

Vyšetření v laboratoři chůze (instrumentální pohybová analýza)

prof. MUDr. Jan Poul, CSc.¹, Bc. Jan Jadrný¹, Bc. Aneta Fedrová¹, MUDr. Karel Urbášek¹,
MUDr. Jaroslava Bajerová¹, MUDr. Ludmila Kaiser-Šrámková²

¹Klinika dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie, Laboratoř chůze, FN Brno

²Ortopedická klinika FN Brno

Autoři předkládají základní popis nové diagnostické jednotky Laboratoře chůze, založené na 3-D (trojrozměrné) optické dokumentaci pohybu, umožňující sofistikovaným způsobem „motion analysis“ (instrumentální analýzu pohybu) dynamický záznam rozsahu pohybů v jednotlivých kloubech dolních končetin ve třech rovinách v celém krokovém cyklu v reálném čase. Cílem jsou kineziologické studie hlavně u pacientů s dětskou mozkovou obrnou, ale i u dětí se závažnými vrozenými nebo získanými vadami pohybového aparátu. Návrh nového výkonu pod názvem „Komplexní analýza pohybových poruch u dětí a mladistvých do 18 let“ byl již komisí MZ ČR schválen.

Klíčová slova: pohybová analýza, dětská mozková obrna, instrumentální analýza chůze.

Examination in the gait laboratory

The authors present the basic description of a new diagnostic unit, the Gait Laboratory, based on 3-D (three-dimensional) optic documentation of motion allowing, in a sophisticated „motion analysis“ manner, for a dynamic recording of the ranges of motion in the individual joints of the lower limbs in three planes throughout the gait cycle in real time. The aim is to conduct kinesiological studies particularly in paediatric patients with cerebral palsy as well as in children with severe congenital or acquired locomotor disorders. The proposal of a new procedure entitled „Comprehensive analysis of locomotor disorders in children and adolescents under 18 years of age“ has already been approved by the Committee of the Czech Ministry of Health.

Key words: motion analysis, cerebral palsy, instrumental gait analysis.

Pediatr. pro Praxi 2012; 13(1): 57–59

Úvod

V současných českých podmínkách byla dosud indikace k operaci u pohybových poruch postavena na klinickém vyšetření vleže, resp. ve stoje a v chůzi. Samozřejmou součástí indikačních postupů je i využití zobrazovacích metod od rtg snímku až po magnetickou rezonanci (1). Při běžném vyšetření však vyšetřující pouhým okem těžko zachytí složité abnormální komplexy pohybů odehrávající se na jednotlivých etážích od pánve až po hlezo (2, 3). Dřívější metody zachycující pohyb pouze pomocí videokamery, popřípadě doplněné o použití reflexních bodů definujících osy kloubů, jsou dnes již překonané a možnost zobrazení pohybu pouze v jedné rovině je nedostačující. Laboratoř chůze, založená na 3-D (trojrozměrné) optické dokumentaci pohybu (VICON, Oxford Metrics Ltd), umožňuje sofistikovaným způsobem „motion analysis“ (instrumentální analýza pohybu) dynamický záznam rozsahu pohybů v jednotlivých kloubech dolních končetin ve třech rovinách v celém krokovém cyklu v reálném čase.

Principy optické pohybové analýzy

Systém dokumentuje pohyb prostřednictvím minimálně 4 kamer v prostoru, kde se snímají jen luminiscenční terčíky připevněné lepicí páskou na standardních místech těla vyšetřovaného probanda. Kamery jsou vybaveny infračervenými

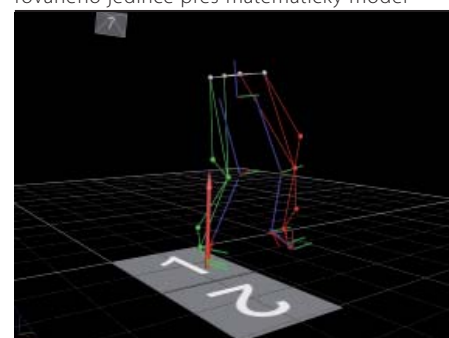
mi stroboskopy. Emitovaný infračervený paprsek dopadá na luminiscenční terčíky, odráží se zpět a je přijat čipem kamery. Čip kamery je vybaven uzávěrkou na každém pixelu, díky tomu nedochází k rozmazání pohybu jako u standardní kamery. Velkou výhodou je i použití kamer s možností záznamu 120 okének za vteřinu. Získaná data jsou pak zpracována pomocí matematického modelu. Zobrazení aplikace dat vyšetřovaného jedince přes matematický model se nazývá „skeleton“. Ve skeletonu jsou jednotlivé segmenty končetiny (pánev, stehno, bérce a noha) znázorněny jako úsečky svírající různý úhel dle momentálního postavení kloubů (obrázek 1). Úhly mezi osami segmentů jsou vypočítávány v reálném čase a ve všech třech základních rovinách. Součástí systému jsou i dvě tlakové plotny a telemetrická elektromyografie. Tlakové plotny pomáhají nahlédnout do silových dějů uvnitř jednotlivých kloubů, elektromyografie zobrazuje informace o zapojování kosterního svalstva v průběhu chůze.

Postup při vyšetření

Pacient je nejprve klasicky vyšetřen. Zaznamenává se rodinná a osobní anamnéza a došavadní léčba základního onemocnění. Poté následuje podrobné fyzické vyšetření pacienta se zaměřením na rozsahy pohybů kloubu, odkrytí kontraktur vyšetřením vleže, ve stoji

a v chůzi. Na začátku vyšetření pohybovou analýzou provedou kineziologové semiautomatickou kalibraci systému MOCAP (Motion capture system). Poté jsou pacientovi na tělo přilepeny luminiscenční markery. V případě námi užívaného „Oxford foot modelu“ jde o 36 permanentních a 6 dočasně umístěných markerů. Následně proběhne statická kalibrace vyšetřovaného subjektu. Po odstranění 6 dočasně umístěných markerů začne proband chodit po vytyčené dráze za současného snímání MOCAP kamerami, případně dvěma videokamerami a snímáním z obou tlakových ploten. Pacient absolvuje větší množství záznamů při jednom vyšetření, aby bylo vyloučeno náhodné selhání systému, jednotlivá měření se v následném „postprocessingu“ srovnávají jak s normou, tak

Obrázek 1. Skeleton. Zobrazení aplikace dat vyšetřovaného jedince přes matematický model



i mezi sebou. V průměru je třeba 10 až 15 záznamů, než je docíleno mimo jiné i toho, že opora obou končetin nastane střídavě na každé z obou tlakových ploten. V poslední fázi vyšetřování jsou pacientovi nalepeny nad vybrané svalové skupiny povrchové elektrody ke snímání elektrické aktivity svalů a k opasku připevněn vysílač. Následuje pak komplexní snímání (MOCAP, videokamery, tlakové plotny, elektromyografie), které se pak ještě 2x zopakuje. Získaná data musí projít tzv. „postprocessing“, aby bylo možno s nimi pracovat pro potřeby zpracování a napsání výstupní zprávy. Posledních 30 minut z dvouhodinového vyšetření je věnováno zpracování dat získaných jak dvěma snímacími videokamerami, tak trojrozměrným optickým systémem, dvěma tlakovými plotnami a dynamickou elektromyografií. Zadáávají se data do výpočtu Gillette gait index, studují se grafická znázornění pohybu v jednotlivých kloubech, kinetické detaily krokového cyklu, dynamické změny elektrické aktivity svalů ve vztahu ke krokovému cyklu, píše se výstupní zpráva o vyšetření a tisknou se přílohy ve formě grafů s kinematickými a kinetickými veličinami. Výstupní zpráva musí obsahovat na základě zevrubné analýzy i návod na další léčebný postup.

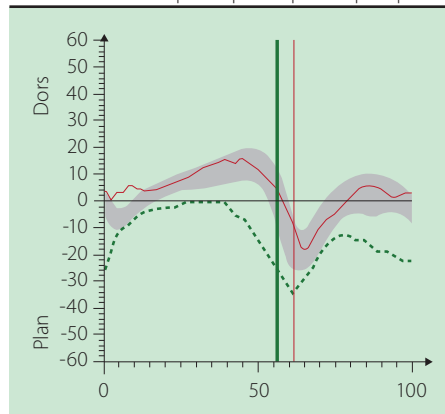
Výstupy měření

Výstupy měření lze rozdělovat na kinematické a kinetické parametry. V tomto sdělení popíšeme aplikace a klinický rozbor kinematických parametrů. Kinematické výstupy jsou reprezentovány grafy, které ukazují rozsahy pohybů jednotlivých kloubů ve třech rovinách. Systém pracuje s přesností až 0,5 mm, což zaručuje získání zcela objektivních dat.

Oblast bérce, hlezna, a nohy

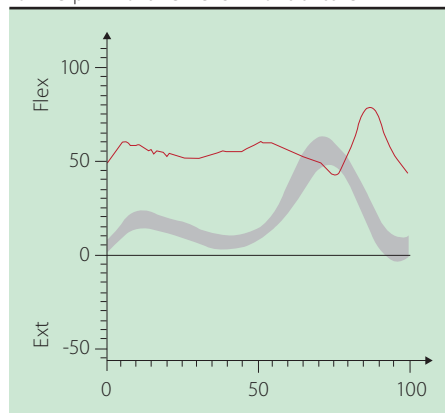
U spastiků je nejčastější deformitou pes equinus. Zkrácení m. triceps surae zapříčiňuje, že nedochází k normálnímu odvíjení nohy. U zdravých subjektů dochází ke kontaktu nejprve paty, potom celé nohy a pak odrazu od špičky nohy. V případě zkrácení triceps surae proband došlápně nejprve na špičku nohy a teprve poté, pokud kontraktura svalu povolí, i na celou plošku. Rozsahy pohybů v hlezenním kloubu v sagitální rovině jsou vlivem kontraktury omezeny. Prvních 60% každého krokového cyklu je fáze opory, 40% pak fáze švihové. Při iniciálním kontaktu paty s podložkou u zdravého probanda je hlezno v neutrální poloze. Poté dochází k plantární flexi hlezna, aby se noha dostala do kontaktu s horizontální podložkou („first rocker“). Ve střední fázi opory se tibie zatížená

Graf 1. Kinematika hlezenního kloubu v sagitální rovině u fixovaného pes equinus před a po operaci



Legenda: Kontrolní skupina = norma je znázorněna jako šedý pás v rozsahu $\pm$ SD. Ve fázi opory hlezno vyšetřovaného subjektu na rozdíl od normy nedosahuje dorziflexe (přerušovaná linie), po operaci (plná linie) se shoduje s průběhem normy

Graf 3. Kinematika kolenního kloubu v sagitální rovině při fixované flekční kontraktuře



Legenda: Ve fázi opory na rozdíl od normy (šedý pás) koleno nedosahuje plné extenze

končetiny pohybuje dopředu a dochází k dorziflexi hlezna („second rocker“). Před odrazem nohy od podložky se pata zvedá a hlezno přechází do plantiflexe („third rocker“). Ve švihové fázi se hlezno vrací do dorziflexe. Po chirurgické korekci kontraktury se kinematika hlezna normalizuje a odpovídá normě (graf 1).

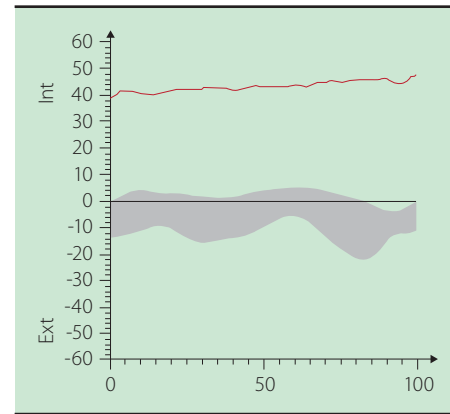
Směr pohybu nohy

Úhel, který svírá podélná osa nohy se směrem pohybu, se nazývá „foot progression angle“. Abnormální hodnoty této položky jsou obvykle dány vnitřní torzí bérce (graf 2).

Kolenní kloub

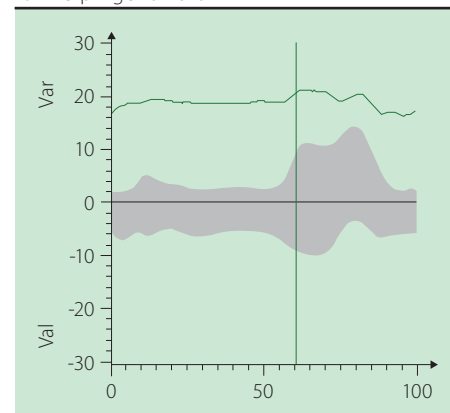
Významné jsou kineziologické parametry v sagitální rovině, zvláště při fixovaných flekčních kontrakturách nebo naopak při rekurvacích kolenního kloubu, která nastává zejména ve fázi opory před

Graf 2. „Foot progression angle“ subjektu s vnitřní torzí tibie



Legenda: Úhel progresu nohy je úhel, který svírá podélná osa nohy se směrem pohybu subjektu. Kontrolní skupina = norma je znázorněna jako šedý pás v rozsahu $\pm$ SD. Při vnitřní torzi bérce se sledovaný úhel odlišuje od normy (plná linie). Zde dosahuje 40° vnitřní rotační odchylky

Graf 4. Kinematika kolenního kloubu ve frontální rovině při genu varum



Legenda: Na rozdíl od normy (šedý pás) plná linie představuje patologický záznam při genu varum

odrazem nohy od podložky (graf 3). Normálně při iniciálním kontaktu paty s podložkou je koleno lehce flektované, pak se extenduje před odrazem nohy od podložky a ve švihové fázi přechází do flexe. V případě zobrazení v koronální (frontální) rovině je možno snímat odchylky ve smyslu valgosity nebo varosity kolene (graf 4).

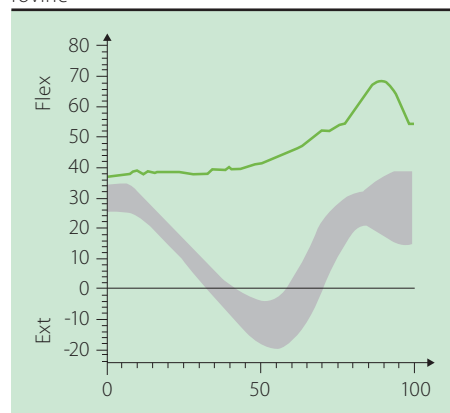
Kyčelní kloub

Kyčelní kloub se v sagitální rovině při iniciálním kontaktu staví do flexe, před odrazem nohy od podložky přechází do extenze, ve švihové fázi se vrací do flexe (graf 5).

Pohyby pánve

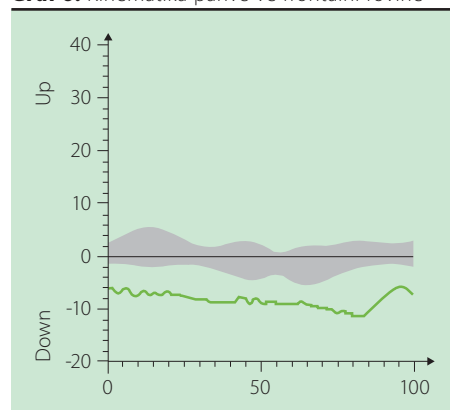
Zvláště zajímavé kinematické parametry je možno sledovat na pánvi. Ve frontální rovině je na straně opory pánve zpočátku výše, při plné opoře níže (graf 6).

Graf 5. Kinematika kyčelního kloubu v sagitální rovině



Legenda: Ve fázi opory na rozdíl od normy (šedý pás) nedosahuje kyčel (plná linie) extenze

Graf 6. Kinematika pánve ve frontální rovině



Legenda: Norma (šedý pás) osciluje kolem horizontály. Při insuficienci abduktorů kyčle je při opoře pokles pánve na opačnou stranu

Závěr

Diagnostický dopad instrumentální analýzy na volbu chirurgických metod je doložen v současné době řadou prací (4–8). Dle některých prací bývá dosaženo s touto metodou lepších pooperačních výsledků (9–11). Komise MZ ČR pro nové výkony do Sazebníku zdravotních výkonů odsouhlasila náš návrh nového výkonu pod názvem „Komplexní analýza pohybových poruch u dětí a mladistvých do 18 let“ na svém posledním zasedání v červnu 2010. Naše zařízení slouží po potřeby pacientů z celé České republiky.

Literatura

1. Schejbalová A, Hlavas V. Výkony na svalech – ovlivnění klinického a rentgenového nálezu v oblasti kyčelního kloubu u pacientů s dětskou mozkovou obrnou. Acta Chir Orthop Traum Čech 2008; 75: 355–362.
2. Bodkin AW, Robinson C, Prales FP. Reliability and validity of the gross motor function classification system for cerebral palsy. Pediatr Phys Ther 2003; 15: 247–252.
3. Brown CR, Hillman SJ, Richardson AM, et al. Reliability and validity of the Visual Gait Assessment Scale for children with hemiplegic cerebral palsy when used by experienced and inexperienced observers. Gait Posture 2008; 27: 648–652.
4. Cook RE, Schneider I, Hazlewood ME, et al. Gait Analysis Alters Decision-Making In Cerebral Palsy. J Pediatr Orthop 2002; 23: 292–295.
5. Deluca PA, Davis RB, Ounpuu S, et al. Alterations In Surgical Decision Making In Patients With Cerebral Palsy Based On Three-Dimensional Gait Analysis. J Pediatr Orthop 1997; 17: 608–614.
6. Lofterod B, Terjesen T, Skaaret I, et al. Preoperative Gait Analysis Has Substantial Effect on Orthopaedic Decision Making in Children with Cerebral Palsy./Comparison between clinical evaluation and gait analysis in 60 patients. Acta Orthopaedica 2007; 78: 74–80.

7. Mackey AH, Walt SE, Lobb GA, Stott NS. Reliability of upper and lower limb three-dimensional kinematics in children with hemiplegia. Gait Posture 2005; 22: 1–9.
8. Viehweger E, Haumont T, De Lattre C, et al. Multidimensional Outcome Assessment in Cerebral Palsy. Is it Feasible and Relevant? J Pediatr Orthop 2008; 28: 576–583.
9. Filho MC, Yoshida R, Carvalho W, et al. Are the recommendations from three-dimensional gait analysis associated with better postoperative outcomes in patients with cerebral palsy? Gait Posture 2008; 28: 316–322.
10. Švehlík M, Slabý K, Soumar L, et al. Evolution of Walking Ability after Soft Tissue Surgery in Cerebral Palsy Patients: What We Can Expect? J Pediatr Orthop 2008; 17: 107–113.
11. Wren TAL, Kalisvaart MM, Ghatan CE, et al. Effects of pre-operative gait analysis on costs and amount of surgery. J Pediatr Orthop 2009; 29: 558–563.

Pozn: kontrolní soubor byl vytvořen na základě vyšetření 30 zdravých subjektů stratifikovaných do 3 věkových tříd od 3 do 18 let věku.

Dedikace: Práce vznikla s podporou norských finančních mechanismů. Projekt CZ0124.

prof. MUDr. Jan Poul, CSc.

Klinika dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie, FN Brno
Černopolní 9, 602 00 Brno
jpoul@med.muni.cz

