VLIV POHYBU DOLNÍCH KONČETIN NA FORMACI KYČELNÍHO KLOUBU A TORZNÍ VÝVOJ FEMURU

Effects of movements of lower extremities on the hip joint formation and femur torsion development

10: 1–246, 2008
ISSN 1212-4117

Novotná Jitka¹, Frei Robert², Zahálka František¹, Dylevský Ivan^{1,3}

¹Univerzita Karlova v Praze, ČR, Fakulta tělesné výchovy a sportu, katedra anatomie a biomechaniky

²Ortopedická klinika Univerzity Karlovy a 2. lékařské fakulty, Fakultní nemocnice Motol

³Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, katedra preklinických oborů

Summary

Physiological processes as well as the formation of bones and joints, remodelling and angiogenesis are considerably affected by mechanical factors. The growths cartilage cell population is much more sensitive to immobilization compared with periosteal osteoblasts. Many researchers emphasize the importance of the muscular activity and embryonic movements of lower extremities for the physiological skeletal growth and development. However, no clear explanation has been presented. It was observed, that the dynamic motion is important for the formation of the joint cotyle and that the static force contributes to maintaining of the already formed cotyle. However, the possibility that the movement controls the joint formation has not yet been demonstrated. There is no sufficient demonstration concerning the particular prenatal or postnatal mechanical factors affecting the development and morphology of the femur in the hip joint developmental dysplasia. Only secondary clinical features of the diseases were described. We study the hip joint development and femur torsion based on ultrasonographic examination simultaneously with the usual variety of lower extremity movements with putting emphasis onto the development of the rotational component of the movement with the help of kinematic analysis. Individuals with developmental dysplasia of the hip joint and physiologic development of the hip joint are studied at their age of 2 to 6 weeks and 3 to 4 months. The first measurements indicate that postnatal changes in the femur morphology and hip joint cavity in the developmental dysplasia of the hip joint are developed as soon as prenatally and are related to the development of the motor activity and movements of lower extremities.

Key words: mechanical factors – joint formation – femur torsion – movement of lower extremities

Souhrn

Fyziologické procesy, jako je kostní a kloubní formace, remodelace a angiogeneze, jsou významně ovlivňovány mechanickými faktory. Buněčná populace růstové chrupavky je mnohem více senzitivní k imobilizaci než k periostálním osteoblastům. Mnoho vědců zdůrazňuje důležitost svalové aktivity a embryonálního pohybu dolních končetin pro fyziologický skeletální růst a vývoj. Nikdo však neudává přehledné mechanické zdůvodnění. Bylo pozorováno, že dynamický pohyb je důležitý pro tvorbu jamky kloubu a statická síla přispívá k udržení kloubní jamky již jednou vytvořené. Možnost, že pohyb kontroluje formaci kloubu však zůstává nedokázána. Neexistuje dostatečný důkaz o konkrétním prenatálním či postnatálním mechanickém faktoru ovlivňující vývoj a morfologii femuru u vývojové dysplázie kyčelního kloubu. Jsou popisovány jen sekundární klinické znaky onemocnění. Sledujeme vývoj kyčelního kloubu a torze femuru pomocí ultrasonografického vyšetření současně s užívaným repertoárem pohybů dolních končetin s důrazem na vývoj rotační komponenty pohybu pomocí kinematické analýzy. Jsou sledováni jedinci s vývojovou dysplázií kyčelního kloubu

a s fyziologickým vývojem kyčelního kloubu ve věku 2.–6. týden a 3.–4. měsíc. První měření naznačují, že změny morfologie femuru a kavity kyčelního kloubu u vývojové dysplázie kyčelního kloubu, pozorované postnatálně, se vyvíjí již prenatálně a mají vztah k vývoji motoriky a pohybu dolních končetin.

Klíčová slova: mechanické faktory – formace kloubu – torze femuru – pohyb dolních končetin

ÚVOD

V poslední době roste zájem o informace týkající se vývoje torzních změn femuru z důvodu častého nálezů vyšších hodnot tohoto úhlu u jedinců s vývojovou dysplázií kyčelního kloubu (dysplasia coxae congenita, DCC, developmental dysplasia of the hip, DDH). Vývojová dysplázie kyčelního kloubu je ve své nejtěžší formě jednou z nejčastějších vývojových malformací (Dezateux, Rosendahl, 2007). Etiopatogeneze a rizikové faktory vzniku abnormalit, souvisejících s DCC, jsou však stále nejasné. V současné době se stále více hovoří o tzv. pozdní vývojové dysplázii kyčelního kloubu (Cady, 2006; Doyle, Bowen, 1999; Gul et al., 2002; Gwynne et al., 2006; Haasbeek et al., 1995; Kwang Soon Song et al., 2003; Patel, 2001; Raimenn et al., 2007; Zenios et al., 2000). Nejnovější pozorování ukazují, že se nejedná o chybně diagnostikované jedince v raném věku. Tito jedinci vykazovali stabilní kyčelní klouby v neonatálním období a během prvních tří měsíců života. Dislokace se vyvinula až později (kolem 6. měsíce nebo se začátkem chůze) a ve většině případů vyžadovala operační řešení. Existují důkazy podporující účinnost sledování novorozenců označených jako jedinci s vývojovou dysplázií kyčelního kloubu. Není však určeno a podpořeno důkazy optimální doba sledování. Neexistují dostatečné důkazy potvrzující efektivitu bandážní terapie. Neexistují důkazy objasňující důsledek užívání dvojitého či trojitých plen (Patel, 2001). Není objasněno, zda vyšší úhel antevertze femuru u jedinců s DCC je primárním nebo sekundárním znakem tohoto onemocnění (Pradad, 2003).

VÝVOJ KYČELNÍHO KLOUBU

Přesný mechanismus vývoje lidské končetiny, jejího přesného umístění a morfogeneze, není zatím plně znám. Všeobecně lze říci, že při tomto procesu je zásadní uplatňování genů (pro dolní končetinu: HOX9 a TBX4 umístění, orientace, PITX1- morfogeneze...). Končetiny vznikají jako vyboulení (pupeny) embryonální

tělní stěny, složené z mezenchymu a z epiteliálního ektodermového krytu. Pupen dolní končetiny se objeví několik dní po objevení vyboulení horní končetiny (proximodistální směr vývoje). Ke konci šestého týdne gestačního věku jsou vytvořeny regiony odpovídající stehnu, lýtku a noze (Mooney, 2006). Diferenciace kostí a kloubů končetin probíhá mezi 7. a 9. týdnem gestačního věku. Acetabulum se poprvé identifikuje v 8. gestačním týdnu jako mělká vyhloubenina proximálně od femuru. Diferenciace acetabula ve všech stádiích vývoje následuje vývoj hlavičky a diafýzy femuru. Většina autorů se dnes shoduje, že femur je vedoucí prvek ve vývoji kyčelního kloubu. Tato otázka je však neustále předmětem diskuze (Dungl, 2005; Lee, Eberson, 2006). V devátém gestačním týdnu je femur i acetabulum kompletní. Teoreticky je toto období prvním obdobím, kdy může dojít k dislokaci kloubu. V desátém gestačním týdnu se objeví v diafýze primární osifikační centrum i ligamentum teres (Lee, Eberson, 2006). Svaly vznikají později než chrupavčitý femur, okolo 7. týdne gestačního věku. Počáteční vývoj svalů i šlach je zprvu autonomní. Svaly a šlachy vykazují mechanismus, který jim umožňuje spojení s jakýmkoli elementem v jejich blízkosti. Mechanismus dosažení vždy správného cíle není plně znám. Pozdější vývoj svalů a šlach již autonomní není. Jejich růst je závislý na růstu kostí (Wolpert, 1994). Ve 14. týdnu je plně vytvořena muskuloskeletální a chrupavčitá část stehna a kyčelního kloubu.

V průběhu vývoje se mění orientace acetabula, torze femuru a kolodiafyzární úhel. Acetabulum zpočátku hledí laterálně a postupně se sklání směrem dolů a ventrálně. Antevertze acetabula vykazuje mezi posledními třemi měsíci a narozením větší úhel než v dospělosti (Doyle, Bowen 1999, Dungl, 2005).

Úhel torze femuru je dle Leeho poprvé rozeznáván ve 13. týdnu gestačního věku, kdy dosahuje hodnot 5–10 stupňů. Zároveň však dodává, že variabilita tohoto úhlu je během první poloviny fetálního období obrovská, úhel se

zvětšuje až do narození a v 38. gestačním týdnu dosahuje přibližně 45 stupňů (Lee, Eberson, 2006). Felts cituje několik autorů, kteří udávají u 1,4–3 mm femurů i záporné úhly torze femuru (až -26 °). Největší udává u 99,5 mm femuru, a to 64 ° (Feltz, 1954). Mechanismus řízení změny torze femuru v tomto období dosud zůstává neobjasněn (Cibulka, 2004). Kolodiafyzární úhel prochází během prenatálního vývoje jen malými změnami (Feltz, 1954).

Ráliš, McKibbin a stejně tak před nimi Le Damany sledovali změnu krytí hlavičky femuru acetabulem. Acetabulum, které zprvu téměř zcela uzavírá hlavičku femuru, se stává mělkým až do narození, kdy u bělošské populace pokrývá pouze jednu třetinu koule (Ráliš, McKibbin, 1973). Harrenstein nazývá toto období fyziologickým nebezpečím kyčelního kloubu. Acetabulum se během několika postnatálních měsíců opět stává hlubší a femorální torze nižší. Ukončení změn je udáváno mezi 15–18 lety života (Chung, Stanley, 1981).

ROLE MECHANICKÝCH FAKTORŮ BĚHEM RŮSTU KOSTI A MORFOGENEZE

Proces růstu kosti do délky je uskutečňován na růstových chrupavkách. Do šířky přirůstá kost z hluboké vrstvy periostu, perichondria i z endostu. Faktory ovlivňující složité procesy řízení a regulace růstu kostí jsou pravděpodobně počátku genetické predispozice a později převažují nutritivní a hormonální vlivy a v neposlední řadě působení mechanických faktorů (Pitsillides, 2006; Lee, Eberson, 2006; Dylevský, 2007). Během vývoje se mění tvar tří růstových chrupavek proximální části femuru. Novorozenec má spojitý konvexní tvar této chrupavky (přibližně 1/4 kruhu). S věkem se tento tvar mění na hrnatý tvar podobný zubu (Yousefzadeh, Ramilo, 2006). Porucha v jedné části růstové chrupavky může vést k torzním deformitám proximální části femuru (Lee, Eberson, 2006). Pitsillides tvrdí, že buněčná populace růstové chrupavky je mnohem více senzitivní k imobilizaci než k periostálním osteoblastům. Zdůrazňuje důležitost svalové aktivity pro fyziologický skeletální růst a vývoj (Pitsillides, 2006).

Na fyziologických procesech, jako je kostní formace, remodelace a angiogeneze, se významně podílejí mechanické faktory (Reich et al., 2005). Vzhledem k luxaci kyčelního kloubu jsou nejčastěji diskutovány dva mechanické faktory:

tlak hladké svaloviny děložní dutiny, případně dle Seringa deformace dělohy (tlak amniové tekutiny) a imobilizace končetiny aktivitou svalů (Seringe et al., 1990).

Doyle udává, že změna orientace a růst acetabula do hloubky je stimulována koncentrickým tlakem mezi femorální hlavičkou a acetabulem. Nedostatek těchto korektivních sil proximální části femuru činí acetabulum úzké, ploché a šikmé (Doyle, Bowen 1999). Mnoho autorů tvrdí, že embryonální pohyb dolní končetiny hraje důležitou úlohu při formaci kloubní kavity. Neudávají však přehledné mechanické odůvodnění. Pitsillides pozoroval, že dynamický pohyb je důležitý pro tvorbu jamky kloubu a statická síla přispívá k udržení kloubní jamky již jednou vytvořené. Možnost, že pohyb kontroluje tvorbu jamky, však zůstává nedokázána (Pitsillides, 2006).

Pozice dolních končetin se během prenatálního vývoje mění. Dle Leeho v šestém týdnu embryo lehce flektuje kolenní klouby. Během desátého týdne se dolní končetina začíná vnitřně rotovat, ukončení rotace je až koncem embryonální fáze. Během 13. týdne jsou kyčelní a kolenní klouby flektovány a addukovány. V 18. týdnu se ještě zvyšuje flexe kyčelních kloubů a levá dolní končetina lehce překryje pravou (Lee, Eberson, 2006). Po narození se kolenní a stehenní flexe snižuje, ale abdukce se zvyšuje (Shefelbine, Carter 2004b). Novorozenec udržuje dolní končetiny v charakteristickém postavení: ve flexi, abdukci a mírné zevní rotaci. Pasivní zevní rotace bývá možná až do 90 stupňů, vnitřní rotaci a plnou extenzi v kyčelním kloubu není možné provést (Lesný, 1971).

Prvotní spekulaci, že hodnota antevertze je výsledkem vnitřní rotace kyčelního kloubu během vývoje, odporuje pozorování, že se výše torze femuru mění i po dokončení rotace končetiny (Lee, Eberson, 2006). Studie savců ukazují, že změny úhlu antevertze vyvolá znehybnění kloubu v zevní či vnitřní rotaci stejně jako resekce svalů s rotační silou na kloub (m. pectineus). Myotonie však vývojové dysplázii nezabrání (Cibulka, 2004). Pravděpodobně díky ztrátě koncentrického tlaku na kyčelní kloub. Watanaabe teoretizoval o možnosti vlivu tahu svalů na proximální část femuru již v prenatálním období (Lee, Eberson, 2006).

Vznik torzních deformit se pokusilo modelovat a vysvětlit několik autorů. Nynější názor je,

že femur rotuje kvůli torzním silám směřujícím kolmo k epifyzeální růstové chrupavce. Dle zákona Heuter-Volkmann epifyzeální tlak zpomaluje růst, kdežto snížení tlaku zvýší růst (Cibulka, 2004, Reich et al., 2005). Shefelbine a Carter modelovali zpomalení rychlosti růstu a osifikace tkáně femuru po vystavení cyklickému hydrostatickému zatížení, naopak zrychlení růstu a osifikace po vystavení cyklickému smykovému zatížení. Naznačili možnost zvýšení růstu na mediální straně růstové chrupavky pod vyšším úhlem tlaku na hlavici femuru, jak je to u DCC (Shefelbine, Carter, 2004a).

VARIABILITA TORZE FEMURU A TORZNÍ DEFORMITY

Krajní hodnoty torze femuru, nazývané též torzní deformity/abnormality femuru, nejsou v populaci řídké, ba naopak. Zvýšení úhlu antevertze femuru se udává přibližně u 10 % populace (J. Hopkins, 2007). Větší změny najdeme u jedinců s dětskou mozkovou obrnou (DMO),

dysplázií kyčelního kloubu Morbus Perthes a idiopatickou skoliózou. Variabilita torze femuru bývá popisována mezi -25 až +51 stupni. Rozdílnosti můžeme pozorovat vzhledem k regionu populace (viz tab. 1). Průměrná výše antevertze femuru u dospělého bývá udávána mezi 7–19 stupni v závislosti na zemi. Menší bývá popisován u Číňanů (9,7 °), největší u Formosanů (19,1 °) a Afričanů (19 °). Regionální a rasová variabilita se těžce vysvětluje, ale pravděpodobně hrají roli genetické a environmentální faktory (Prasad, 1996). Eishima pozorovala rozdíly v motorické prezentaci u dětí s rozdílným kulturním zázemím (Eishima, 1992). Variabilita femorální torze dle pohlaví nebyla statisticky prokázána. Stranová variabilita byla u několika studií číselně větší, ale statisticky nebyla též prokázána rozdílnost. Bernum tvrdí, že bilaterální rozdílnost 5 ° v torzi femuru může indikovat torzní abnormality. Upadhyay našel asymetrii u 10,5 % fyziologicky se vyvíjejících dětí (Prasad, 1996).

Tab. č. 1 Hodnoty antevertze femuru (AV) a kolodíafyzálního úhlu (CCD) dle populace

AUTOR STUDIE	VYŠETŘOVANÁ POPULACE	AV min	AV max	AV prům.	CCD min	CCD max	CCD prům.
Davivongs (1963)	Australští Aborigines	3	43	22.29	117	142	127.83
Schofield (1959)	Maorijci			25.35			136.26
Eckhoff (1994)	Afričani (Sudan)			21 dx., 17 sin			
Prasad R. (1996)	Formosani			19.1			
Prasad R. (1996)	Jižní Indie	-9	35	12.3			
Manuel (1974)	Číňané ze záp. Malaysie	-9	34	11.79	121	145	131.07
Mahaisavariya B. (2002)	asijská populace Thai	0.13	34.92	11.37	110.07	140.3	128.04
Ingalls (1924)	Američani, běloši	-14	31	11.76dx. /9.73sin.	106	152.6	128.37
Mahaisavariya B. (2002)	bělošská populace			10			125.4
Prasad R. (1996)	Číňané			9.7			

U jedinců s vývojovou dysplázií kyčelního kloubu, stejně jako u dětí s dětskou mozkovou obrnou, hrozí subluxace až luxace kyčelního kloubu. U jedinců s dětskou mozkovou obrnou se předpokládá, že torzní změny a tendence kloubu k subluxaci, luxaci je dána postnatálním patologickým tahem svalů na původně fyziologicky se vyvíjející kyčelní kloub. Tento názor vychází z pozorování mladých jedinců s hemiplegií. Staheli pozoroval fyziologickou výši femorální antevertze na nehemiplegické straně a naopak zvýšený úhel antevertze a též vnitřní rotace na hemiplegické straně jedince. U vývojové dysplázie a idiopatické skoliózy jsou doposud popisovány

jen sekundární změny svalů. Etiopatogeneze tohoto onemocnění a torzních deformit je zatím stále nejasná (pravděpodobně multifaktoriální). Studie měřící torzní a valgózní úhly kyčelních kloubů dokazují, že u dospělých jedinců s DCC bývá zvýšen torzní úhel femuru o 10–14 °, kdežto kolodíafyzární úhel může být fyziologický či jen mírně zvýšený i snížený dle stupně dysplázie (viz tab. 2) (Sugano et al., 1998). Dle Dungla a Metaxiotise je příčinou subluxace u DCC hlavně zvětšená antevertze. Valgozita je méně důležitá pro stabilitu kyčelního kloubu. Acetabulum může být alespoň zpočátku normální (Dungl, 2005, Metaxiotis et al. 2000). Zda vyšší hodnoty

torzních úhlů u jedinců s DCC můžeme pozorovat již od novorozeneckého věku, nebo se vyví-

její až postnatálně, není dostatečně prokázáno.

Tab. č. 2 Hodnoty antevertze (AV) a kolodíafyzálního úhlu (CCD) dle diagnóz

AUTOR STUDIE	POPULACE	věk. rozptyl/ počet	AV min.	AV max	AV prům.	CCD min	CCD max	CCD prům.
Davids JR (2003)	kadavery	DMO	9	18.3	62	38	120	161
McKibbin (1970)		DCC novorozenec	1			23		
Moulton (1982)	Anglie	intoeing 1,5 /1				P32/14L		
Argenson JN (2005)	Běloši	osteart. po DCC 17-52 83 femurů			Crowe I 36,4, Crowe II 43,6, Crowe III-IV 38,4		Crowe I 131,9, Crowe II 136,8, Crowe III_IV 127,4	
Sugano N.. (1998)	Japonci	DCC 23-73 35 femurů			Crowe I 34, Crowe II-III 32,8, Crowe IV 37		Crowe I 127,9, Crowe II-III 123,9, Crowe IV 117,7	
					kontrol. skupina 22,6		kontrol. skupina 125,8	

VÝVOJ MOTORIKY

Prenatální motoriku lze sledovat pomocí ultrazvukového zobrazení. Můžeme hovořit o dvou typech pohybů. O primární spontánní pohybové aktivitě (nesofistikovaný pohyb), která je vyvolána kontrakcí nově se diferencujících sarkomér, lokálními metabolickými změnami a spontánní elektroaktivitou buněčných membrán v 7.–8. gestačním týdnu. Druhý typ pohybu je nazýván primární cílená volní stimulovaná pohybová aktivita (koordinovaný pohyb), postupně řízená na spinální, kmenové a po 8. gestačním týdnu vývoje i na supraspinální úrovni. Pro řízení motoriky je přelomový 8. gestační týden, protože se morfologicky uzavírá míšní reflexní oblouk a stává se funkční. Uzavřený oblouk je typický svojí spontánní a rytmickou elektrickou aktivitou, která není provokovaná senzitivním vstupem (Dylevský, 2007). Střídavé a koordinované pohyby končetin, protahování a zívání jsou pozorovatelné od 9.–12. týdne gestačního věku. Hned od začátku mají pohyby plodu rozeznatelné vzory. EMG záznamy svalů dolní končetiny kuřat během embryonálního pohybu jsou charakteristické synergistickou aktivací flexorů a extenzorů, stejnou jako v rané spontánní motorice. Je pozorovatelná mezikloubní koordinace (trojflexe, trojextenze). Frekvence a amplituda pohybu vykazuje velkou variabilitu. S věkem se jen mění úroveň koordinace (Bradley et al., 2005). U lidských plodů jsou pozorovány obdobné synchronní pohyby, s věkem sledujeme změny v intenzitě, síle, rych-

losti během těchto pohybů. Vždy mají vzestupnou tendenci na začátku a sestupnou na konci. Později je tato aktivita nahrazována přesnějšími a cílenějšími pohyby. Objevují se rotační pohyby podél osy končetiny a lehké změny směru pohybu (Einspieler, Prechtl, 2005). Druhý trimestr je obdobím vývoje pohybové baze-opory (bránice, pánevního dna, břišní stěny...) a s tím spojeným nástupem dýchacích pohybů. Ve třetím trimestru stoupá počet intersegmentálních spojů, pokračuje myelinizace nervových drah. Pohybová aktivita však po 17. týdnu mírně klesá kvůli omezenému prostoru děložní dutiny (Dylevský, 2007). Dle Einspielera a Prechtlů zůstávají tyto endogenně generované pohyby nezměněné i po porodu. Nejsou závislé ani ovlivněné příchodem porodu. Můžeme je pozorovat až do 6.–9. postnatálního týdne (Einspieler, Prechtl, 2005, Sival et al., 1992). Pohyb dolních končetin novorozence vykazuje monotónní synchronizaci flexe a extenze kyčelního, kolenního i hlezenního kloubu (trojflexe). Pohyb je nezávislý na počátečním úhlu flexe a trvání pohybu. Hopkins a Prechtl nazývají tyto pohyby tzv. „writhing movements“ – pomalé pohyby s limitovanou amplitudou (Einspieler, Prechtl, 2005). Časově je toto období shodné s obdobím dle Lesného tzv. holokinetické hybnosti – pohyb všech končetin najednou, pohyb má ráz trhavý, nekoordinovaný (Lesný, 1971). Po 6.–9. týdnu tyto pohyby pomalu mizí a nastupují dle Prechtlů tzv. „fidgety movements“ – malé a minutové pohyby, prezentující se na celém těle, vykazující vel-

kou variabilitu změn pohybu, dle Lesného fáze monokinetické hybnosti – jedinec již pohybuje samostatně jednotlivými končetinami. Ty jsou kolem poloviny prvního roku vystřídány již cílenými pohyby (Einspieler, Prechtl, 2005; Hadders-Algra, Prechtl, 1992, Lesný, 1971).

Kvalita koordinovaných pohybů je pravděpodobně modulována kortikospinálními nebo retikulospinálními drahami a může být ovlivněna poruchou těchto struktur. Abnormální pohyby se ve většině případů objevují již prenatálně, mají podobu křečí, jsou rigidní, nejsou jemné a plynulé. Jsou-li pozorovány během několika týdnů, zvyšuje se riziko vývoje dětské mozkové obrny. Nekoordinované, chaotické pohyby jsou pozorovatelné prenatálně, po narození a v časném postnatálním věku (Einspieler, Prechtl, 2005). Adde a Rygg prokázali, že sledováním prenatálního pohybu lze rozpoznat budoucí rozvoj dětské mozkové obrny (Adde et al., 2007).

Mezi 6.–9. týdnem se začíná objevovat samostatný pohyb jednotlivými končetinami (Lesný et al., 1971), repertoár pohybů dolních končetin novorozenců se začíná obohacovat o aktivaci zevních rotátorů kyčelních kloubů a břišní stěny. Kolem 3. měsíce se stává poloha na zádech stabilní, dolní končetiny jsou přitaženy k tělu, pánev je v dorzální flexi, šíje a horní část těla jsou v extenzi. Popsané držení umožňuje užívat horní končetiny jako úchopový orgán (Vojta, 1993). Tři měsíce je věk, kdy vydatně vzrůstá funkční aktivita bazálních ganglií, cerebella, parietálního, temporálního a okcipitálního kortexu. Tři měsíce věku jsou též obdobím, kdy kvalita všeobecných pohybů má prediktivní výpovědní hodnotu pro pozdější vývojové poruchy (Hadders-Algra, 2005).

VÝZKUM

V rámci observační studie jsou pozorováni jedinci ve věku 2.–6. týdnů a 3. až 4 měsíců. U každého jedince je provedeno hodnocení kyčelního kloubu dle Grafa, ultrasonografické vyšetření úhlu antevertze femuru a 3D kinematická analýza pohybu v kyčelním kloubu během spontánní motoriky vleže na zádech.

Ve věku 2.–6. týdnů se předpokládá přetrvávání pohybů, které můžeme pozorovat v posledních měsících prenatálního a v prvním měsíci postnatálního života, v období vzniku vývojové dysplázie kyčelního kloubu. Ve

věku 3.–4. měsíců předpokládáme u fyziologických jedinců přechod k posturální stabilitě. Větší aktivaci břišní stěny, užívání převážně flekčního držení v kyčelních kloubech a postupnou aktivaci zevních rotátorů kyčelního kloubu.

Zda je možné u nevyzrálých kyčelních kloubů pozorovat též vyšší hodnoty antevertze femuru či zda je možné najít specifické znaky v užívaných pohybech dolních končetin, které by mohly vést k morfologickým změnám kyčelního kloubu, ukáží výsledky naší studie.

POUŽITÉ METODY

Pro vyšetření torze femuru je využito ultrasonografické vyšetření, metoda dle Prasada S. S. tzv. „anteriorní antevertze“. Tento úhel již před ním definoval Terjesen a Anda (Terjesen, Anda, 1987). Jedná se o úhel mezi vertikální linií a spojnicí anteriorní části femorální hlavičky a anteriorní části trochanteru. Měření probíhá v poloze na boku s kyčelními i kolenními klouby pokrčenými do devadesáti stupňů. Tvrdší polštář mezi dolními končetinami udržuje tibii v horizontální rovině. Sonda je držena vertikálně (Prasad, 2003).

V rámci kinematické analýzy využíváme tři kamery, umístěné zboku a zepředu jedince. Rychlost snímání je 25 snímků za sekundu, jedinec je sledován během spontánní motoriky vleže na zádech po dobu 30 s. Markery jsou umístěny v oblasti kyčelního, kolenního a hlezenního kloubu. Pro analýzu souřadnic je použit program Tema Biomechanics. Pro výpočet úhlů v sagitální rovině (flexe-extenze), ve frontální rovině (abdukce-addukce) a v transverzální rovině (rotace) byl zpracován program v softwaru Scilab. Výpočet je získán pomocí transformačních matic (Craig, 1989).

PRVNÍ VÝSLEDKY

První výsledky kinematické analýzy pohybu dolních končetin u jedinců v 2.–6. týdnu vykazují obdobný trend závislosti hodnoty úhlu flexe na úhlu zevní rotace dolní končetiny. Nepřímá lineární závislost těchto proměnných v tomto věku do období 3.–4. měsíce postupně klesá a mění se na přímou lineární závislost. Medián, minimální a maximální hodnoty stejně jako rozpětí hodnot užívaných úhlů v kyčelním kloubu vykazují velkou variabilitu. U korelace flexe a abdukce v kyčelním kloubu nacházíme obdobné trendy jako u korelace flexe a zevní rotace

v tomto kloubu. Rozsahy naklopení trupu oproti podložce s věkem klesají. To potvrzuje postupné vyzrávání posturálních mechanismů.

Následující tabulka udává informace o dvou osmidenních dvojčatech. Narozených bez komplikací v termínu s pozitivní rodinnou anamnézou (matka). Jedinec označený dle Grafa IIA byl od 8. dne široce balen. Hodnota torze femuru v 8 dnech vykazovala 42 ° na levé dolní končetině a 40 ° na pravé dolní končetině. Korelační koeficient mezi hodnotami flexe a zevní rotace

dolní končetiny vykazoval vysokou zápornou korelaci. V 77. dni však hodnoty antevertze klesly na 28 ° vpravo, 33 ° vlevo. U jedince označeného dle Grafa IA, s fyziologicky vyzrálými kyčelními klouby, byla pozorována v 8 dnech oboustranně femorální torze 30 °, v 77. dnu již 26 ° vpravo, 27 ° vlevo. Korelační koeficient flexe-zevní rotace ve věku 8 dní vykazoval na obou dolních končetinách nízkou zápornou korelaci (viz tab. č. 3).

Tab. č. 3 Hodnoty dle Grafa, antevertze femuru a korelační koeficient flexe a zevní rotace v kyčelním kloubu u dvojčat

VĚK (den)	GRAF	AF 8 dní	AF 77 dní	korelační koeficient
8	IA sin	30	27	-0.35
8	IA dx	30	26	-0.1
8	IIA sin	42	33	-0.75
8	IIA dx	40	28	-0.76

Další tabulka (tab. č. 4) udává hodnoty dvou jedinců ve věku 27–28 dní. Oba jedinci byli označeni dle Grafa jako IIA, fyziologické prodloužení osifikace. Korelační koeficienty

obou jedinců vykazují vysokou hodnotu záporné korelace. Úhel antevertze femuru v tomto věku již vyazuje nižší hodnoty, které po třetím měsíci vykazují pokles o 2–5 stupňů.

Tab. č. 4 Hodnoty dle Grafa, antevertze femuru (AF) a korelační koeficient flexe a zevní rotace v kyčelním kloubu

VĚK (den)	GRAF	AF 28 dní	korelační koeficient
28	IB, sin	35	-0.82
28	IB dx	30	-0.82
VĚK (den)	GRAF	AF 27 dní	korelační koeficient
27	IIA sin	30	-0.82
27	IIA dx	35	-0.82

VĚK (den)	GRAF	AF 71 dní
71	IIA sin	30
71	IIA dx	28
VĚK (den)	GRAF	AF 83 dní
63	IIA sin	28
63	IIA dx	28

U fyziologicky vyvrážděných kyčelních kloubů označených IA se nízké hodnoty záporné korelace mezi flexí a zevní rotací kyčelního kloubu v prvních týdnech života mění na pozitivní korelaci, kterou můžeme pozorovat ve věku od 3. měsíců. U kyčelních kloubů s prodlouženou

osifikací označených IIA nacházíme číselně vyšší hodnoty antevertze femuru a též vyšší zápornou korelaci oproti vyvrážděným kyčelním kloubům. Tato hodnota se do věku 3.–4. měsíců nemění na kladnou, jen mírně klesá (viz obr. č. 1).

Obr. č. 1 Regresní přímky závislosti zevní rotace na flexi u pravé dolní končetiny, světlé linie u jedinců s fyziologicky se vyvíjejícími kyčelními klouby – IA (plná – 2. týden, čárkovaná – 3. měsíc), tmavé linie u jedinců označených IIA (plná – 2. týden, čárkovaná 3. měsíc)

DISKUSE

Vývojová dysplázie kyčelního kloubu je označována jako řada abnormalit vztahu femorální hlavice-acetabulum a jejich vývoje. Prvotní vývoj kyčelního kloubu u jedinců s DCC je zcela fyziologický. Vývoj acetabula závislý na průměrné pozici femorální hlavice v acetabulu. Dillon rozlišuje teratologickou dislokaci kyčelního kloubu, která je přibližně u 2 % jedinců s DCC. Objevuje se mezi 12–18 týdny gestace a je sekundární k neuromuskulární poruše. V přibližně 98 % se DCC objeví během posledního měsíce gestace a může být sekundární k mechanickým nebo fyziologickým příčinám (Dillon et al., 2005). Snaha o zavedení selektivního ultrasonografického screeningu DCC vedla několik výzkumných týmů ke sledování asociace rizikových faktorů (rodinná anamnéza, hormonální vlivy, porod koncem pánevním, možnost posturální deformity...); Gul a Coffey, Paton a Hindula a ostatní dokazují, že žádný z rizikových faktorů není konstantně přítomen (Gul et al.,

2002, Paton et al., 2005). Dle Patel více než 60 % jedinců s DCC nevykazuje žádný z popísaných rizikových faktorů (Patel, 2001). Podíl genetické predispozice sledoval ve Francii Le Marec a Roussey. Odmítli hypotézu monogenní dědičnosti. Spolu se Stalderem a mnoha nynějšími odborníky se shodují na multifaktoriální příčině (Seringe et al., 1990). Dle Dungla a Metaxiotise je příčinou subluxace u DCC hlavně zvětšená antevertze. Valgozita je méně důležitá pro stabilitu kyčelního kloubu. Acetabulum může být alespoň zpočátku normální (Dungl, 2005, Metaxiotis et al., 2000). Neexistuje však dostatek důkazů, zda vyšší hodnoty antevertze femuru popisované u jedinců s dysplázií kyčelního kloubu vznikají již prenatálně, nebo jsou až sekundárním znakem postnatálním. Naše první měření naznačují, že vyšší hodnoty antevertze femuru můžeme pozorovat již v prvním týdnu postnatálního života. Během následujících měsíců nastává pokles tohoto úhlu. Zatím však není možné hovořit o vyšší hodnotě torze femuru

v tomto věku jako o konstantním faktoru vývojové dysplázie kyčelního kloubu.

Výše popsaná měření nevyklučují možnost, že pohyb kontroluje tvorbu kavity a morfologické změny femuru v průběhu prenatálního i postnatálního života. U kyčelních kloubů s prodlouženou osifikací byl pozorován číselně vyšší úhel antevertze femuru a vyšší záporná korelace mezi pohybem v kyčelním kloubu do flexe a zevní rotace. První analýza pohybů dolních končetin byla provedena ve věku 2.–4. týdnů, kdy lze předpokládat přítomnost pohybů, které se neliší od prenatálního vzoru pohybu. Druhé měření probíhá ve třech až čtyřech měsících. Tři měsíce bývají označovány jako „období vývojového přechodu v posturální kontrole“ (Hadders-Algra, 2005).

Otázka, zda pohyb kontroluje tvorbu kloubní jamky a morfologické změny femuru v průběhu prenatálního vývoje, zůstává otevřená. Potvrdí-li se naše pozorování na vyšším počtu jedinců, pro odpověď na tuto otázku bude nutné sledovat vývoj prenatální motoriky. Zda je antevertze primárním, či sekundárním znakem vývojové dysplázie kyčelního kloubu, bude odhaleno až dalšími výzkumy.

ZÁVĚR

První měření naznačují, že změny morfologie femuru a kavity kyčelního kloubu u vývojové dysplázie kyčelního kloubu, pozorované postnatálně, se vyvíjejí již prenatálně a mají vztah k vývoji motoriky a pohybu dolních končetin. Zda pohyb mění formaci kloubu a morfogenezi femuru, či zda několika stupni řízený děj na růstových chrupávkách mění pohyb dolních končetin, zůstane pravděpodobně ještě neodhaleno. Postnatální fyziologický vývoj motoriky však pravděpodobně může pozitivně ovlivnit budoucí formaci a vývoj skeletu. Analýza pohybu dolních končetin a sledování osifikace a torze femuru nevykloučila možnost, že pohyb kontroluje formaci kloubu a morfologické změny femuru.

LITERATURA

ADDE, L., RYGG, M., LOSSIUS, K.: General movement assessment: Predicting cerebral palsy in clinical practise. *Early Human Development*, 2007. vol. 83, s. 13–18.
ARGENSON, J. N., RYEMBAULD, E., FELECHER, X.: Three-dimensional anatomy of the hip in osteoarthritis after developmental dysplasia. *Journal of Bone and Joint Surgery* Sep 2005, s. 87–9.
BRADLEY, S. N., SOLANKI, D., ZHAO, D.: Limb

Movements During Embryonic Development in Chick: Evidence for a Continuum in Limb Motor Control Antecedent to Locomotion. *J Neurophysion*, 2005. vol. 94, s. 4401–4411.

CADY, R. B.: Developmental dysplasia of the hip: definition, recognition, and prevention of late sequelae. *Pediatr Ann*, 2006. Feb, vol. 35, no. 2, s. 92–101.

CIBULKA, M. T.: Determination and Significance of Femoral Neck Anteversion. *Physical Therapy*, 2004. vol. 84, s. 550–558.

CHUNG, STANLEY, M. K.: *Hip disorders in infants and children*. Philadelphia, 1981, s. 396.

CRAIG, J. J.: *Introduction to Robotics Mechanics and Control*. Second Edition, Addison Wesley Longman, 1989.

DAVIS, J. R., BENFANTI, P., BLACKHURST, D. W.: Assessment of Femoral Anteversion in Children With Cerebral Palsy: Accuracy of the Trochanteric Prominence Angle Test. *Journal of Pediatric Orthopaedics* 2002, vol. 22, s. 173–178.

DEZATEUX, C., ROSENDAHL, K.: Developmental dysplasia of the hip *Lancet* 2007, vol. 369, s. 1541–1552.

DILLON, J. E., CONNOLLY, S. A., CONNOLLY, L. P.: MR Imaging of Congenital/Developmental and Acquired Disorder of the Pediatric Hip and Pelvis. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America* 2005, vol. 13, s. 783–797.

DOYLE, S. M., BOWEN, J. R.: Types of persistent dysplasia in congenital dislocation of the hip. *Acta Orthopaedica Belgica*, 1999. vol. 65, no. 3, s. 266–276.
DUNGL, P.: *Ortopedie*. Praha: Grada, 2005.

DYLEVSKÝ, I.: *Obecná kineziologie*. Praha: Grada, 2007.

EINSPIELER, CH., PRECHTL, H. F. R.: 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*, 2005. vol. 11, s. 61–67.

EISHIMA, K.: A Study on Neonatal Behaviour Comparing between Two Groups from Different Cultural Backgrounds. *Early Human Development*, 1992. s. 265–277.

FELTZ, W. J. L.: The Prenatal Development of the Human Femur. *The American Journal of Anatomy*, 1954. vol. 94, no. 1, s. 1–44.

GUL, R., COFFEY, J. C., KHAYAT, G.: Late presentation of developmental dysplasia of the hip. *Ir J Med Sci*, Jul-Sep 2002. vol. 171, no.3, s. 139–140.

GWYNNE, JONES D. P., DUNBAR, J. D., THEIS, J. C.: Late presenting dislocation of sonographically stable hips. *J Pediatr Orthop B*, Jul 2006. vol. 15, no.4, s. 257–260.

HAASBEEK, J. F., WRIGHT, J. G., HEDDEN, D. M.: Is there a difference between the epidemiologic characteristics of hip dislocation diagnosed early and late?. *Can J. Surg*, Oct 1995. vol. 38, no. 5, s. 437–438.

HADDERS-ALGRA, M.: Development of Postural Control during the First 18 Month of Life *Neural Plast*, 2005. vol. 12, no. 2–3, s. 99–108; discussion s. 263–272.

HADDERS-ALGRA, M., PRECHTL, H. F. R.: Developmental course of general movements in early infancy. I. Descriptive analysis of change in form. *Early Human Development*, 1992. vol. 28, no. 3, s. 201–213.

JOHNS HOPKINS MEDECIN. *Patient Guide to Femoral Anteversion* [online]. 2007 [cit. 2007-01-07]. Dostupné

- z: <<http://www.hopkinsmedicine.org/orthopedicsurgery/femanteversion.html>>
- KWANG SOON SONG, IN HO CHOI, YOUNG JIN SOHN: Habitual Dislocation of the Hip in Children: Report of Eight Additional Cases and Literature Review *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2003. vol. 23, s. 178–183.
- LEE, M. C., EBERSON, C. P.: Growth and Development of the Child's Hip. *Orthopedic Clinics of North America*, April 2006. vol. 37, no. 2, s. 119–132.
- LESNÝ, I.: *Obecná vývojová neurologie*. Praha: Avicenum, 1971.
- MANUEL, J. K., YUSOF BIN MOHD.: Some Anthropometric Studies of the Femur of the Male West Malaysian Chinese. *American Journal of Physical Anthropology* 1974, vol. 44, no. 1, s. 133–138.
- METAXIOTIS, D., ACCLES, W., SIEBEL, A.: Hip Deformities in Walking Patients with Cerebral Palsy. *Gait and Posture*, 2000. vol. 11, s. 86–91.
- MOONEY, E. K.: Lower Limb Embryology. *Emedicine* [online]. June 15, 2006 [cit. 2008-1-1] Dostupné z <http://www.emedicine.com/plastic/topic215.htm>.
- PATEL, H.: Preventive health care, 2001 update: screening and management of developmental dysplasia of the hip in newborns. *Canadian Medical Association*, June 2001. vol. 164, no. 12, s. 166–1677.
- PATON, R. W., HINDUJA, K., THOMAS, C. D.: The significance of at-risk factors in ultrasound surveillance of developmental dysplasia of the hip, A ten-year prospective study. *Journal of Bone and Joint Surgery*, September 2005. vol. 87, no. 9, s. 1264–1266.
- PITSILLIDES, A. A.: Early effects of embryonic movement: „a shot out of the dark“. *Journal of Anatomy*, 2006. vol. 206, s. 417–431.
- PRASAD, R., VETTIVEL, S., ISAAC, B.: Angle of Torsion of the Femur and Its Correlates. *Clinical Anatomy*, 1996. vol. 9, s. 109–117.
- PRASAD, S. S.: Femoral anteversion in infants: a method using ultrasound. *Skeletal Radiol*, 2003. vol. 32, s. 462–467.
- RAIMENN, A., BAAR, A., RAIMANN, R., MORCUENDE, J. A.: Late Development Dislocation of the Hip After Initial Normal Evaluation: A Report of Five Cases. *J Pediatr Orthop*, Jan/Feb 2007. vol. 27, no. 1, s. 32–36.
- RÁLIŠ, Z., MCKIBBIN, B.: Changes in Shape of the Human Hip Joint during Its Development and their Relation to Its Stability. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, November 1973. vol. 55 B, no. 4, s. 780–785.
- REICH, A., JAFFE, N., TONG, I.: Weight loading young chicks inhibits bone elongation and promotes growth plate ossification and vascularization. *J. Appl Physiol*, 2005. vol. 98, s. 2381–2389.
- SERINGE, R., BONNET, J. C., KATTI, E.: Pathogeny and Natural History of Congenital Dislocation of the Hip (Pathogénie et histoire naturelle de la luxation congénitale de la hanche) *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*, 1990. vol. 76, no. 6, s. 391–402.
- SHEFELBINE, S. J., CARTER, D. R.: Mechanobiological prediction of femoral anteversion in cerebral palsy. *Ann Biomed Eng*, Feb 2004a. vol. 32, no. 2, s. 297–305.
- SHEFELBINE, S. J., CARTER, D. R.: Mechanobiological predictions of growth front morphology in developmental hip dysplasia. *J Orthop Res*, 2004b. vol. 22, no. 2, s. 346–352.
- SIVAL, D. A., VISSER, G. H. A., PRECHTL, H. F. R.: The effect of intrauterine growth retardation on the quality of general movements in the human fetus. *Early Human Development*, 1992. vol. 28, s. 119–132.
- SUGANO, N., NOBLE, P. C., KAMARIC, E. et al.: The morphology of the femur in developmental dysplasia of the hip. *J. Bone Joint Surg Br*, 1998. vol. 80-B, s. 711–719.
- VOJTA, V.: *Mozkové hybné poruchy v kojeneckém věku, Včasná diagnóza a terapie*. Praha, Avicenum a Grada, 1993.
- TERJESEN, T., ANDA, S.: Femoral anteversion in children measured by ultrasound. *Acta Orthop Scand*, Aug 1987. vol. 58, no. 4, s. 403–407.
- WOLPERT, L.: *Triumf embrya*. Praha: Academia, 1994.
- YOUSSEF ZADEH, D. K., RAMILO, J. L.: Normal Hip in Children: Correlation of US with Anatomic and Cryomicrotome Sections. *Radiology*, 1987. vol. 165, no. 3, s. 647–655.
- ZENIOS, M., WILSON, B., GALASKO, C. S.: The effect of selective ultrasound screening on late presenting DDH. *J Pediatr Orthop B*, Oct 2000. vol. 9, no. 4, s. 243–247

Jitka Novotná et al.
jitkanov@centrum.cz