byl u každého naměřeného statisticky významný na hladině významnosti  $p = 0,01$ . Obě DKK vykazovaly podobné změny pohybu a tento trend byl pozorován ve všech případech. Jejich výsledky odhalily, že spontánní pohyby nejsou bezvýznamné a náhodné, ale mají v sobě zakotvený řád a mohou odrážet deterministické procesy neuromuskulárního systému, při kterých následující pohyb vyplývá z předcházejícího (Gima et al., 2011, s. 179–184). Zjistili tedy jasnou závislost mezi pohyby LDK a PDK, dokonce ve srovnání s námi zvolili nižší hodnotu  $p$  k určení statistické významnosti. Tudíž jako my také nezjistili v rámci zkoumaných parametrů signifikantní rozdíly v pohybu LDK a PDK, naopak se jim podařilo prokázat korelaci, v našem případě jsme jen zjistili, že rozdíl ve variabilitě pohybu PDK a LDK nebyl statisticky významný na hladině  $p = 0,05$ .

Whitehead et al. použili k hodnocení algoritmus, který poznal, kdy se pohybuje pouze jedna dolní končetina a kdy se pohybují obě, i když jejich pohyb není synchronní. Dále si všimli na časovém úseku 3 hodin, že vyšší výskyt pohybu byl spojen s vyšším podílem oboustranných pohybů DKK a s vyšším vrcholem zrychlení pohybů (Whitehead et al., 2020, s. 195–196). Přestože naše metoda hodnocení se velmi lišila od studie Whitehead et al., v našem případě se neobjevil signifikantní rozdíl mezi variabilitou pohybu DKK, v jejich studii se častěji objevoval pohyb obou DKK než pouze jedné. Obě studie tak naznačily, že izolovaný pohyb jedné dolní končetiny bez aktivity druhé po delší časový úsek se téměř nevyskytuje.

Hodinu trvající monitoring akcelerometry i s videem zvolili také Gravem et al., kteří umístili 10 nezralým novorozencům 5 tříosých akcelerometrů na tělo, konkrétně 2 na zápěstí, 2 na kotníky a 1 na a čelo. Data z akcelerometru umístěného na čele se prakticky neměnila, proto byl vyloučen z další analýzy. Podařilo se jim na jejich malém vzorku 10 nezralých novorozenců prokázat silnou průměrnou korelaci mezi zrychlením horních a dolních končetin, průměrná korelace mezi HKK byla 0,47 a mezi DKK 0,48, což značí jistou míru korelace (Gravem et al., 2012, s. 1–2). Přestože nehodnotíme korelaci zrychlení pohybu LDK a PDK, ale průměrnou hodnotu variability zrychlení zvlášť pro LDK a PDK, nabývala průměrná variabilita pohybu podobných hodnot, když zvlášť hodnotíme LDK a PDK u novorozenců rozdělených do skupin dle zralosti. Podobné hodnoty jsme zaznamenali jak v celkové variabilitě, tak zvlášť v obou polovinách záznamu. Pro účel naší studie musíme opět konstatovat, že akcelerometry na zápěstí nebo na distálním předloktí by měly význam pro lepší

vhled do spontánní motoriky novorozenců. Mohli bychom posoudit, zda by se i v našem případě objevila korelace mezi zrychlením HKK a DKK, a tudíž nemá takový význam zatěžovat novorozence akcelerometry na všech 4 končetinách, ale stačilo by umístit 1 akcelerometr na horní končetinu (HK) a 1 na DK. Nebo bychom také mohli zjistit, že se objevuje rozdíl a mít větší množství informací o pohybu novorozenců. Hayes et al. také umístili novorozencům 1 akcelerometr na čelo, ale ve své studii se zaměřili obecně na usnadnění přechodu nezralých novorozenců z nemocnice do domácího prostředí s využitím digitálních technologií. Možná právě proto neuvádí tak detailní informaci, k jakým výsledkům dospěli s ohledem na data získaná z akcelerometru na čele (Hayes et al., 2010, s. 875). Umístění akcelerometru na čele si nesjipš žádá další zkoumání.

6 zralých novorozenců ve věku 1 měsíce bylo měřeno pomocí tříosých akcelerometrů na pravém zápěstí s nastavenou frekvencí 200 Hz po dobu 200 s ve studii Ohgi et al. K hodnocení spontánní motoriky HKK využili lineární i nelineární analýzy, kdy výsledky lineární analýzy označily GM za náhodné, ale výsledky nelineární analýzy naznačují, že je možné analyzovat časové řady spontánního pohybu a že fluktuace zrychlení nevznikají zcela náhodně, ale mohou odrážet deterministické procesy nervosvalového systému (Ohgi et al., 2007, s. 205–211). Tento výzkum nás přivádí na dvě myšlenky. Zprvé nás upevňuje v přesvědčení, že má smysl zkoumat i spontánní motoriku HKK a umístění akcelerometrů na zápěstí by mělo svůj význam, možná by při měření pohybu HKK byla vhodná vyšší frekvence, konkrétně 200 Hz. Zadruhé nás přivádí na myšlenku, že hodnocení pohybu a interpretace výsledků pomocí lineárních a nelineárních metod se může lišit, tudíž by mohlo mít smysl věnovat se oběma metodám. V této práci byla data zpracována pouze lineární analýzou.

Jardine et al. aplikovali vysoce nezralým novorozencům tříosé akcelerometry na dorsum obou HKK a DKK, data pak hodnotili pomocí 46 různých parametrů zahrnujících rychlost a zrychlení všech končetin, jejich směrodatné odchylky, korelace mezi pohyby končetin a další. Zvolili párový t-test a hladinu statistické významnosti p 0,05 (Jardine et al., 2019, s. 3–7). Nezralí novorozenci v jejich výzkumu se značně lišili od námi zkoumaných novorozenců v gestačním věku při narození, kdy naši nezralí novorozenci měli průměrný gestační věk při narození 32,7 týdne, ale jejich novorozenci 26,7 nebo 26,1 – prováděli 2 měření s odstupem 4 týdnů a vždy měli jiný počet novorozenců, tudíž už se při 2. měření už nejednalo o novorozence, ale o kojence, pro nás má tedy větší význam průměrná hodnota 26,7. Bohužel s modem ani mediánem námi naměřených novorozenců jejich novorozence srovnat nemůžeme, studie modus a medián gestačního věku neuvádí. Pro nás by to mělo velký význam kvůli

výskytu extrémních hodnot nezralých novorozenců v našem výzkumu. Průměrné hodnoty porodních hmotností také byly velmi rozdílné, průměrná hmotnost nezralého novorozence u nás byla 1826 g, kdy jsme opět zaznamenaly extrémní hodnoty, které aritmetický průměr zkresluje. 830 g byla nejnižší porodní hmotnost námi měřeného novorozence, Jardine et al. měli průměrnou porodní hmotnost novorozence 836 g. Paralelu mezi našim šetřením a šetřením od Jardine et al. můžeme vidět v použitých statistických testech, zvolené hladině statistické významnosti, i když oni srovnávali mezi sebou fyziologické a abnormální GM nejen na DKK, my se zabývali srovnáním LDK a PDK zvláště mezi zralými a zvláště mezi nezralými novorozenci. Oba tyto výzkumy ale spojuje fakt, že nebyla prokázána statistická významnost žádného ze zkoumaných parametrů mezi pohyby LDK a PDK.

Redd et al. představili nový snímací systém využívající devítiosou IMU kombinující akcelerometr, gyroskop a magnetometr s frekvencí měření 100 Hz. Senzory byly umístěny na čele, processus xiphoideus, HKK a DKK dítěte. Akcelerometry na hlavě a hrudní kosti vykazovaly pohyby s malou amplitudou a vysokou frekvencí. Systém byl však testován pouze na jednom zdravém kojenci ve 12 týdnech (Redd et al., 2019, s. 7 135–7 137). Zvolili stejnou frekvenci měření jako my, využili gyroskop se stejnou frekvencí měření jako měl akcelerometr, což by mohla být pro nás může důležitá informace, že je dobré zvolit stejnou frekvenci pro akcelerometr i gyroskop. Vzhledem k tomu, že byl měřen jen 1 kojeneček a studie prezentuje jen pilotní data, srovnání výsledků není možné.

Opakovaně konstatujeme, na základě rešerší uvedených studií, že by bylo vhodné využít akcelerometry umístěné na dalších místech těla novorozence. Akcelerometr typu Axivity Ax6 má hmotnost 11 g (Axivity, 2019, s. 3). Novorozenci v našem výzkumu tedy měli na své tělo upevněno 33 g, což při průměrné hmotnosti 3 104 g v den měření ve skupině zralých novorozenců a ve skupině nezralých 2 217 g je sice jistá zátěž, ale neměla by být přetěžující. Ale pokud bychom chtěli použít více akcelerometrů a v extrémním případě bychom použili 3 akcelerometry na LDK i PDK, na obě zápěstí umístili 1, ponechali 1 akcelerometr pod umbilicem, přidali 1 akcelerometr na processus xiphoideus a 1 na čelo, byl by novorozenec zatížen hmotností 121 g z celkem 11 akcelerometrů, což už je s ohledem na tělesnou konstituci novorozenců poměrně velká zátěž. Proto je nejspíš na místě vždy vybrat, na kterou část těla se při měření výzkum zaměřuje, případně zopakovat u jednoho novorozence více měření s různým umístěním akcelerometrů, ale vždy k novorozenci přistupovat citlivě a nikdy ho nepřetížit velkým množstvím aplikovaných akcelerometrů.

Neprokázaný rozdíl mezi pohyby LDK a PDK v naší studii i v posuzovaných studiích by mohl být interpretován tak, že není vždy nutné dávat akcelerometr na obě DKK, ale získaná

data by mohla stačit z 1 akcelerometru. S ohledem na tuto skutečnost si pohyb DKK žádá další zkoumání a rešeršní činnost, aby tato domněnka byla potvrzena.

#### **4. výzkumná otázka: Existuje korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu?**

Předpokládali jsme, že by se v našem souboru novorozenců mohla prokázat vyšší míra variability pohybu u novorozenců s vyšším gestačním věkem, přestože jsme hodnotili celý soubor a nerozdělovali jsme na skupinu zralých a nezralých novorozenců.

Nebyla prokázána statisticky významná korelace mezi variabilitou pohybu DKK a gestačním věkem. Na obrázku 14 (viz Obrázek 14, s. 51) si můžeme povšimnout, že přímka korelace značí velmi mírný nárůst variability pohybu DKK s nárůstem gestačního věku. To můžeme dát do souvislosti s 1. výzkumnou otázkou, protože ani tam nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi pohybem DKK zralých a nezralých novorozenců, těžko bychom mohli pozorovat v celém souboru signifikantní korelaci pohybu DKK a gestačního věku.

Co se týká variability pohybu pánve a gestačního věku je situace naprosto odlišná, protože byla prokázána negativní korelace. To znamená, že čím je novorozenec starší, tím menší má variabilitu pohybu pánve. Interpretace této korelace může být, jak už bylo podobně výše zmíněno, že čím je novorozenec starší, tím stabilnější má pánev i trup, jak uvádí, i když statisticky nevýznamně, Dusing et al. (Dusing et al., 2009, s. 1 359).

V kontextu 1. výzkumné otázky to není úplně překvapivý výsledek, i když nebyl prokázán signifikantní rozdíl mezi variabilitou pohybu pánve u zralých a nezralých novorozenců, tak dosažená hladina  $p$  v celém záznamu i zvláště v jeho obou polovinách byla výrazně nižší, než u pohybu DKK, konkrétně pohyb DKK měl při posouzení variability pohybu v celém časovém úseku hodnotu  $p$  0,47 a pohyb pánve 0,171, tudíž byl zvolené hladině statistické významnosti a s tím souvisejícím zamítnutím nulové hypotézy mnohem blíže.

Jardine et al. prokázali korelaci mezi výsledky získané akcelerometrií a hodnocením GM u nezralých novorozenců v 28. i 32. gestačním týdnu, kdy větší míry korelace bylo dosaženo ve 32. týdnu (Jardine et al., 2019, s. 174–176). Podobnost s našim výzkumem vidíme v použití akcelerometrů a Pearsonova korelačního koeficientu, my jsme ale zjišťovali korelaci pohybu a anamnestických dat.

De' Cavalieri et al. využili akcelerometrů na zápěstích a na sternu u 17 kojenců, u kterých bylo prokázáno na UZ nebo MRI perinatální poškození mozku. Podařilo se jim prokázat korelaci mezi klinickými škálami a daty naměřenými akcelerometry, které hodnotili pomocí výpočtu indexů aktivity a asymetrie, nepodařilo se to jen v případě hodnocení plynulosti

pohybu (De' Cavalieri et al., 2023, s. 3–11). Umístění akcelerometrů v naší studii a ve studii De' Cavalieri et al. má podobné rysy, kdy my se ve vyšetření zaměřili na dolní trup a DKK, oni na horní trup a HKK. Přestože tato studie zkoumala pouze 17 kojenců, tak díky prokázání korelací, v některých případech i velmi silných, nastínila, že by akcelerometrie mohla mít podobnou výpovědní hodnotu jako vyšetření klinickými škálami.

### **5. výzkumná otázka: Existuje korelace mezi hmotností při vyšetření a variabilitou pohybu?**

I v případě korelace mezi hmotností při měření a variabilitou pohybu byli všichni vyšetření novorozenci hodnoceni jako jedna skupina, ale samozřejmě i bez tohoto rozdělení se zralost do hodnocení promítla, protože největší hmotnost mezi novorozenci byla 3 980 g a nejmenší 1 680 g, je naprosto zjevné, ke které skupině, který novorozenec patřil.

Očekávali jsme, že vyšší variabilita pohybu novorozenců koreluje s jejich hmotností. Toto očekávání nebylo statisticky prokázáno ani v případě variability pohybu DKK, ani v případě variability pohybu pánve, ale alespoň v tomto případě se hladina  $p$  přiblížila statisticky významné hodnotě  $p$ . Přestože se tedy nejedná o prokázanou korelaci, můžeme konstatovat, že jistá souvislost mezi variabilitou pohybu pánve a hmotností existuje, což vidíme i na korelační přímce. Tu můžeme interpretovat v souvislosti s korelací ze 4. výzkumné otázky, že čím vyšší je hmotnost novorozence, tím menší je variabilita pohybu pánve. Což nám dohromady potvrzuje náš nově získaný dojem, že vysoká variabilita pohybu pánve může značit trupovou nestabilitu a její přítomnost u novorozenců není žádoucí.

Cahill-Rowley a Rose zjišťovali korelaci mezi ziskem skóre v hodnocení dle Vývojové škály Bayleyové a parametry dosahové aktivity kojenců, kterou měřili pomocí IMU obsahující akcelerometr, gyroskop a magnetometr. Jejich soubor obsahoval 47 nezralých novorozenců s velmi nízkou porodní hmotností, pod 1 500 g, a 22 kojenců bylo s normálním vývojem. Zjistili, že kojenci s velmi nízkou porodní hmotností měli delší dráhu pohybu, vyšší rychlost při uchopení a také vyšší vrcholové rychlosti, ale doba dosahu se výrazně nelišila (Cahill-Rowley a Rose, 2018, s. 17–20). Zajímavé pro nás může být, že v průběhu celé studie jsou nezralí novorozenci označováni jako novorozenci s velmi nízkou porodní hmotností a je kladen důraz na souvislost nízké porodní hmotnosti s volní motorikou v kojeneckém věku.

### **10.3 Limity práce**

Největším limitem během měření byl aktuální neurobehaviorální stav novorozence, nejčastěji jsme zaznamenali pláč, ospalost nebo singultus. Novorozenci na oddělení jsou během krátké



doby hospitalizace velmi často vystavování různým nejen screeningovým vyšetřením, což může být pro jejich nezralý CNS velmi zatěžující.

Měření bylo prováděno nejdříve 48 hodin po narození dítěte, což nemuselo pro novorozence představovat dostatečně dlouhý čas na adaptaci v extrauterinním prostředí a vstřebání poporodního traumatu. Obvyklá délka pobytu fyziologického novorozence na novorozeneckém oddělení bývá kolem 72 hodin (někdy i méně) po vaginálním porodu. U porodů císařským řezem se doba rekonvalescence rodičky prodlužuje až na 7 dní, takže nebyl problém provést vyšetření až 72 hodin po narození dítěte. Po uplynutí této doby již není předpokládáno přetrvávání stresové reakce a novorozenec by měl být lépe adaptovaný na vývoj ex utero.

### **10.3.1 Množství naměřených novorozenců**

Dalším limitem je poměrně malý počet studovaných novorozenců, ale pokud nahlédneme do různých zahraničních výzkumů, ani zde počet zkoumaných novorozenců není příliš velký. Gima et al. měřili 8 fyziologických novorozenců, Gravem et al. 10 nezralých novorozenců, Fan et al. rovněž 10, Heinze et al. 19 zralých a 4 nezralé novorozence, Singh a Patterson hodnotili 10 nezralých novorozenců s lézí mozku, Whitehead et al. 11 fyziologických novorozenců, Jun a Choi zkoumali dohromady 10 novorozenců a kojenců, Ohgi 6 novorozenců, Fry, Chen a Howard měřili 8 kojenců, Pitchford et al. 23 kojenců, Kwon et al. měřili 24 batolat. Ale Ricardo et al. hodnotili celkem 90 kojenců. Tudíž vidíme, že většinou výzkumy pohybové aktivity pomocí akcelerometrie u dětí do 3 let celosvětově neprobíhají na velkém vzorku, zvláště to platí pro novorozence. V tomto kontextu můžeme konstatovat, že počet naměřených jedinců nízký není.

Pokud ovšem odhlédneme od využití akcelerometrie u novorozenců a zaměříme se na posouzení spontánní motoriky novorozenců pomocí variability a entropie pohybu, kterému se věnuje především Stacey C. Dusing se svými kolegy, tak počty novorozenců jsou o něco vyšší, v roce 2009 17 nezralých a 15 zralých novorozenců, v roce 2014 18 nezralých a 22 zralých novorozenců, roku 2016 měřili 18 nezralých novorozenců ale vždy s využitím podložky s metodou pressure mapping (tlakové mapování), což je podložka citlivá na změnu tlaku již při velikosti frekvenci pohybu 5 Hz, kterou doplnili videoanalýzou pohybu.

### **10.3.2 Nepoměr mezi zralými a nezralými novorozenci**

S ohledem na výše uvedené studie Dusing musíme konstatovat, že dalším limitem našeho výzkumu je nepoměr mezi zralými a nezralými novorozenci. Menší vzorek nezralých novorozenců odpovídá demografické situaci v České republice, protože se jich rodí výrazně

méně. Navíc matky nezralých novorozenců častěji odmítaly účast jejich dítěte ve výzkumu pravděpodobně s ohledem na zatížení novorozence mnoha jinými vyšetřeními a kontrolami, které byly použity pro optimální péči o novorozence a monitorování jeho stavu s ohledem na stupeň nezralosti.

### **10.3.3 Nehomogenita skupiny nezralých novorozenců**

Skupina donošených novorozenců byla relativně homogenní, co se týká gestačního věku při narození, porodní hmotnosti i hmotnosti při měření a poporodní adaptace.

Co se týká nezralých novorozenců, byla situace diametrálně odlišná, byli zde zahrnuti novorozenci, kteří se svou porodní hmotností blížili donošeným, ale také novorozenci, jejichž porodní hmotnost byla velmi nízká. Převažovali novorozenci s lehkou nezralostí, konkrétně jich bylo 8, střední nezralost se vyskytovala u 4 novorozenců, novorozenci s těžkou a extrémní nezralostí, pokud posuzujeme pouze s ohledem na gestační věk při narození, se nevyskytovali.

Někteří nezralí novorozenci měli vysoké Apgar skóre, žádné nebo minimální problémy s poporodní adaptací a kontrolní ultrazvukové vyšetření mozku bez patologických nálezů, proto nebylo důvodem předpokládat, že by jejich časný vývoj motoriky byl významně narušen.

U zralých novorozenců bylo přesně definováno, kdy budou měření a nebylo možné to nijak výrazně měnit s ohledem na krátkou dobu hospitalizace. K měření docházelo většinou před propuštěním, především 3. den po narození. Věk nezralého novorozence při měření měl být optimálně kolem 36. týdne gestace, což je obvykle čas, kdy je propuštěn z novorozeneckého oddělení. Klíčový byl stabilní stav, ve kterém byl nezralý novorozenec dle posouzení ošetřujícího lékaře vhodný pro měření, aby pro něj nebyla akcelerometrie příliš zatěžující. Proto nastala situace, že někteří novorozenci byli měřeni ve věku několika dní, jiní několika týdnů.

### **10.3.4 Limity využití akcelerometrie**

Obecně platným limitem akcelerometrie je matematické vyjádření pohybu, které sice zaostává za tradičním hodnocením kvality pohybu pomocí observace, ale přináší informace o tom, jak systém funguje a umožňuje předvídat další postup pohybu (Gima et al., 2011, s. 179).

Novorozenci tráví většinu svého času v klidovém stavu bez nějakých významných pohybů, a proto zachytit GM v průběhu celého časového úseku měření, je možné velmi omezeně (Giganti et al., 2001, s. 134). Mohla tedy nastat situace, kdy fyziologický novorozenec s dobře vyvinutým primitivním kopáním působil zdánlivě jako hypomotorický. Proto by bylo vhodné měřit po delší čas a zaznamenat si průběh měření, ve které minutě byl novorozenec pohybově aktivnější, kdy jen ležel bez nějakých výraznějších pohybů.

Další situace, kdy mohl novorozenec působit jako hypomotorický, mohla nastat, pokud ještě neměl vyvinuté writhing movements, protože ty se u mnohých novorozenců vyvíjí až po sedmi dnech života, a proto se v prvním týdnu projevují chudým pohybovým repertoárem (Ploegstra, Bos a de Vries, 2014, s. 59).

Akcelerometry neposkytují sami o sobě dostatek informací o pohybu, je vhodnější využít i gyroskop a vytvořit tak IMU (Cui, 2014, s. 111). Tuto skutečnost jsme zohlednili až v době, kdy už byli někteří novorozenci vyšetřeni, proto u nich nemáme informace o úhlovém zrychlení pohybu. Data z gyroskopu jsme získali pouze u 13 zralých a 9 nezralých novorozenců, ale s ohledem na zaměření a rozsah diplomové práce jim již nebyla věnována větší pozornost. Navíc literatura neuvádí parametry nastavení gyroskopu u novorozenců, proto bylo nastavení voleno empiricky na 1000 Hz. Jediné dvě studie, které uvádí frekvenci měření gyroskopu, byly objeveny až při zpracovávání výsledků a diskuze, Fry, Chen a Howard zvolili frekvenci pro akcelerometr i gyroskop stejnou 100 Hz, stejnou frekvenci zvolil i Redd et al.

Využití elektroencefalografie (EEG) zvláště u nezralých novorozenců by také mělo své opodstatnění, jak uvádí et al. (Whitehead et al., 2020, s. 194). Pro myelinizaci nezralého CNS je nutná vysoká kvalita spánku, díky EEG bychom mohli zjistit více informací o spánku novorozence, který přímo souvisí s raným neuromotorickým vývojem (Ülgen et al., 2023, s. 260–261). Kombinace vyšetření GM s MRI a EEG může pomoci spolehlivě identifikovat kojence ohrožené rozvojem DMO, ale jedná se nákladné metody a žádají si další výzkumy (Redd et al., 2019, s. 7138).

### **10.3.5 Nedostatek studií**

Mezi další limity řadíme nedostatek výzkumů, které by vedly k standardizaci měření s využitím akcelerometrie, daly jednoznačné metodické pokyny pro popis a hodnocení pohybu dětí do 3 let, včetně doporučené doby měření (Pitchford et al., 2017, s. 422).

Nejrozšířenějším akcelerometrem, který je také nejvíce využíván ve studiích je tříosý akcelerometr (Kwon et al., 2019, s. 2). V tomto výzkumu je však využíván šestiosý, který je novější a přesnější nežli akcelerometr tříosý, tudíž srovnání se studiemi, které využívají tříosé akcelerometry nemůže být přesné.

## **10.4 Přínos pro praxi**

Akcelerometry poskytují uspokojivou kvalitu dat a také spolehlivost při hodnocení pohybových poruch, jsou miniaturizované, cenově dostupné, rychle se zlepšují a vyvíjí. Hodnocená data můžeme využít k posouzení motoriky a mohou usnadnit rozhodování při diagnostice. Dále by mohla sloužit ke stanovení rizika neideálního PMV nejen nezralých novorozenců.

A samozřejmě by mohla objektivně kvantifikovat postup terapie, jak se změnil pohyb novorozence vlivem rehabilitace (Gravem et al., 2012, s. 5–6, Heinze et al., 2010, s. 766).

Naším cílem bylo především zjistit, zda je akcelerometrii možné využít v praxi pro posouzení motoriky zralých i nezralých novorozenců. Dílčím cílem bylo získat možné referenční hodnoty variability pohybu, se kterými by mohli být nezralí novorozenci v praxi srovnáváni.

Standardizace a stanovení přesné metodiky pro měření i posouzení spontánní motoriky novorozenců by mohlo vést k časnému stanovení neideálního, asymetrického motorického vývoje a také by mohlo poskytnout možnost hodnocení intervencí ke zlepšení pohybu. Například by mohlo mít význam změřit motoriku dítěte v prvních dnech života, samozřejmě s ohledem na extrauterinní adaptaci, po týdnu života, po dvou týdnech života atd., kdy bychom mohli objektivně sledovat změny ve spontánním pohybu dítěte a v důsledku toho vhodně nastavit terapii. Co se týká fyzioterapie u novorozenců, její výsledky u konkrétního novorozence by mohly být posuzovány také pomocí akcelerometrů, zda se liší pohyb novorozence před terapií a bezprostředně po ní, což by také mohl být zajímavý námět na výzkum, stejně tak jako provádět longitudinální studii monitoringu spontánní motoriky nezralých novorozenců.

## Závěr

Problematické posouzení motoriky zralých a zároveň nezralých novorozenců se doposud nevěnovalo mnoho studií a obecně objektivnímu posouzení pohybu novorozenců není věnován dostatek potřebné pozornosti, přestože rané projevy pohybu, i když se nejedná o volní motoriku, mají velkou výpovědní hodnotu a jsou zásadní pro správný PMV jedince. Abychom mohli péči o nezralé novorozence posouvat na vyšší úroveň, je nutné se této problematice dále věnovat a více ji zkoumat. Bohužel dostupné studie se od sebe ve využití výzkumných metod i jejich nastavení a posuzovaných parametrech velmi liší, proto není vůbec snadné z dosavadní evidence vyvodit jednoznačný závěr.

V rámci této diplomové práce byla srovnávána variabilita pohybu vyjádřená pomocí RMS u zralých a nezralých novorozenců s využitím dat, která byla naměřena akcelerometry na DKK a v blízkosti pánve. Zralí novorozenci jeví vyšší celkovou variabilitu pohybu DKK i vyšší celkovou variabilitu zvláště LDK a PDK, ale je nutné zdůraznit, že se nejednalo o statisticky signifikantní rozdíly. Naopak nezralí novorozenci vykazovali vyšší variabilitu pohybu pánve, což by mohlo být vysvětleno trupovou nestabilitou nezralého novorozence v pozici lehu na zádech. Opět se nejednalo o statisticky signifikantní rozdíl. Dále byla srovnávána 1. a 2. polovina záznamu pohybu, abychom zjistili, jestli se variabilita pohybu nějak liší. Statisticky významného výsledku dosáhl rozdíl mezi 1. a 2. polovinou měření u DKK zralých novorozenců, kdy v 2. polovině záznamu byla variabilita pohybu výrazně vyšší. U nezralých novorozenců byla variabilita také vyšší, ale nikoliv statisticky signifikantně. Byla prokázána negativní korelace mezi gestačním věkem v době vyšetření a variabilitou pohybu pánve.

Možná novorozenci potřebovali nějaký čas na zvládnutí nové situace v podobě pohybu s akcelerometry, který zatížil LDK i PDK 11 g. K získání statisticky významných výsledků by možná přispělo měření po delší čas, než byl námi zvolený úsek 5 minut, získání dat od více novorozenců především od nezralých novorozenců, které by se nabízelo rozdělit dle stupňů nezralosti do menších skupin.

Výsledky výzkumu svědčí, že by akcelerometrie možná mohla být vhodnou metodou k objektivnímu posouzení, jak zralých, tak nezralých novorozenců, ale její uvedení do praxe je ještě velmi limitováno mnoha faktory. Tím nejspíš nejvýraznějším faktorem je, že stále nemáme dost statisticky signifikantních výsledků, které by potvrzovaly obecně předpokládanou domněnku, že variabilita pohybu je vyšší u zralých novorozenců. Na základě těchto výsledků můžeme konstatovat, že akcelerometrie u novorozenců je jednou z metod, která si zaslouží být

stále více a metodicky přesněji zkoumána. Přesto však je důležité mít na paměti, že existují i jiné nástroje, které třeba nejsou tolik objektivní, ale jsou lépe využitelné v klinické praxi.

Tato diplomová práce by snad mohla i přes všechny své limity přispět k evidenci významu a přínosu použití akcelerometrie u novorozenců. Pro další výzkumy by bylo žádoucí využít kombinaci akcelerometru a gyroskopu pro detailnější monitoring pohybu, hodnotit nejen pomocí lineární analýzy, pořídit videozáznam pohybu novorozence nebo ho klinicky popsat v průběhu celého měření a následně ho zasadit do kontextu dat naměřených akcelerometry. Nastavení frekvence měření gyroskopem by mohlo být shodné s akcelerometrem tedy 100 Hz. Do budoucna by mohlo mít přínos využití parametrů, které již byly hodnoceny v dříve publikovaných studiích, aby bylo možné přesně srovnat naměřená data a objasnit, zda opravdu existuje signifikantní rozdíl ve variabilitě pohybu zralých a nezralých novorozenců.

## Referenční seznam

ABNEY, D. H., WARLAUMONT, A. S., HAUSSMAN, A., ROSS, J. M., WALLOT, S. 2014. Using nonlinear methods to quantify changes in infant limb movements and vocalizations. *Frontiers in Psychology* [on-line]. 5, 1–16, [cit. 2023-05-12]. ISSN 1664-1078. Dostupné z: doi: 10.3389/fpsyg.2014.00771.

APGAR, V. 1955. The role of the anesthesiologist in reducing neonatal mortality. *New York state journal of medicine* [on-line]. 55(16), 2365–2368, [cit. 2023-02-09]. ISSN 0028-7628. Dostupné z: <https://profiles.nlm.nih.gov/101584647X139>.

APGAR, V., HOLADAY, D. A., JAMES, L. S., WEISBROT, I. M., BERRIEN, C. 1958. Evaluation of the newborn infant; second report. *The Journal of the American Medical Association* [on-line]. 168(15), 1985–1988, [cit. 2023-02-09]. ISSN 1538-3598. Dostupné z: doi: 10.1001/jama.1958.03000150027007.

Axivity. 2019. AX6 Datasheet 6-Axis logging movement sensor [on-line]. *Creative Commons 3.0 Attribution License*. 1–6, [cit. 2022-03-28]. Dostupné z: [https://axivity.com/files/resources/AX6\\_Data\\_Sheet.pdf](https://axivity.com/files/resources/AX6_Data_Sheet.pdf).

ADOLPH, K. E., HOCH, J. E. 2019. Motor Development: Embodied, Embedded, Enculturated, and Enabling. *Annual review of psychology* [on-line]. 4(70), 141–164, [cit. 2022-12-10]. ISSN 1545-2085. Dostupné z: doi: 10.1146/annurev-psych-010418-102836.

ALLIEVI, A. G., MELENDEZ-CALDERON, A., ARICHI, T., EDWARDS, A. D., BURDET, E. 2013. An fMRI compatible wrist robotic interface to study brain development in neonates. *Annals of biomedical engineering* [on-line]. 41(6), 1181–1192, [cit. 2022-12-10]. ISSN 1521-6047. Dostupné z: doi: 10.1007/s10439-013-0782-x.

BACHARACH, V. R., BAUMEISTER, A. A. 1998. Effects of maternal intelligence, marital status, income, and home environment on cognitive development of low birthweight infants. *Journal of Pediatric Psychology* [on-line]. 23(3), 197–205, [cit. 2023-02-23]. ISSN 1465-735X. Dostupné z: doi: 10.1093/jpepsy/23.3.197.

BAKER, C. R., ARMIJO, K., BELKA, S., BENHABIB, M., BHARGAVA, V., BURKHART, N., MINASSIANS, A. D., DERVISOGLU, G., GUTNIK, L., HAICK, M. B., HO, C., KOPLOW, M., MANGOLD, J., ROBINSON, S., ROSA, M., SCHWARTZ, M., SIMS, C., STOFFREGEN, H., WATERBURY, A., LELAND, E. S., PERING, T., WRIGHT, P. K. 2007. Wireless Sensor Networks for Home Health Care. *21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops* [on-line]. 1–6, [cit. 2023-03-03]. ISSN 1550-445X. Dostupné z: doi: 10.1109/ainaw.2007.376.

BOELIG, R. C., ORZECZOWSKI, K. M., BERGHELLA, V. 2015. Cervical length, risk factors, and delivery outcomes among women with spontaneous preterm birth. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine* [on-line]. 29(17), 1–5, [cit. 2022-12-11]. ISSN 1476-4954. Dostupné z: doi: 10.3109/14767058.2015.1105957.

BERGE, P. R., ADDE, L., ESPINOSA, G., STAVDAHL, O. 2008. ENIGMA – Enhanced interactive general movement assessment. *Expert Systems with Applications* [on-line]. 34(4), 2664–2672, [cit. 2022-10-10]. ISSN 0957-4174. Dostupné z: doi: 10.1016/j.eswa.2007.05.024.

BLATOW, M., NENNIG, E., DURST, A., SARTOR, K., STIPPICH, C. 2007. fMRI reflects functional connectivity of human somatosensory cortex. *NeuroImage* [on-line]. 37(3), 927–936, [cit. 2022-12-10]. ISSN 1095-9572. Dostupné z: doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.05.038.

BULLER, A. J., ECCLES, J. C., ECCLES, R. M. 1960. Differentiation of fast and slow muscles in the cat hind limb. *The Journal of physiology* [on-line]. 150(2), 399–416, [cit. 2023-02-15]. ISSN 1469-7793. Dostupné z: doi: 10.1113/jphysiol.1960.sp006394.

CAHILL-ROWLEY, K., ROSE, J. 2018. Temporal-spatial reach parameters derived from inertial sensors correlate to neurodevelopment in toddlers born preterm. *Journal of biomechanics* [on-line]. 72, 17–22, [cit. 2023-02-28]. ISSN 0021-9290. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jbiomech.2018.02.013.

CAMPISI, S. C., CARBONE, S. E., ZLOTKIN, S. 2019. Catch-Up Growth in Full-Term Small for Gestational Age Infants: A Systematic Review. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)* [on-line]. 10(1), 104–111, [cit. 2021-12-20]. ISSN 2156-5376. Dostupné z: doi: 10.1093/advances/nmy091.



CAMPOS-BERGA, L., MORENO-GIMÉNEZ, A., SAHUQUILLO-LEAL, R., HERVÁS, D., DIAGO, V., NAVALÓN, P., VENTO, M., GARCÍA-BLANCO, A. 2022. Emotional regulation and psychomotor development after threatening preterm labor: a prospective study. *European Child & Adolescent Psychiatry* [on-line]. 31(3), 473–481, [cit. 2023-03-01]. ISSN 1435-165X. Dostupné z: doi: 10.1007/s00787-021-01733-6.

CANALS, J., HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, C., ESPARÓ, G., FERNÁNDEZ-BALLART, J. 2011. Neonatal Behavioral Assessment Scale as a predictor of cognitive development and IQ in full-term infants: a 6-year longitudinal study. *Acta paediatrica (Oslo, Norway: 1992)* [on-line]. 100(10), 1331–1337, [cit. 2023-04-28]. ISSN 1651-2227. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1651-2227.2011.02306.x.

CERASANI, J., CERONI, F., DE COSMI, V., MAZZOCCHI, A., MORNIROLI, D., ROGGERO, P., MOSCA, F., AGOSTONI, C., GIANNI, M. L. 2020. Human Milk Feeding and Preterm Infants' Growth and Body Composition: A Literature Review. *Nutrients* [on-line]. 12(4), 1–2, [cit. 2021-12-20]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi: 10.3390/nu12041155.

CHEN, H., BAO, S., LU, C., WANG, L., MA, J., WANG, P., LU, H., SHU, F., OETOMO, S. B., CHEN, W. 2020. Design of an Integrated Wearable Multi-Sensor Platform Based on Flexible Materials for Neonatal Monitoring. *IEEE Access* [on-line]. 8, 23732–23747, [cit. 2022-12-06]. ISSN 2169-3536. Dostupné z: doi: 10.1109/ACCESS.2020.2970469.

CHEN, H., XUE, M., MEI, Z., OETOMO, S. B., CHEN, W. 2016. A review of wearable sensor systems for monitoring body movements of neonates. *Sensors (Basel, Switzerland)* [on-line]. 16(12), 1–17, [cit. 2022-09-26]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi: 10.3390/s16122134.

CHEONG, J. L. Y., HUNT, R. W., ANDERSON, P. J., HOWARD, K., THOMPSON, D. K., WANG, H. X., BEAR, M. J., INDER, T. E., DOYLE, L. W. 2008. Head growth in preterm infants: correlation with magnetic resonance imaging and neurodevelopmental outcome. *Pediatrics* [on-line]. 121(6), 1534–1540, [cit. 2022-12-06]. ISSN 1098-4275. Dostupné z: doi: 10.1542/peds.2007-2671.

CÍBOCHOVÁ, R. 2004. Psychomotorický vývoj dítěte v prvním roce života. *Pediatric pro praxi* [on-line]. 6, 291–297, [cit. 2022-12-27]. ISSN 1803-5264. Dostupné z: <https://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2004/06/07.pdf>.

CIONI, G., FERRARI, F., EINSPIELER, C. PAOLICELLI, P. B., BARBANI, T., PRECHTL, H. F. R. 1997. Comparison between observation spontaneous movements and neurologic examination in preterm infants. *The Journal of Pediatrics* [on-line]. 130(5), 704–711, [cit. 2023-02-18]. ISSN 0022-3476. Dostupné z: doi:10.1016/s0022-3476(97)80010-8.

CLAXTON, L. J., KEEN, R., MCCARTY, M. E. 2003. Evidence of motor planning in infant reaching behavior. *Psychological science* [on-line]. 14(4), 354–356, [cit. 2022-12-06]. ISSN 1467-9280. Dostupné z: doi: 10.1111/1467-9280.24421.

CUI, X. 2014. *The firmware development of a portable inertial measurement unit (IMU)*. Master Thesis. University of Technology: Sydney.

DE'CAVALIERI, M. F., FILOGNA, S., MARTINI, G., BEANI, E., MASELLI, M., CIANCHETTI, M., DUBBINI, N., CIONI, G., SGANDURRA, G. 2023. Wearable accelerometers for measuring and monitoring the motor behaviour of infants with brain damage during CareToy-Revised training. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [on-line]. 20(1), 1–15, [cit. 2023-05-10]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi: 10.1186/s12984-023-01182-z.

DEL VECCHIO, A., SYLOS-LABINI, F., MONDI, V., PAOLILLO, P., IVANENKO, Y., LACQUANITI, F., FARINA, D. 2020. Spinal motoneurons of the human newborn are highly synchronized during leg movements. *Science Advances* [on-line]. 6(47), 1–10, [cit. 2023-02-21]. ISSN 2375-2548. Dostupné z: doi: 10.1126/sciadv.abc3916.

DE VRIES, N. K. S., BOS, A. F. 2010. The quality of general movements in the first ten days of life in preterm infants. *Early human development* [on-line]. 86(4), 225–229, [cit. 2022-09-21]. ISSN 0378-3782. Dostupné z: doi: 10.1016/j.earlhumdev.2010.03.004.

DOMINICI, N., IVANENKO, Y. P., CAPPELLINI, G., D'AVELLA, A., MONDI, V., CICHESE, M., FABIANO, A., SILEI, T., DI PAOLO, A., GIANNINI, C., POPPELE,

R. E., LACQUANITI, F. 2011. Locomotor primitives in newborn babies and their development. *Science (New York, N.Y.)* [on-line]. 334 (6058), 997–999, [cit. 2022-12-01]. ISSN 0079-6123. Dostupné z: doi: 10.1126/science.1210617.

DORONIEWICZ, I., LEDWON, D. J., AFFANASOWICZ, A., KIESZCZYNSKA, K., LATOS, D., MATYJA, M., MITAS, A. W., MYSLIWIEC, A. 2020. Writhing Movement Detection in Newborns on the Second and Third Day of Life Using Pose-Based Feature Machine Learning Classification. *Sensors (Basel, Switzerland)* [on-line]. 20(21), 1–15, [cit. 2022-09-20]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi: 10.3390/s20215986.

DORONIEWICZ, I., LEDWON, D. J., BUGDOL, M. N., KIESZCZYNSKA, K., AFFANASOWICZ, A., MATYJA, M., BADURA, D., MITAS, A. W., MYSLIWIEC, A. 2021. Computer-Based Analysis of Spontaneous Infant Activity: A Pilot Study. In: PIETKA, E., BADURA, P., KAWA, J., WIECLAWEK, W. (eds.) *Information Technology in Biomedicine*. Berlin: Springer International Publishing. ISBN 9783030496654.

DUSING, S. C., HARBOURNE, R. T. 2010. Variability in postural control during infancy: implications for development, assessment, and intervention. *Physical therapy* [on-line]. 90(12), 1838–1849, [cit. 2021-12-18]. ISSN 1538-6724. Dostupné z: doi: 10.2522/ptj.2010033.

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 human development* [on-line]. 90(3), 149–156, [cit. 2023-04-20]. ISSN 1872-6232. Dostupné z: doi: 10.1016/j.earlhumdev.2014.01.006.

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. *Physical therapy* [on-line]. 89(12), 1354–1362, [cit. 2023-04-19]. ISSN 1538-6724. Dostupné z: doi: 10.2522/ptj.20080361.

DUSING, S. C., THACKER, L. R., GALLOWAY, J. C. 2016. Infant born preterm have delayed development of adaptive postural control in the first 5 months of life. *Infant behavior & development* [on-line]. 44(1), 49–58, [cit. 2023-04-30]. ISSN 1879-0453. Dostupné z: doi: 10.1016/j.infbeh.2016.05.002.

DUSING, S. C., THACKER, L. R., STERGIOU, N., GALLOWAY, J. C. 2012. Early Complexity Supports Development of Motor Behaviors in the First Months of Life. *Developmental Psychobiology* [on-line]. 55(4), 404–414, [cit. 2023-04-29]. ISSN 1098-2302. Dostupné z: doi: 10.1002/dev.21045.

EGASHIRA, T., HASHIMOTO, M., SHIRAISHI, T. A., SHICHIJO, A., EGASHIRA, M., MIZUKAMI, T., TAKAYANAGI, T. 2019. A longer body length and larger head circumference at term significantly influences a better subsequent psychomotor development in very-low-birth-weight infants. *Brain & development* [on-line]. 41(4), 313–319, [cit. 2021-02-28]. ISSN 0387-7604. Dostupné z: doi: 10.1016/j.braindev.2018.11.012.

EINSPIELER, C., PRECHTL, H. F. R. 2005. Prechtl's assessment of general movements: a diagnostic tool for the functional assessment of the young nervous system. *Mental retardation and developmental disabilities research reviews* [on-line]. 11(1), 61–67, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1940-5529. Dostupné z: doi: 10.1002/mrdd.20051.

EINSPIELER, C., PRECHTL, H. F. R., FERRARI, F., CIONI, G., BOS, A. F. 1997. The qualitative assessment of general movements in preterm, term and young infants--review of the methodology. *Early human development* [on-line]. 50(1), 47–60, [cit. 2021-12-21]. ISSN 0378-3782. Dostupné z: doi: 10.1016/s0378-3782(97)00092-3.

FAN, M., GRAVEM, D., COOPER, D. M., PATTERSON, D. J. 2012. Augmenting Gesture Recognition with Erlang-cox Models to Identify Neurological Disorders in Premature Babies. In: DEY, A. K., CHU, H. H., HAYES, G. *UbiComp '12: Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing*. New York: Association for Computing Machinery. ISBN 978-1-4503-1224-0.

FENICHEL, G. M. 1993. Neurological examination of the newborn. *Brain & Development* [on-line]. 15(6), 403–410, [cit. 2023-03-12]. ISSN 0387-7604. Dostupné z: doi: 10.1016/0387-7604(93)90079-n.

FERRARI, F., CIONI, G., EINSPIELER, C., ROVERSI, M. F., BOS, A. F., PAOLICELLI, P. B., RANZI, A., PRECHTL, H. F. R. 2002. Cramped synchronized general movements

in preterm infants as an early marker for cerebral palsy. *Archives of pediatrics & adolescent medicine* [on-line]. 156(5), 460–467, [cit. 2022-09-22]. ISSN 1538-3628. Dostupné z: doi: 10.1001/archpedi.156.5.460.

FETTERS, L., CHEN, Y., JONSDOTTIR, J., TRONICK, E. Z. 2004. Kicking coordination captures differences between full-term and premature infants with white matter disorder. *Human movement science* [on-line]. 22(6), 729–748, [cit. 2022-10-12]. ISSN 1872-7646. Dostupné z: doi: 10.1016/j.humov.2004.02.001.

FILIPPETTI, M. L., JOHNSON, M. H., LLOYD-FOX, S., DRAGOVIC, D., FARRONI, T. 2013. Body perception in newborns. *Current biology* [on-line]. 23(23), 2413–2416, [cit. 2021-12-22]. ISSN 1879-0445. Dostupné z: doi: 10.1016/j.cub.2013.10.017.

FRY, K. E., CHEN, Y., HOWARD, A. 2018. Detection of Infant Motor Activity During Spontaneous Kicking Movements for Term and Preterm Infants Using Inertial Sensors. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* [on-line]. 40, 5767–5770, [cit. 2022-10-12]. ISSN 2375-7477. Dostupné z: doi: 10.1109/EMBC.2018.8513578.

GIGANTI, F., CIONI, G., BIAGIONI, E., PULITI, M. T., BOLDRINI, A., SALZARULO, P. 2001. Activity patterns assessed throughout 24-hour recordings in preterm and near term infants. *Developmental psychobiology* [on-line]. 38(2), 133–142, [cit. 2023-03-02]. ISSN 1098-2302. Dostupné z: doi: 10.1002/1098-2302(200103)38:2<133::aid-dev1006>3.0.co;2-i.

GIMA, H., OHGI, S., MORITA, S., KARASUNO, H., FUJIWARA, T., ABE, K. 2011. A dynamical system analysis of the development of spontaneous lower extremity movements in newborn and young infants. *Journal of physiological anthropology* [on-line]. 30(5), 179–186, [cit. 2023-03-01]. ISSN 1880-6805. Dostupné z: doi: 10.2114/jpa2.30.179.

GLOWINSKI, S., ŁOSINSKO, K., KOWIAŃSKI, P., WAŚKOW, M., BRYNDAL, A., GROCHULSKA, A. 2020. Inertial Sensors as a Tool for Diagnosing Discopathy Lumbosacral Pathologic Gait: A Preliminary Research. *Diagnostics (Basel, Switzerland)* [on-line]. 10(6), 1–13, [cit. 2022-09-30]. ISSN 2075-4418. Dostupné z: doi: 10.3390/diagnostics10060342.

GOLDENBERG, R. L., CULHANE, J. F., IAMS, J. D., ROMERO, R. 2008. Epidemiology and causes of preterm birth. *Lancet (London, England)* [on-line]. 371(9606), 75–84, [cit. 2021-12-22]. ISSN 0140-6736. Dostupné z: doi: 10.1016/S0140-6736(08)60074-4.

GRAVEM, D., SINGH, M., CHEN, C., RICH, J., VAUGHAN, J., GOLDBERG, K., WAFFARN, F., CHOU, P., COOPER, D., REINKENSMEYER, D., PATTERSON, D. 2012. Assessment of Infant Movement With a Compact Wireless Accelerometer System. *Journal of Medical Devices* [on-line]. 6(2), 1–7, [cit. 2023-05-03]. ISSN 1932-619X. Dostupné z: doi: 10.1115/1.4006129.

GROSS, R. D., TRAPANI-HANASEWYCH, M. Breathing and Swallowing: The Next Frontier. *Seminars in speech and language* [on-line]. 38(2), 87–95, [cit. 2022-12-10]. ISSN 0734-0478. Dostupné z: doi: 10.1055/s-0037-1599106.

GU, I. Y. H., SOWULEWSKI, G., YUN, Y., FLISBERG, A., THORDSTEIN, M. 2016. 3D limb movement tracking and analysis for neurological dysfunctions of neonates using multi-camera videos. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society* [on-line]. 38, 2395–2398, [cit. 2022-12-10]. ISSN 2375-7477. Dostupné z: doi: 10.1109/EMBC.2016.7591212.

HADDERS-ALGRA, M. 2001. Evaluation of motor function in young infants by means of the assessment of general movements: a review. *Pediatric physical therapy* [on-line]. 13(1), 27–36, [cit. 2022-10-10]. ISSN 1538-005X. Dostupné z: doi: 10.1097/00001577-200104000-00005.

HADDERS-ALGRA, M. 2005. Development of postural control during the first 18 months of life. *Neural plasticity* [on-line]. 12(2–3), 99–108, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1687-5443. Dostupné z: doi: 10.1155/NP.2005.99.

HAYES, G. R., PATTERSON, D. J., SINGH, M., GRAVEM, D., RICH, J., COOPER, D. 2011. Supporting the transition from hospital to home for premature infants using integrated mobile computing and sensor support. *Personal and Ubiquitous Computing* [on-line]. 15(8), 871–885, [cit. 2023-05-17]. ISSN 1617-4917. Dostupné z: doi: 10.1007/s00779-011-0402-4.

HEINZE, F., HESELS, K., BREITBACH-FALLER, N., SCHMITZ-RODE, T., DISSELHORST-KLUG, C. 2010. Movement analysis by accelerometry of newborns and infants for the early detection of movement disorders due to infantile cerebral palsy. *Medical & Biological Engineering & Computing* [on-line]. 48(8), 765–772, [cit. 2022-10-10]. ISSN 1741-0444. Dostupné z: doi: 10.1007/s11517-010-0624-z.

HITZERT, M. M., ROZE, E., VAN BRAECKEL, K. N. J. A., BOS, A. F. 2014. Motor development in 3-month-old healthy term-born infants is associated with cognitive and behavioural outcomes at early school age. *Developmental medicine and child neurology* [on-line]. 56(9), 869–876, [cit. 2022-12-12]. ISSN 1469-8749. Dostupné z: doi: 10.1111/dmcn.12468.

HOYT, C. R., VAN, A. N., ORTEGA, M., KOLLER, J. M., EVERETT, E. A., NGUYEN, A. L., LANG, C. E., SCHLAGGAR, B. L., DOSENBACH, N. U. F. 2019. Detection of Pediatric Upper Extremity Motor Activity and Deficits With Accelerometry. *JAMA network open* [on-line]. 2(4), 1–13, [cit. 2021-12-21]. ISSN 2574-3805. Dostupné z: doi: 10.1001/jamanetworkopen.2019.2970.

HYMAN, C., SNIDER, L. M., MAJNEMER, A., MAZER, B. 2005. Concurrent validity of the Neurobehavioural Assessment for Preterm Infants (NAPI) at term age. *Pediatric rehabilitation* [on-line]. 8(3), 225–234, [cit. 2023-04-26]. ISSN 1363-8491. Dostupné z: doi: 10.1080/13638490400022220.

IRSHAD, M. T., NISAR, M. A., GOUVERNEUR, P., RAPP, M., GRZEGORZEK, M. 2020. AI Approaches Towards Prechtl's Assessment of General Movements: A Systematic Literature Review. *Sensors (Basel, Switzerland)* [on-line]. 20(18), 1–32, [cit. 2022-09-28]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi: 10.3390/s20185321.

JARDINE, L. A., MAUSLING, R. M., CALDARARO, D., COLDITZ, P. W., DAVIES, M. W. 2022. Accelerometer measures in extremely preterm and or extremely low birth weight infants and association with abnormal general movements assessments at 28- and 32-weeks postmenstrual age. *Early human development* [on-line]. 174(11), 1–7, [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: doi: 10.1016/j.earlhumdev.2022.105685.

JENG, S. F., CHEN, L. C., TSOU, K. I., CHEN, W. J., LUO, H. J. 2004. Relationship between spontaneous kicking and age of walking attainment in preterm infants with very low birth weight and full-term infants. *Physical therapy* [on-line]. 84(2), 159–172, [cit. 2022-09-30]. ISSN 2079-9209. Dostupné z: doi: 10.1093/ptj/84.2.159.

JOËLS, M., BARAM, T. Z. 2009. The neuro-symphony of stress. *Nature reviews Neuroscience* [on-line]. 10(6), 459–466, [cit. 2022-12-11]. ISSN 1471-0048. Dostupné z: doi: 10.1038/nrn2632.

JOURAND, P., DE CLERCQ, H., PUERS, R. 2010. Robust monitoring of vital signs integrated in textile. *Sensors and Actuators A: Physical* [on-line]. 161(1), 288–296, [cit. 2023-05-05]. ISSN 1873-3069. Dostupné z: doi: 10.1016/j.sna.2010.05.002.

JOYCE, K. 2019. Smart textiles: transforming the practice of medicalisation and health care. *Sociology of health & illness* [on-line]. 41(1), 147–161, [cit. 2022-12-10]. ISSN 1467-9566. Dostupné z: doi: 10.1111/1467-9566.12871.

JUN, K., CHOI, S., 2020. Unsupervised End-to-End Deep Model for Newborn and Infant Activity Recognition. *Sensors (Basel, Switzerland)* [on-line]. 20(22), 1–17, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi: 10.3390/s20226467.

KASAI, T., IKATA, T., KATOH, S., MIYAKE, R., TSUBO, M. 1996. Growth of the cervical spine with special reference to its lordosis and mobility. *Spine* [on-line]. 21(18), 2067–2073, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1528-1159. Dostupné z: doi: 10.1097/00007632-199609150-00003.

KELLY, L. A., MCMILLAN, D. G., ANDERSON, A., FIPPINGER, M., FILLERUP, G., RIDER, J. 2013. Validity of actigraphs uniaxial and triaxial accelerometers for assessment of physical activity in adults in laboratory conditions. *BMC medical physics* [on-line]. 13(1), 1–7, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1756-6649. Dostupné z: doi: 10.1186/1756-6649-13-5.

KOBESOVÁ, A., KOLÁŘ, P. Developmental kinesiology: three levels of motor control in the assessment and treatment of the motor system. *Journal of bodywork and movement*



*therapies* [on-line]. 18(1), 23–33, [cit. 2021-12-21]. ISSN 1532-9283.  
Dostupné z: doi: 10.1016/j.jbmt.2013.04.002.

KRAMER, M. S., PAPAGEORGHIOU, A., CULHANE, J., BHUTTA, Z., GOLDEBERG, R. L., GRAVETT, M., IAMS, J. D., CONDE-AGUDELO, A., WALLER, S., BARROS, F., KNIGHT, H., VILLAR, J. 2012. Challenges in defining and classifying the preterm birth syndrome. *American journal of obstetrics and gynecology* [on-line]. 206(2), 108–112, [cit. 2021-12-12]. ISSN 0002-9378. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ajog.2011.10.864.

KWON, S., ZAVOS, P., NICKELE, K., SUGIANTO, A., ALBERT, M. V. 2019. Hip and Wrist-Worn Accelerometer Data Analysis for Toddler Activities. *International journal of environmental research and public health* [on-line]. 6(14), 1–12, [cit. 2021-11-23]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi: 10.3390/ijerph16142598.

LANGERCRANTZ, H., CHANGEUX, J. P. 2010. Basic consciousness of the newborn. *Seminars in perinatology* [on-line]. 34(3), 201–206, [cit. 2021-12-22]. ISSN 1558-075X. Dostupné z: doi: 10.1053/j.semperi.2010.02.004.

LA SCALEIA, V., IVANENKO, Y., FABIANO, A., SYLOS-LABINI, F., CAPPELLINI, G., PICONE, S., PAOLILLO, P., DI PAOLO, A., LACQUANITI, F. 2018. Early manifestation of arm-leg coordination during stepping on a surface in human neonates. *Experimental brain research* [on-line]. 236(4), 1105–1115, [cit. 2022-12-20]. ISSN 1432-1106. Dostupné z: doi: 10.1007/s00221-018-5201-y.

LEMOYNE, R., COROIAN, C., MASTROIANNI, T., GRUNDFEST, W. 2008. Accelerometers for quantification of gait and movements disorders: a perspective review. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology* [on-line]. 8(2), 137–152, [cit. 2023-03-09]. ISSN 1793-6810. Dostupné z: doi:10.1142/s0219519408002656.

LIDELL, M. E. 2019. Brown Adipose Tissue in Human Infants. *Handbook of experimental pharmacology* [on-line]. 251, 107–123, [cit. 2021-12-21]. ISSN 1865-0325. Dostupné z: doi: 10.1007/164\_2018\_118.

LÚCHINGER, A. B., HADDERS-ALGRA, M., VAN KAN, C. M., DE VRIES, J. I. P. 2008. Fetal onset of general movements. *Pediatric research* [on-line]. 63(2), 191–195, [cit. 2021-12-21]. ISSN 1530-0447. Dostupné z: doi: 10.1203/PDR.0b013e31815ed03e.

LUNDQVIST-PERSSON, C., LAU, G., NORDIN, P., BONA, E., SABEL, K. G. 2012. Preterm infants' early developmental status is associated with later developmental outcome. *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992)* [on-line]. 101(2), 172–178, [cit. 2022-10-08]. ISSN 1651-2227. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1651-2227.2011.02442.x.

MACLACHLAN, R. A., HOLLIS, R. L., MARTEL, J. N., LOBES, L. A., RIVIERE, C. N. 2017. Toward Improved Electromagnetic Tracking for Handheld Robotics. *Proceedings of the 3rd International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering* [on-line]. 75–80, [cit. 2023-02-08]. Dostupné z: doi:10.1145/3068796.3068823.

MAGANA-ESPINOZA, P., AQUINO-SANTOS, R., CARDENAS-BENTEZ, N., AGUILAR-VELASCO, J., BUENROSTRO-SEGURA, C., EDWARDS-BLOCK, A., MEDINA-CASS, A. 2014. WiSPH: A Wireless Sensor Network-Based Home Care Monitoring System. *Sensors (Basel)* [on-line]. 14(4), 7096–7119, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s140407096.

MAJNEMER, A., SNIDER, L. 2005. A comparison of developmental assessments of the newborn and young infant. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews* [on-line]. 11(1), 68–73, [cit. 2023-04-22]. ISSN 1098-2779. Dostupné z: doi: 10.1002/mrdd.20052.

MAYO, N. E. 1991. The effect of physical therapy for children with motor delay and cerebral palsy. A randomized clinical trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* [on-line]. 70(5), 258–267, [cit. 2022-10-02]. ISSN 1537-7385. Dostupné z: doi: 10.1097/00002060-199110000-00006.

MORAES, M. V. M., TUDELLA, E., RIBEIRO, J., BELTRAME, T. S., KREBS, R. J. 2011. Reliability of the M-FLEX™: equipment to measure palmar grasp strength in infants. *Infant behavior & development* [on-line]. 34(2), 226–234, [cit. 2022-12-09]. ISSN 1879-0453. Dostupné z: doi: 10.1016/j.infbeh.2010.12.004.

NELSON, K. B., LYNCH, J. K. 2004. Stroke in newborn infants. *The Lancet Neurology* [on-line]. 3(3), 150–158, [cit. 2022-12-02]. ISSN 1474-4422. Dostupné z: doi: 10.1016/S1474-4422(04)00679-9.

OHGI, S., MORITA, S., LOO, K. K., MIZUIKE, C. 2007. A dynamical systems analysis of spontaneous movements in newborn infants. *Journal of motor behavior* [on-line]. 39(3), 203–214, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1940-1027. Dostupné z: doi: 10.3200/JMBR.39.3.203-214.

OISHI, Y., OHTA, H., HIROSE, T., NAKAYA, S., TSUCHIYA, K., NAKAGAWA, M., KUSAKAWA, I., SATO, T., OBONAI, T., NISHIDA, H., YODA, H. 2018. Combined effects of body position and sleep status on the cardiorespiratory stability of near-term infants. *Scientific Reports* [on-line]. 8(1), 1–8, [cit. 2023-05-02]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi: 10.1038/s41598-018-27212-8.

PALMIERI, R. M., INGERSOLL, C. D., STONE, M. B., KRAUSE, B. A. 2002. Center-of-Pressure Parameters Used in the Assessment of Postural Control. *Journal of Sport Rehabilitation* [on-line], 11(1), 51–66, [cit. 2023-05-06]. ISSN 1543-3072. Dostupné z: doi: 10.1123/jsr.11.1.51.

PANJAN, A., SARABON, N. 2010. Review of Methods for the Evaluation of Human Body Balance. *Sport Science Review* [on-line]. 19(5–6), 131–163, [cit. 2022-09-25]. ISSN 2069-7244. Dostupné z: doi: 10.2478/v10237-011-0036-5.

PICCINI, L., CIANI, O., GRÖNVALL, E., MARTI, P., ANDREONI, G. 2008. New monitoring approach for Neonatal Intensive Care Unit. *The 5th International Workshop on Wearable, Micro and Nano Technologies for the Personalised Health* [on-line]. 1–6, [cit. 2021-12-21]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/228640951>.

PIERRAT, V., MARCHAND-MARTIN, L., ARNAUD, C., KAMINSKI, M., RESCHERIGON, M., LEBEAUX, C., BODEAU-LIVINEC, F., MORGAN, A. S., GOFFINET, F., MARRET, S., ANCEL, P. Y. 2017. Neurodevelopmental outcome at 2 years for preterm children born at 22 to 34 weeks' gestation in France in 2011: EPIPAGE-2 cohort study. *British*

*Medical Journal (Clinical Research Edition)* [on-line]. 358(36), 1–13, [cit. 2023-02-21]. ISSN 1468-5833. Dostupné z: doi: 10.1136/bmj.j3448.

PISONI, C., PROVENZI, L., MONCECCHI, M., CAPORALI, C., NABONI, C., STRONATI, M., MONTIROSSO, R., BORGATTI, R., ORCESI, S. 2021. Early parenting intervention promotes 24-month psychomotor development in preterm children. *Acta paediatrica (Oslo, Norway: 1992)* [on-line]. 110(1), 101–108, [cit. 2023-02-27]. ISSN 1651-2227. Dostupné z: doi: 10.1111/apa.15345.

PITCHFORD, E. A., KETCHESON, L. R., KWON, H. J., ULRICH D. A. 2017. Minimum Accelerometer Wear Time in Infants: A Generalizability Study. *Journal of physical activity & health* [on-line]. 14(6), 421–428, [cit. 2021-12-21]. ISSN 1543-5474. Dostupné z: doi: 10.1123/jpah.2016-0395.

PLAISIER, A., GOVAERT, P., LEQUIN, M. H., DUDINK, J. 2014. Optimal timing of cerebral MRI in preterm infants to predict long-term neurodevelopmental outcome: a systematic review. *American Journal of Neuroradiology* [on-line]. 35(5), 841–847, [cit. 2023-02-27]. ISSN 1936-959X. Dostupné z: doi: 10.3174/ajnr.A3513.

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 Human Development*. [on-line]. 90(1), 55–60, [cit. 2022-10-02]. ISSN 0378-3782. Dostupné z: doi: 10.1016/j.earlhumdev.2013.10.004.

PRECHTL, H. F. R. 1990. Qualitative changes of spontaneous movements in fetus and preterm infant are a marker of neurological dysfunction. *Early human development* [on-line]. 23(3), 151–158, [cit. 2021-12-21]. ISSN 0378-3782. Dostupné z: doi: 10.1016/0378-3782(90)90011-7.

PRESTI, D. L., DALL'ORSO, S., MUCELI, S., ARICHI, T., NEUMANE, T., LUKENS, A., SABBADINI, R., MASSARONI, C., CAPONERO, M. A., FORMICA, D., BURDET, E., SCHENA, E. 2020. An fMRI Compatible Smart Device for Measuring Palmar Grasping Actions in Newborns. *Sensors (Basel, Switzerland)* [on-line]. 20(21), 1–16, [cit. 2022-12-01]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi: 10.3390/s20216040.

RAHMATI, H., MARTENS, H., AAMO, O. M., STAVDAHL, Ø., STØEN, R., ADDE, L. 2016. Frequency analysis and feature reduction method for prediction of cerebral palsy in young infants. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* [on-line]. 24(11), 1225–1234, [cit. 2022-10-01]. ISSN 1558-0210. Dostupné z: doi: 10.1109/TNSRE.2016.2539390.

REDD, C. B., BARBER, L. A., BOYD, R. N., VARNFIELD, M., KARUNANITHI, M. K. 2019. Development of a Wearable Sensor Network for Quantification of Infant General Movements for the Diagnosis of Cerebral Palsy. *41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* [on-line]. 7134–7139, [cit. 2023-05-01]. ISSN 1558-4615. Dostupné z: doi: 10.1109/embc.2019.8857377.

RICARDO, L. SILVA, I. C. M. D. A., MARTINS, R. C., WENDT, A., GONCALVES, H., HALLAL, R. C., WEHRMEISTER, F. C. 2018. Protocol for Objective Measurement of Infants' Physical Activity using Accelerometry. *Medicine and science in sports and exercise* [on-line]. 50(5), 1084–1092, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1530-0315. Dostupné z: doi: 10.1249/MSS.0000000000001512.

RIHAR, A., MIHELJ, M., PAŠIČ, J., KOLAR, J., MUNIH, M. 2014. Infant trunk posture and arm movement assessment using pressure mattress, inertial and magnetic measurement units (IMUs). *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [on-line]. 11(1), 1–14, [cit. 2022-09-27]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi: 10.1186/1743-0003-11-133.

ROMEO, D. M., BROGNA, C., SINI, F., ROMEO, M. G., COTA, F., RICCI, D. 2016. Early psychomotor development of low-risk preterm infants: Influence of gestational age and gender. *European Journal of Paediatric Neurology* [on-line]. 20(4), 518–523, [cit. 2023-03-13]. ISSN 1532-2130. Dostupné z: doi: 10.1016/j.ejpn.2016.04.011.

RÖNNQVIST, L. 1995. A critical examination of the Moro response in newborn infants – symmetry, state relation, underlying mechanisms. *Neuropsychologia* [on-line]. 33(6), 713–726, [cit. 2023-03-15]. ISSN 1873-3514. Dostupné z: doi: 10.1016/0028-3932(95)00006-o.

ROSENBAUM, D. A. 2005. The Cinderella of psychology: the neglect of motor control in the science of mental life and behavior. *The American psychologist* [on-line]. 60(4), 308–317, [cit. 2022-12-07]. ISSN 1935-990X. Dostupné z: doi: 10.1037/0003-066X.60.4.308.

ROUSSEAU, P. V., MATTON, F., LECUYER, R., LAHAYE, W. 2017. The Moro reaction: More than a reflex, a ritualized behavior of nonverbal communication. *Infant behavior & development* [on-line]. 46, 169–177, [cit. 2023-03-13]. ISSN 1934-8800. Dostupné z: doi: 10.1016/j.infbeh.2017.01.004.

RUTKOWSKA, M., BEKIESIŃSKA-FIGATOWSKA, M., KMITA, G., TERCZYŃSKA, I., POLAK, K., KALISIAK, M., PRAZMOWSKA, D., KIEPURA, E., SZKUDLIŃSKA-PAWLAK, S., SEROCZYŃSKA, M., HELWICH, E. 2018. Neuroimaging results, short-term assessment of psychomotor development and the risk of autism spectrum disorder in extremely premature infants ( $\leq 28$  GA) - a prospective cohort study (preliminary report). *Developmental period medicine* [on-line]. 22(1), 39–48, [cit. 2023-02-28]. ISSN 2354-0060. Dostupné z: doi: 10.34763/devperiodmed.20182201.3948.

SAADATIAN, E., IYER, S. P., LIHUI, C., NEWTON FERNANDO, O. N., HIDEAKI, N., CHEOK, A. D., MADURAPPERUMA, A. P., PONNAMPALAM, G., AMIN, Z. 2011. Low Cost Infant Monitoring and Communication System. *IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research* [on-line]. 503–508, [cit. 2023-05-08]. ISSN 9781-4673. Dostupné z: doi:10.1109/chuser.2011.6163782.

SARGENT, B., SCHWEIGHOFER, N., KUBO, M., FETTERS, L. 2014. Infant exploratory learning: influence on leg joint coordination. *Public Library of Science One* [on-line]. 9(3), 1–14, [cit. 2022-09-29]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi: 10.1371/journal.pone.0091500.

SEKINE, M., TAMURA, T., YOSHIDA, M., SUDA, Y., KIMURA, Y., MIYOSHI, H., KIJIMA, Y., HIGASHI, Y., FUJIMOTO, T. 2013. A gait abnormality measure based on root mean square of trunk acceleration. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* [on-line]. 10(118), 1–7, [cit. 2023-05-02]. ISSN 1743-0003. Dostupné z: doi: 10.1186/1743-0003-10-118.

SINGH, M., PATTERSON, D. J. 2010. Involuntary gesture recognition for predicting cerebral palsy in high-risk infants. *International Symposium on Wearable Computers (ISWC) 2010* [on-line]. 1–8, [cit. 2023-05-06]. ISSN 2376-8541. Dostupné z: doi: 10.1109/iswc.2010.5665873.

SLATTERY, M. M., MORRISON, J. J. 2002. Preterm delivery. *Lancet (London, England)* [on-line]. 360(9344), 1489–1497, [cit. 2021-12-22]. ISSN 0140-6736. Dostupné z: doi: 10.1016/S0140-6736(02)11476-0.

STERGIOU, N., DECKER, L. M. 2011. Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection?. *Human Movement Science* [on-line]. 30(5), 869–888, [cit. 2023-04-28]. ISSN 1872-7646. Dostupné z: doi: 10.1016/j.humov.2011.06.002.

SULLIVAN, E. L., HOLTON, K. F., NOUSEN, E. K., BARLING, A. N., SULLIVAN, C. A., PROPPER, C. B., NIGG, J. T. 2015. Early identification of ADHD risk via infant temperament and emotion regulation: a pilot study. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines* [on-line]. 56(9), 949–957, [cit. 2023-02-23] ISSN 1469-7610. Dostupné z: doi: 10.1111/jcpp.12426.

SWANSON, J. R., SINKIN, R. A. 2015. Transition from fetus to newborn. *Pediatric clinics of North America* [on-line]. 62(2), 329–343, [cit. 2021-12-21]. ISSN 1557-8240. Dostupné z: doi: 10.1016/j.pcl.2014.11.002.

SYDUZZAMAN, M., PATWARY, S., FARHANA, K., AHMED, S. 2015. Smart Textiles and Nano-Technology: A General Overview. *Journal of Textile Science & Engineering* [on-line]. 5(1), 1–7, [cit. 2022-12-01]. ISSN 2165-8064. Dostupné z: doi: 10.4172/2165-8064.1000181.

SYLOS-LABINI, F., MAGNANI, S., CAPPELLINI, G., LA SCALEIA, V., FABIANO, A., PICONE, S., PAOLILLO, P., DI PAOLO, A., LACQUANITI, F., IVANENKO, Y. 2017. Foot Placement Characteristics and Plantar Pressure Distribution Patterns during Stepping on Ground in Neonates. *Frontiers in Physiology* [on-line]. 8(784), 1–14, [cit. 2022-12-11]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: doi: 10.3389/fphys.2017.00784.

THELEN, E. 1985. Developmental origins of motor coordination: leg movements in human infants. *Developmental psychobiology* [on-line]. 18(1). 11–22, [cit. 2022-10-11]. ISSN 1098-2302. Dostupné z: doi: 10.1002/dev.420180102.

TROST, S. G., O'NEIL, M. 2014. Clinical use of objective measures of physical activity. *British journal of sports medicine* [on-line]. 48(3), 178–181, [cit. 2021-12-20]. ISSN 1473-0480. Dostupné z: doi: 10.1136/bjsports-2013-093173.

ÜLGEN, Ö., BARIŞ, H. E., AŞKAN, Ö. Ö., AKDERE, S. K., ILGIN, C., ÖZDEMİR, H., BEKIROĞLU, N., GÜCÜYENER, K., ÖZEK, E., BORAN, P. 2023. Sleep assessment in preterm infants: Use of actigraphy and aEEG. *Sleep medicine* [on-line]. 101, 260–268, [cit. 2023-05-11]. ISSN 1389-9457. Dostupné z: doi: 10.1016/j.sleep.2022.11.020.

VAN SCHAİK, E. V. J., DOMINICI, N. 2020. Motion tracking in developmental research: Methods, considerations, and applications. *Progress in brain research* [on-line]. 254, 89–111, [cit. 2022-12-07]. ISSN 0079-6123. Dostupné z: doi: 10.1016/bs.pbr.2020.06.007.

VILLARREAL-RÍOS, E., CRUZ-HERNÁNDEZ, C., MORALES-MORALES, K., VARGAS-DAZA, E. R., GALICIA-RODRÍGUEZ, L., ISASSI-GONZÁLEZ, D. M., GUZMÁN-PADILLA, E. 2021. Comparison of growth and psychomotor development in daycare centers attended by professionals. *Boletín medico del Hospital Infantil de Mexico* [on-line]. 78(6), 565–570, [cit. 2023-02-28]. ISSN 1665-1146. Dostupné z: doi: 10.24875/BMHIM.21000068.

WALFISCH, A., SERMER, C., CRESSMAN, A., KOREN, G. 2013. Breast milk and cognitive development--the role of confounders: a systematic review. *British Medical Journal Open* [on-line]. 3(8), 1–31, [cit. 2023-02-28]. ISSN 2044-6055. Dostupné z: doi: 10.1136/bmjopen-2013-003259.

WALLIN, L., ERIKSSON, M. 2009. Newborn Individual Development Care and Assessment Program (NIDCAP): a systematic review of the literature. *Worldviews on evidence-based nursing* [on-line]. 6(2), 54–69, [cit. 2023-02-26]. ISSN 1741-6787. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1741-6787.2009.00150.x.



WHITEHEAD, K., MEEK, J., FABRIZI, L., SMITH, B. A. 2020. Long-range temporal organisation of limb movement kinematics in human neonates. *Clinical Neurophysiology Practice* [on-line]. 5, 194–198, [cit. 2023-02-26]. ISSN 2467-981X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.cnp.2020.07.007.

World Health Organization. 2017. WHO recommendations on newborn health: guidelines approved by the WHO Guidelines Review Committee [on-line]. 1–26, [cit. 2021-12-19]. Dostupné z: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-MCA-17.07>.

ZAFEIRIOU, D. I. 2004. Primitive reflexes and postural reactions in the neurodevelopmental examination. *Pediatric neurology* [on-line]. 31(1), 1–8, [cit. 2021-12-19]. ISSN 0887-8994. Dostupné z: doi: 10.1016/j.pediatrneurol.2004.01.012.

ZHU, Z., LIU, T., LI, G., LI, T., INOUE, Y. 2015. Wearable sensor systems for infants. *Sensors (Basel, Switzerland)* [on-line]. 15(2), 3721–3749, [cit. 2022-10-09]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi: 10.3390/s150203721.

## Seznam zkratek

<b>ANS</b>	autonomní nervový systém
<b>ApEN</b>	Approximate Entropy, přibližná entropie
<b>CNS</b>	centrální nervová soustava
<b>COP</b>	center of pressure, centrum tlaku
<b>DK</b>	dolní končetina
<b>DKK</b>	dolní končetiny
<b>DMO</b>	dětská mozková obrna
<b>EEG</b>	elektroencefalografie
<b>ENNAS</b>	Einstein Neonatal Neurobehavioural Assessment Scale, Einsteinova neonatální škála pro hodnocení neurobehaviorálního chování
<b>fMRI</b>	funkční magnetická rezonance
<b>FNOL</b>	Fakultní nemocnice Olomouc
<b>FTK UP</b>	Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
<b>FZV UP</b>	Fakulta zdravotnických věd Univerzity Palackého v Olomouci
<b>GM</b>	general movements
<b>HK</b>	horní končetina
<b>HKK</b>	horní končetiny
<b>IMU</b>	inerciální měřicí jednotky
<b>LDK</b>	levá dolní končetina
<b>MRI</b>	magnetická rezonance
<b>NAPI</b>	Neurobehavioural Assessment for Preterm Infants, Neurobehaviorální hodnocení předčasně narozených dětí
<b>NBAS</b>	Neonatal Behavioral Assessment Scale, Škála hodnocení chování novorozenců
<b>PDK</b>	pravá dolní končetina
<b>PMV</b>	psychomotorický vývoj
<b>RMS</b>	root mean square, střední kvadratická hodnota
<b>UZ</b>	ultrasonografie
<b>WHO</b>	World Health Organization, Světová zdravotnická organizace

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b> První ilustrace morfologie hnědé tukové tkáně (Hatai, 1902 in Lidell, 2019, s. 110) .....	14
<b>Obrázek 2</b> Primitivní reflexy: A zkřížený extenzorový reflex, B suprapubický reflex, C krokový reflex, D podpurný reflex (Kobesová a Kolář, 2014, s. 25).....	16
<b>Obrázek 3</b> Krokový cyklus novorozence (Dominici et al., 2011, s. 997) .....	17
<b>Obrázek 4</b> Denní průměr zrychlení dle umístění akcelerometru na zápěstí a na kotníku (Ricardo et al., 2018, s. 1 087).....	30
<b>Obrázek 5</b> Bilaterální umístění akcelerometrů na laterální straně distálních bérců .....	41
<b>Obrázek 6</b> Umístění akcelerometru pod umbilicem.....	42
<b>Obrázek 7</b> Akcelerometr typu Axivity Ax6 .....	42
<b>Obrázek 8</b> Ukázka z programu OmGui .....	43
<b>Obrázek 9</b> Porovnání variability pohybu DKK zralých a nezralých novorozenců .....	45
<b>Obrázek 10</b> Porovnání variability pohybu pánve zralých a nezralých novorozenců .....	46
<b>Obrázek 11</b> Porovnání 1. a 2. poloviny záznamu u zralých novorozenců .....	48
<b>Obrázek 12</b> Porovnání 1. a 2. poloviny záznamu u nezralých novorozenců .....	48
<b>Obrázek 13</b> Porovnání variability LDK a PDK .....	50
<b>Obrázek 14</b> Korelace mezi gestačním věkem a variabilitou pohybu DKK .....	51
<b>Obrázek 15</b> Korelace mezi gestačním věkem a variabilitou pohybu pánve .....	52
<b>Obrázek 16</b> Korelace mezi hmotností a variabilitou pohybu DKK .....	53
<b>Obrázek 17</b> Korelace mezi hmotností a variabilitou pohybu pánve .....	53

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> Přehled zkoumaného souboru .....	37
<b>Tabulka 2</b> Hmotnosti zralých novorozenců při narození a měření .....	38
<b>Tabulka 3</b> Gestační věk zralých novorozenců při narození a měření .....	38
<b>Tabulka 4</b> Hmotnosti nezralých novorozenců při narození a měření.....	39
<b>Tabulka 5</b> Gestační věk nezralých novorozenců při narození a měření.....	39
<b>Tabulka 6</b> Porovnání variability pohybu DKK zralých a nezralých novorozenců .....	45
<b>Tabulka 7</b> Porovnání variability pohybu pánve zralých a nezralých novorozenců.....	46
<b>Tabulka 8</b> Porovnání 1. a 2. poloviny záznamu .....	47
<b>Tabulka 9</b> Porovnání LDK a PDK .....	49
<b>Tabulka 10</b> Korelace mezi gestačním věkem při vyšetření a variabilitou pohybu .....	51
<b>Tabulka 11</b> Korelace mezi hmotnostmi při vyšetření a variabilitou pohybu .....	53

## **Seznam příloh**

<b>Příloha 1</b> Ukázka informovaného souhlasu schváleného Etickou komisí FZV UP i Etickou komisí FTK UP.....	94
<b>Příloha 2</b> Ukázka doplňujícího souhlasu schváleného Etickou komisí FZV UP .....	96

## Přílohy

**Příloha 1** Ukázka informovaného souhlasu schváleného Etickou komisí FZV UP i Etickou komisí FTK UP



Fakulta  
zdravotnických věd



Fakulta  
tělesné kultury

### Informovaný souhlas

**Pro výzkumný projekt:** Monitoring spontánní pohybové aktivity novorozenců pomocí akcelerometrů

**Období realizace:** leden 2022–březen 2023

**Řešitelé projektu:** Mgr. Jana Slováková, doc. Mgr. Zdeněk Svoboda, Ph.D., Mgr. Alena Svobodová, Bc. Tereza Marková

---

Vážená paní, vážený pane,

obracíme se na Vás se žádostí o spolupráci na výzkumném projektu, který spočívá v monitorování spontánní pohybové aktivity novorozenců pomocí akcelerometrů. Hlavním cílem je ověření spolehlivosti zvoleného měření.

Vlastní sběr dat bude probíhat přímo na Oddělení fyziologických novorozenců Fakultní nemocnice v Olomouci za hospitalizace novorozence. Novorozenec musí být zdravý, kardio-respiračně stabilní, ležící na postýlce a ve věku alespoň 48 hod. od narození, v případě porodu císařským řezem 72 hod. Manipulaci bude vždy provádět kvalifikovaný fyzioterapeut nebo ve spolupráci s rodičem. Novorozenec bude svlečen do body a jednorázové plenky, poté bude položen na přebalovací podložku. Budou mu připevněny dva akcelerometry nad kotníky dolních končetin a jeden do středu horního okraje pleny. Snímání záznamu bude trvat 5 min. v poloze na zádech. Pláč je okamžikem k přerušení nebo (dle přání rodiče) ukončení snímání záznamu.

Pokud s účastí na projektu souhlasíte, připojte podpis, kterým vyslovujete souhlas s níže uvedeným prohlášením.

## **Prohlášení zákonného zástupce**

Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu. Řešitelka projektu mne informovala o podstatě výzkumu a seznámila mne s cíli, metodami a postupy, které budou při výzkumu používány, podobně jako s výhodami, riziky a povinnostmi, které pro mne z účasti na projektu vyplývají.

Souhlasím s anonymním použitím získaných dat za předpokladu respektování pravidel ochrany osobních údajů. Osobní data dítěte budou uchována s plnou ochranou důvěrnosti dle platných zákonů ČR.

Měl/a jsem možnost vše si řádně v klidu a v dostatečně dlouhém čase zvážit. Nejasnosti mi byly vysvětleny a dotazy zodpovězeny. Jsem informován/a o možnosti odstoupení od spolupráce na projektu, a to kdykoliv bez udání důvodu.

Tento informovaný souhlas je vyhotoven ve dvou stejnopisech, každý s platností originálu, z nichž jeden obdrží moje osoba nebo zákonný zástupce dítěte a druhý řešitel projektu.

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu: Tereza Marková

---

Telefonní kontakt a e-mail řešitele projektu: +420 739 180 117; tereza.markova01@upol.cz

---

Jméno, příjmení a podpis zákonného zástupce:

---

Telefonní kontakt a e-mail zákonného zástupce:

---

V Olomouci, dne: \_\_\_\_\_

**Příloha 2** Ukázka doplňujícího souhlasu schváleného Etickou komisí FZV UP

**Souhlas zákonného zástupce s pořízením videodokumentace a fotodokumentace**

Souhlasím s pořízením videozáznamu a fotografií z průběhu měření pouze pro vědecké účely za současné anonymizace dítěte ze záznamu zakrytím očí i genitálu, které znemožní jeho identifikaci.

Jméno, příjmení a podpis řešitele projektu: Tereza Marková

---

Telefonní kontakt a e-mail řešitele projektu: +420 739 180 117, tereza.markova01@upol.cz

---

Jméno, příjmení a podpis zákonného zástupce:

---

Telefonní kontakt a e-mail zákonného zástupce:

---

V Olomouci, dne: \_\_\_\_\_