

METODE OCENJEVANJA DINAMIČNEGA PLOSKEGA STOPALA

FUNCTIONAL FLATFOOT EVALUATION METHODS

Zala Novak, dr. med, asist. dr. Katja Groleger Sršen, dr. med.
Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije – Soča

Povzetek

Dinamično plosko stopalo je pri otrocih pogosto stanje. Pri obravnavi otrok s ploskimi stopali predstavlja veliko težavo nejasna definicija ploskega stopala in številne metode za oceno oblike stopala. Obstoječe metode ocenjevanja in razvrščanja ploskih stopal v posamezne kategorije temeljijo na opazovanju, antropometričnih meritvah, oceni značilnosti odtisa stopala in radiografski oceni. V prispevku smo želeli predstaviti različne metode ocenjevanja značilnosti ploskega stopala in njihove prednosti oziroma pomanjkljivosti pri spremljanju razvoja medialnega vzdolžnega stopalnega loka.

Ključne besede:

dinamično plosko stopalo; stopalni lok; ocenjevanje; otrok

Abstract

Functional flatfoot is a common condition in infants and children. To date, universally accepted definition of, and evaluation method of the foot arch in children has not been completely established. Existing methods of flatfoot evaluation are based on visual assessment, anthropometric values, footprint parameters and radiographic evaluation. The aim of the article is to present current methods for paediatric flatfoot assessment and to discuss their advantages and disadvantages in evaluation of medial longitudinal arch development.

Key words:

functional flat foot; arch; assessment; child

UVOD

Stopalo ima izredno pomembno vlogo v biomehaniki gibanja. Telesu nudi podporo ter blaži pritiske in sile v stoječem položaju in pri hoji. Stopalo je zaradi svoje zgradbe in anatomske oblike prožno in prilagodljivo. Kostni v stopalu so z vezmi in mišicami povezane tako, da tvorijo tri stopalne loke: prečni lok, medialni vzdolžni lok in lateralni vzdolžni lok. Medialni vzdolžni lok je med njimi največji in mu v raziskavah ter pri kliničnem delu posvečamo največ pozornosti. Tvorijo ga petnica, skočnica, čolniček, tri klinaste kosti in prve tri stopalnice (1-3).

O ploskem stopalu (*lat. pes planus, pes planovalgus*) govorimo, kadar je medialni vzdolžni stopalni lok znižan ali celo povsem izravnani. Nekateri avtorji opozarjajo, da definicija, ki opisuje le znižan stopalni lok, ne zadostuje. Pri ploskem stopalu gre namreč za deformacijo v treh ravninah (4), zaradi česar biomehanika gibanja čez čas lahko vodi v obrabo sklepa (5). Ločimo dinamično plosko stopalo in rigidno plosko stopalo. Za dinamično

plosko stopalo je značilno, da je medialni vzdolžni stopalni lok pri obremenitvi stopala znižan oz. odsoten, medtem ko se ob razbremenitvi ponovno oblikuje. V nasprotju s tem se pri rigidnem ploskem stopalu oblika stopalnega loka, ne glede na obremenitev, ne spreminja. V nadaljevanju besedila se bomo posvetili le dinamičnemu ploskemu stopalu pri otrocih (6).

DINAMIČNO PLOSKO STOPALO PRI OTROCIH

Pojavnost v zgodnjem in poznejšem otroštvu

Stopalo se v zgodnjem razvoju otroka oblikuje postopoma, z rastjo in obremenjevanjem pri hoji. V zgodnjem otroštvu je zato dinamično plosko stopalo zelo pogosto stanje, kasneje otroke s temi težavami srečamo redkeje. Morley je poročal, da je pojavnost dinamičnega ploskega stopala pri otrocih, mlajših od dveh let, kar 97-odstotna, medtem ko je pojavnost pri otrocih, ki so bili stari deset let, le še 4-odstotna (7). Podobno sta Staheli s sodelavci (8) in Pfeiffer s sodelavci (9) opisala upad pojavnosti ploskega

stopala od 54 % pri otrocih, starih tri leta, na 26 % oz. 24 % pri otrocih, starih šest let.

Vendar pa razvoj medialnega vzdolžnega stopalnega loka, kljub številnim raziskavam, še ni povsem jasn. Do najbolj očitnih sprememb na področju medialnega vzdolžnega stopalnega loka pride pred 6. letom starosti, kasneje (do 10. leta) naj bi se stopalni lok razvijal počasneje (10, 11). Avtorji drugih raziskav pa menijo, da se medialni vzdolžni stopalni lok med 7. in 9. letom starosti vendarle ne spreminja več (12, 13).

Vzroki za razvoj dinamičnega ploskega stopala

Podobno so mnenja deljena tudi glede vzrokov za razvoj dinamičnega ploskega stopala. Prva teorija zagovarja, da je dinamično plosko stopalo posledica šibkosti stopalnih mišic, ki so sicer odgovorne za obliko stopalnega loka (3, 14, 15). Druga teorija trdi, da je oblika in obokanost stopala odvisna od oblike in odnosov med kostnimi strukturami ter povezovalne moči in elastičnosti ligamentov (1, 2, 16, 17). K ploskemu videzu stopal pri mlajših otrocih prispeva tudi maščobna blazinica v predelu medialnega vzdolžnega stopalnega loka, ki prekriva njegov potek. Maščobna blazinica začne izginjati z obremenjevanjem stopal ob postavljanju na noge, vendar pojav ni natančno časovno opredeljen (18).

Dinamično plosko stopalo pri otrocih je lahko fiziološko ali nefiziološko, asimptomatsko ali simptomatsko. Nekateri avtorji menijo, da je dinamično plosko stopalo v otroštvu v večini primerov fiziološko in se oblika stopala sčasoma popravi sama od sebe (19, 20). Glede na podatke študij med dejavnike, ki lahko vplivajo na razvoj dinamičnega ploskega stopala, lahko štejemo moški spol, debelost in pretirano elastičnost sklepov (9, 21 – 26). V težjih primerih poleg sploščenega stopalnega loka najdemo še valgus petnice in kolena ter notranjo rotacijo kolena (26 – 28).

Mehanizmi, ki vodijo v razvoj simptomatskega dinamičnega ploskega stopala pri otrocih, še niso znani (29). Prav tako ni znano, ali obstajajo dolgoročne posledice dinamičnega ploskega stopala in kakšne so. Malo je znano o tem, kako dinamično plosko stopalo vpliva na otrokovo funkcioniranje. Nekatere raziskave so pokazale, da otroci z dinamičnim ploskim stopalom hodijo počasneje in s krajšim korakom (26, 30) ter imajo slabše ravnotežje (27). Nasprotno pa so Tudor in sodelavci ugotavljali, da dinamično plosko stopalo pri najstnikih ne vpliva na spretnost gibanja v športu (31).

METODE ZA OCENJEVANJE DINAMIČNEGA PLOSKEGA STOPALA

V literaturi so opisane številne metode za ocenjevanje in lestvice za razvrščanje otrok z dinamičnimi ploskimi stopali, ki temeljijo na opazovanju, antropometričnih meritvah, oceni značilnosti odtisa stopala ali radiografski oceni (20, 32). Poglejmo jih bolj natančno.

Klinična ocena dinamičnega ploskega stopala

Opazovanje stopala z več zornih kotov je del kliničnega pregleda otroka. Opazujemo krivino stopalnega loka ter poravnava anatom-

skih struktur stopala v stoječem položaju in med gibanjem (19, 20, 32). Da bi poenotili klinično oceno stopal, je Redmond predlagal uporabo indeksa oblike stopala (angl. Foot Posture Index, FPI). Ta temelji na oceni šestih meril in omogoča tridimenzionalno oceno pronacije oz. supinacije stopala (Tabela 1). Otrok med ocenjevanjem stoji sproščeno, z oporo na obeh nogah. Vsako od postavk FPI ocenimo z ocenami od -2 (jasni znaki supinacije) do +2 (jasni znaki pronacije). Ocena »0« pomeni nevtralni položaj. Skupni rezultat ocene torej lahko znaša od -12 do +12. Redmond pravi, da bomo v večini primerov našli ponovljiv vzorec ocen in bo klinična ocena povsem jasna. V nekaterih drugih primerih pa bomo našli prevladujoče spremembe v eni od ravnin ali pa razlike med sprednjim in zadnjim delom stopala (33). Na voljo so tudi normativne vrednosti indeksa oblike stopala za odrasle (33, 34) in otroke (33, 35).

FPI se je v klinični praksi izkazal kot hitra, enostavna in zanesljiva klinična metoda ocene stopala pri otrocih (35, 36). Vendar pa je ocena s FPI subjektivna in premalo občutljiva, da bi z njo lahko spremljali potek razvoja stopala pri otrocih (11).

Ocena dinamičnega ploskega stopala z antropometričnimi meritvami

Antropometrični pristop k ocenjevanju stopala temelji na neposrednem merjenju odnosov med kostnimi izboklinami oz. značilnimi anatomskimi strukturami stopala. Za merjenje uporabljamo posebne merilne instrumente ali digitalne slikovne metode (36). Z novejšimi aparaturnami lahko meritve in oceno opravimo tudi med gibanjem (38, 39). Dosedanje analize niso pokazale povezanosti med statičnimi meritvami višine stopalnega loka in kota stopalnega loka z dinamično oceno medialnega vzdolžnega loka (38), medtem ko so statične in dinamične meritve premika čolnička med seboj dobro povezane (39).

Po podatkih v literaturi so v uporabi naslednje antropometrične meritve in indeksi:

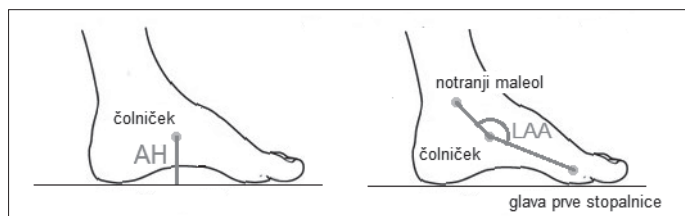
1. *Višina stopalnega loka* (angl. arch height, AH) (Slika 1) je v literaturi najpogosteje opisana antropometrična meritev ploskega stopala. Predstavlja razdaljo od podlage do najvišje točke stopalnega loka, ki jo v večini primerov predstavlja grčevina čolnička (40).
2. *Indeks višine stopalnega loka* (angl. arch height index) poleg višine stopalnega loka upošteva tudi njegovo dolžino. Izračunamo ga tako, da na polovici dolžine stopala izmerimo višino od podlage do hrbišča stopala in jo delimo z okrajšano dolžino stopala, tj. dolžino stopala od začetka pete do konca glave prve stopalnice (41).
3. *Kot stopalnega loka* (angl. longitudinal arch angle, LAA) je kot, ki ima vrh na grčevini čolnička ter katerega prvi krak sega skozi medialni malelol, drugi pa skozi glavo prve stopalnice. Vključuje tako višino kot tudi dolžino medialnega vzdolžnega stopalnega loka, zato predstavlja bolj natančno napoved delovanja stopalnega loka kot višina stopalnega loka (38) (Slika 1).

Tabela 1: Ocenjevalni sistem za oceno indeksa oblike stopala (33).
Table 1: Assessment system for the Foot Posture Index (33).

Opazovana značilnost Assessed characteristic	Ocena / Grade				
	-2	-1	0	1	2
Palpacija glavnice skočnice	tipna le na lat. strani, na med. strani ni tipna	bolje tipna na lat. strani kot na med.	enakomerno tipna na lat. in med. strani	bolje tipna na med. kot na lat. strani	tipna le na med. strani, lat. pa ne
Oblika krivine pod in nad zunanjim maleolom	krivina nad maleolom je veliko bolj konkavna kot pod maleolom	krivina nad maleolom je bolj konkavna krivina pod maleolom	krivini pod in nad maleolom sta približno enaki	krivina pod maleolom je bolj konkavna kot nad maleolom	krivina pod maleolom je veliko bolj konkavna kot nad maleolom
Postavitve petnice	varus > 5° (inverzija)	varus < 5° (inverzija)	navpično	valgus < 5° (everzija)	valgus > 5° (everzija)
Palpacija sklepa med skočnico in čolničkom	izrazito konkavna	rahlo konkavna	ravna	rahlo izbočena	izrazito izbočena
Potek med. vzdolžnega stopalnega loka	visok lok ostro obokan v post. smeri	srednje visok lok obokan v post. smeri	primerno visok konc. obokan lok	nizek in centralno sploščen lok	zelo nizek sploščen lok, se dotika tal
Ab- / addukcija sprednjega dela stopala *	prsti vidni le med., ne pa lat.	med. vidnih več prstov kot lat.	med. in lat. vidno enako število prstov	lat. vidno več prstov kot med.	prsti vidni le lat., ne pa med.

Legenda: lat. – lateralno; med. – medialno; post. – posteriorno; konc. – koncentrično

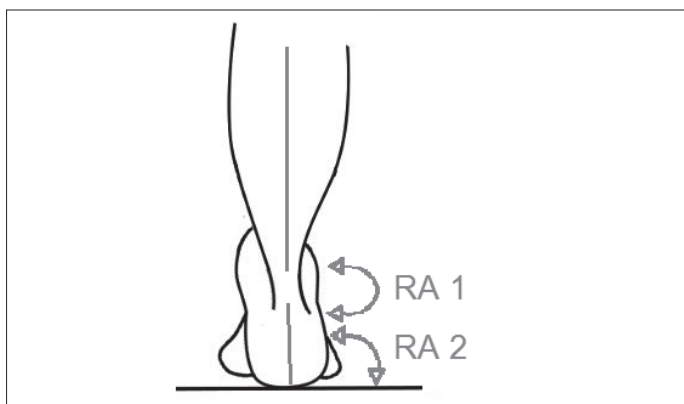
*Pojasnilo: Ko stopalo opazujemo od zadaj, v osi, ki je poravnana s peto in ne z osjo stopala, bomo pri nevtralni obliki stopala videli medialno in laterarno stran stopala s prsti.



Slika 1: Meritev višine in kota stopalnega loka (38, 40) (AH – višina stopalnega loka; LAA – kot stopalnega loka).

Figure 1: Measurement of arch height (AH) and longitudinal arch angle (LAA).

4. Vertikalni padec in prečni premik čolnička (angl. navicular drop in navicular drift) – merimo premik čolnička v vertikalni oz. v prečni smeri, ko primerjamo položaj pri razbremenjenem stopalu (stoja na nasprotni nogi) in obremenjenem stopalu (stoja na obeh nogah). Pri vertikalnem premiku merimo premik grčevine čolnička v sagitalni ravnini, pri prečnem premiku čolnička pa merimo premik čolnička v transverzalni ravnini. Premiki čolnička nam nudijo pomembne informacije o delovanju srednjega dela stopala (39).
5. Zadajšnji kot petnice (angl. rearfoot angle, RA) je v literaturi opredeljen na dva načina (Slika 2). Merimo lahko kot med navpično črto skozi sredino petnice in navpično črto skozi sredino distalne tretjine spodnjega uda (RA 1) (42) ali kot med petnico in podlago (RA 2) (42). Zadajšnji kot petnice nam nudi informacije o delovanju zadnjega dela stopala.



Slika 2: Zadajšnji kot petnice (42, 43). RA 1 – zadajšnji kot petnice, ki ga izmerimo med petnico in distalno tretjino spodnjega uda; RA 2 – zadajšnji kot petnice, ki ga izmerimo med petnico in podlago.

Figure 2: Rearfoot angle (42, 43). RA 1 – Rearfoot angle as measured between the calcaneus and the distal third of the lower limb; RA 2 – Rearfoot angle as measured between the calcaneus and the surface.

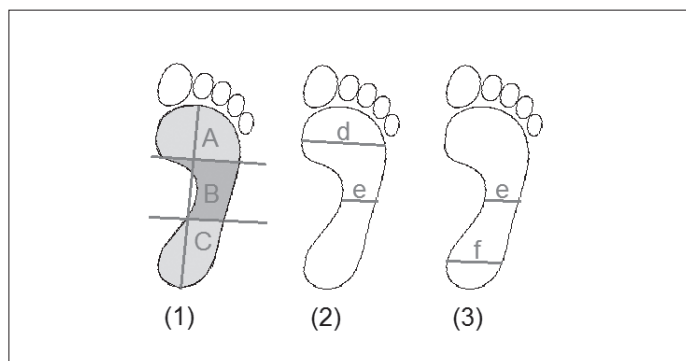
Ocena dinamičnega ploskega stopala s pomočjo odtisa stopala

Odtis stopala vidimo na zrcalu pedoskopa. Druga možnost je uporaba novejših naprav, ki merijo tudi razporeditev pritiskov. Metoda je priročna, ker je enostavna, hitra, učinkovita, ne-invazivna in ekonomična (11, 44). Vendar pa nekatere metode odtisa stopala niso primerne za oceno pri zelo nizkem stopalnem loku,

saj se v tem primeru s podlago stika vsa površina stopala (44). Poleg tega lahko s pomočjo odtisa ocenimo obliko stopala le v eni ravnini. Deljena so tudi mnenja o povezanosti med značilnostmi odtisa stopala in višino stopalnega loka (45 - 47).

V literaturi so opisane naslednje meritve in indeksi odtisa stopala:

1. *Indeks stopalnega loka* (angl. arch index, AI) je v literaturi ena najpogosteje opisanih metod.
 - a. Cavanagh in Rodgers sta indeks stopalnega loka (Slika 3) opredelila kot razmerje med kontaktno površino srednje tretjine stopala (B) in površino celega stopala, brez prstov, ki je v stiku s podlago (A+B+C) (48).
 - b. Chippaux-Smirak indeks stopalnega loka (Slika 3) predstavlja razmerje med širino odtisa stopala v najširšem delu stopalnic (d) in širino odtisa stopala v najožjem delu poteka medialnega vzdolžnega stopalnega loka (e) (49).
 - c. Staheli je s sodelavci indeks stopalnega loka (Slika 3) izračunal kot razmerje med širino odtisa stopala v najožjem delu poteka medialnega vzdolžnega stopalnega loka (e) in širino odtisa stopala v najširšem delu pete (f) (8).



Slika 3: Indeks stopalnega loka (8,48,49); (1) Indeks stopalnega loka Cavanagh in Rodgers = $B/(A+B+C)$, (2) Chippaux-Smirak indeks = $e/d \times 100\%$, (3) Staheli indeks = $e/f \times 100\%$.

Figure 3: Arch index (8,48,49); (1) Cavanagh & Rodgers Arch Index = $B/(A+B+C)$, (2) Chippaux-Smirak Index = $e/d \times 100\%$, (3) Staheli Index = $e/f \times 100\%$.

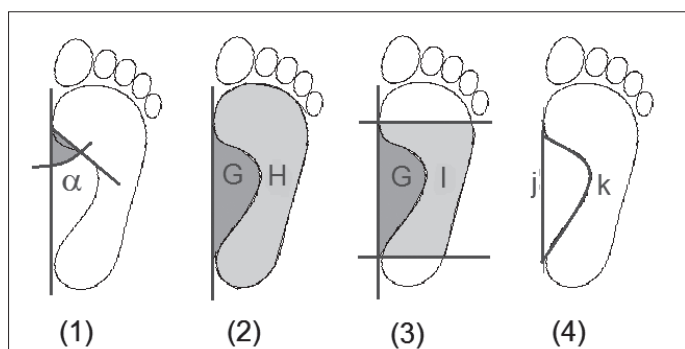
Legenda / Legend: A – sprednja tretjina obris stopala / front third of the footprint; B – srednja tretjina obris stopala / middle third of the footprint; C – zadnja tretjina obris stopala / back third of the footprint; d – najširši del stopala v področju stopalnic / widest foot section in the metatarsal region; e – najožji del stopala v področju medialnega vzdolžnega stopalnega loka / narrowest foot section in the medial arch region; f – najširši del stopala v področju pete / widest foot section in the heel region.

Glede na indeks stopalnega loka ločimo visoki, normalni in ploski stopalni lok (48), medtem ko glede na Chippaux Smirak indeks ločimo visok, normalen, vmesni, nizek in sploščen stopalni lok (49).

2. *Modificirani indeks stopalnega loka:* Kadar indeks stopalnega loka izračunamo iz odtisa stopala, ki ga pridobimo z digitalnimi napravami za merjenje razporeditve pritiska pod stopali, imenujemo to modificiran indeks stopalnega loka (angl. Modified arch index, MAI) (50).
3. *Kot stopalnega loka oz. Clarkov kot* (Slika 4) predstavlja kot med medialno mejo stopala in črto, ki povezuje najbolj late-

ralno točko medialnega dela obrisa stopala z najbolj medialno točko obrisa stopala v predelu stopalnic (51).

4. *Indeks odtisa stopala* (angl. footprint index) (Slika 4) je razmerje med površino stopala, ki je v stiku s podlago in površino, ki ni v stiku. Pri tem slednja predstavlja površino med medialno mejo stopala in medialno linijo obrisa stopala (G); površina stopala, ki je v stiku s podlago, pa predstavlja površino odtisa stopala brez prstov (H) (52).
5. Hawes in sodelavci so v svoji raziskavi predstavili indeks *dolžine stopalnega loka* (angl. arch-length index) in *okrajšan indeks stopalnega loka* (angl. truncated arch index) (Slika 4). Indeks dolžine stopalnega loka so izračunali kot razmerje med dolžino medialne meje stopalnega loka, ki poteka od najbolj medialne točke v področju stopalnic do najbolj medialne točke v področju pete (j) ter dolžino obrisa medialnega vzdolžnega stopalnega loka med tema dvema točkama (k). Okrajšani indeks stopalnega loka pa so opredelili kot razmerje med površino pod stopalnim lokom, ki ni v stiku s podlago (G), in okrajšano površino odtisa stopala, ki je v stiku s podlago, tj. površino odtisa stopala vzporedno ob stopalnem loku (I) (45).



Slika 4: Preostale meritve na odtisu stopala (45, 51, 52): (1) kot stopalnega loka (α), (2) indeks odtisa stopala = G/H , (3) okrajšan indeks stopalnega loka = G/I , (4) indeks dolžine stopalnega loka = j/k .

Figure 4: Other footprint measurements (45, 51, 52): (1) Arch Angle (α), (2) Footprint Index = G/H , (3) Truncated Arch Index = G/I , (4) Arch Length Index = j/k .

Legenda / Legend: α – kot stopalnega loka / arch angle; G – ne-kontaktna površina odtisa stopala / non-contact area of the toeless footprint; H – kontaktna površina odtisa stopala / contact area of the toeless footprint; I – okrajšana kontaktna površina odtisa stopala / truncated contact area of the toeless footprint; j – medialna meja medialnega vzdolžnega stopalnega loka / medial border line of the medial arch; k – obris medialnega vzdolžnega stopalnega loka / outline of the medial arch.

Veljavnost in zanesljivost večine opisanih metod za ocenjevanje ploskih stopal so preverili za odraslo populacijo (44). Dejstvo, da se stopalo pri otroku še razvija, otežuje razumevanje pomena rezultatov meritev za otroško populacijo (4). Na meritve odtisa stopala lahko npr. vpliva maščobna blazinica, ki je pomembno debelejša pri mlajših otrocih, pri dečkih in pri otrocih s čezmerno telesno težo (18, 22, 53). Le v nekaj raziskavah so preverili zanesljivost metod za oceno ploskega stopala pri otrocih in tudi dandanes po podatkih v literaturi še ni povsem jasno, katera metoda

ocene ploskih stopal bi bila za spremljanje medialnega vzdolžnega stopalnega loka pri otrocih tudi najbolj primerna.

Drefus je s sodelavci preveril zanesljivost indeksa višine stopalnega loka in ta se je izkazala kot objektivna in zanesljiva metoda ocene ploskega stopala pri otrocih (40, 54). Onodera s sodelavci je v raziskavi primerjala indeks stopalnega loka, Chipaux-Smirak indeks, Staheli indeks in kot stopalnega loka. Rezultati raziskave so pokazali, da omenjeni indeksi med seboj dobro korelirajo, pomembne razlike pa so se pokazale pri razvrščanju otrok s pomočjo različnih indeksov. Za spremljanje razvoja medialnega vzdolžnega stopalnega loka pri otrocih so priporočili Chipaux-Smirak indeks zaradi razširjene 5-stopenjske lestvice in zaradi enostavnosti metode (11).

Kot praktična, zanesljiva in občutljiva metoda za merjenje medialnega vzdolžnega stopalnega loka pri otrocih se je izkazal tudi Clarkov kot stopalnega loka. Pauk in sodelavci so ugotavljali, da ocena ploskih stopal pri otrocih s Clarkovim kotom dobro korelira z meritvami, ki so jih dobili s pomočjo rentgenskega posnetka. S pomočjo Clarkovega kota in indeksa telesne teže so izdelali tudi matematični model, s katerim so z relativno veliko verjetnostjo napovedali velikost plantarnega pritiska pod medialnim vzdolžnim stopalnim lokom (55).

Ocena dinamičnega ploskega stopala s pomočjo rentgenskega slikanja

S pomočjo rentgenskih posnetkov stopala, ki je obremenjeno pri stoji, lahko merimo različne kote in razmerja med kostnimi strukturami. Rentgensko slikanje se pri obravnavi otrok z dinamičnimi ploskimi stopali uporablja predvsem za diferencialno diagnostiko in načrtovanje kirurškega zdravljenja. Nekateri avtorji so rentgenske posnetke uporabili tudi za vrednotenje medialnega vzdolžnega stopalnega loka. Omejitev pri uporabi rentgenskih preiskav za spremljanje razvoja medialnega vzdolžnega stopalnega loka je škodljivost sevanja in stroški preiskave. Poleg tega oceno rentgenskih posnetkov pri otrocih otežuje nedokončana osifikacija kostnih struktur, zato je potrebno zanesljivost rentgensko ugotovljenih značilnosti stopala preveriti posebej za otroško populacijo (55).

ZAKLJUČEK

Kljub visoki prevalenci dinamičnega ploskega stopala v obstoječi literaturi še ni jasnega soglasja o tem, katera metoda bi bila najbolj primerna za spremljanje razvoja medialnega vzdolžnega stopalnega loka pri otrocih.

Literatura:

1. Hicks JH. The mechanics of the foot. I. The joints. *J Anat.* 1953; 87(4): 345-57.

2. Hicks JH. The mechanics of the foot. II. The plantar aponeurosis and the arch. *J Anat.* 1954; 88 (1): 25-30.
3. Jones RL. The human foot: an experimental study of its mechanics, and the role of its muscles and ligaments in the support of the arch. *Am J Anat.* 1941; 68 (1): 1-39.
4. Harris EJ. The natural history and pathophysiology of flexible flatfoot. *Clin Podiatr Med Surg.* 2010; 27(1): 1-23.
5. Barry RJ, Scranton PE. Flat feet in children. *Clin Orthop Relat Res.* 1983; (181): 68-75.
6. Harris EJ, Vanore J V., Thomas JL, Kravitz SR, Mendelson SA, Mendicino RW, et al. Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *J Foot Ankle Surg.* 2004; 43(6): 341-73.
7. Morley AJ. Knock-knee in children. *Br Med J.* 1957; 2 (5051): 976-79.
8. Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch: a survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg Am.* 1987; 69(3): 426-28.
9. Pfeiffer M, Kotz R, Ledl T, Hauser G, Sluga M. Prevalence of flat foot in preschool-aged children. *Pediatrics.* 2006; 118(2): 634-9.
10. Volpon JB. Footprint analysis during the growth period. *J Pediatr Orthop.* 1994; 14(1): 83-5.
11. Onodera AN, Sacco ICN, Morioka EH, Souza PS, de Sá MR, Amadio AC. What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur? *Foot (Edinb).* 2008; 18(3): 142-9.
12. Tong JWK, Kong PW. Medial longitudinal arch development of children aged 7 to 9 years: longitudinal investigation. *Phys Ther.* 2016; 96(8): 1216-24.
13. Bosch K, Gerß J, Rosenbaum D. Development of healthy children's feet: nine-year results of a longitudinal investigation of plantar loading patterns. *Gait Posture.* 2010; 32(4): 564-71.
14. Jones BS. Flat foot. a preliminary report of an operation for severe cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1975; 57(3): 279-82.
15. Haraldsson S. Pes plano-valgus staticus juvenilis and its operative treatment. *Acta Orthop Scand.* 1965; 35: 234-56.
16. Basmajian JV, Stecko G. The role of muscles in arch support of the foot. *J Bone Joint Surg Am.* 1963; 45: 1184-90.
17. Mann R, Inman VT. Phasic activity of intrinsic muscles of the foot. *J Bone Joint Surg Am.* 1964; 46: 469-81.
18. Mickle KJ, Steele JR, Munro BJ. Is the foot structure of preschool children moderated by gender? *J Pediatr Orthop.* 2008; 28(5): 593-6.
19. Carr JB, Yang S, Lather LA. Pediatric pes planus: a state-of-the-art review. *Pediatrics.* 2016; 137(3): e20151230.
20. Halabchi F, Mazaheri R, Mirshahi M, Abbasian L. Pediatric flexible flatfoot; clinical aspects and algorithmic approach. *Iran J Pediatr.* 2013; 23(3): 247-60.
21. Chang JH, Wang SH, Kuo CL, Shen HC, Hong YW, Lin LC. Prevalence of flexible flatfoot in Taiwanese school-aged children in relation to obesity, gender, and age. *Eur J Pediatr.* 2010; 169(4): 447-52.
22. Riddiford-Harland DL, Steele JR, Baur LA. Are the feet of obese children fat or flat? Revisiting the debate. *Int J Obes.* 2011; 35(1): 115-20.
23. Jankowicz-Szymanska A, Pocięcha M, Mikolajczyk E, Kolpa M. The nutritional status and the height of the arch of the foot in preschool children. *Minerva Pediatr.* 2015; 67(4): 311-19.
24. Jankowicz-Szymanska A, Mikolajczyk E. Genu valgum and flat feet in children with healthy and excessive body weight. *Pediatr Phys Ther.* 2016; 28(2): 200-6.
25. Chen KC, Yeh CJ, Tung LC, Yang JF, Yang SF, Wang CH. Relevant factors influencing flatfoot in preschool-aged children. *Eur J Pediatr.* 2011; 170(7): 931-6.
26. Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, Chou YL. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. *J Pediatr Orthop.* 2001; 21(3): 378-82.
27. Benedetti MG, Ceccarelli F, Berti L, Luciani D, Catani F, Boschi M, et al. Diagnosis of flexible flatfoot in children: a systematic clinical approach. *Orthopedics.* 2011; 34(2): 94.
28. Lin CJ, Lin SC, Huang W, Ho CS, Chou YL. Physiological knock-knee in preschool children: prevalence, correlating factors, gait analysis, and clinical significance. *J Pediatr Orthop.* 1999; 19(5): 650-4.
29. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. Are flexible flat feet associated with proximal joint problems in children? *Gait Posture.* 2016; 45: 204-10.
30. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. The relationship between quality of life and foot function in children with flexible flatfeet. *Gait Posture.* 2015; 41(3): 786-90.
31. Tudor A, Ruzic L, Sestan B, Sirola L, Prpic T. Flat-footedness is not a disadvantage for athletic performance in children aged 11 to 15 years. *Pediatrics.* 2009; 123(3): e386-92.
32. Rzeghi M, Batt ME. Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait Posture.* 2002; 15(3): 282-91.
33. Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the Foot Posture Index. *J Foot Ankle Res.* 2008; 1(1): 6.
34. Rokkedal-Lausch T, Lykke M, Hansen MS, Nielsen RO. Normative values for the foot posture index between right and left foot: a descriptive study. *Gait Posture.* 2013; 38(4): 843-6.
35. Gijon-Nogueron G, Montes-Alguacil J, Alfageme-Garcia P, Cervera-Marin JA, Morales-Asencio JM, Martinez-Nova A. Establishing normative foot posture index values for the paediatric population: a cross-sectional study. *J Foot Ankle Res.* 2016; 9: 24.
36. Morrison SC, Ferrari J. Inter-rater reliability of the Foot Posture Index (FPI-6) in the assessment of the paediatric foot. *J Foot Ankle Res.* 2009; 2: 26.

37. Pohl MB, Farr L. A comparison of foot arch measurement reliability using both digital photography and calliper methods. *J Foot Ankle Res.* 2010; 3: 14.
38. Cashmere T, Smith R, Hunt A. Medial longitudinal arch of the foot: stationary versus walking measures. *Foot Ankle Int.* 1999; 20(2): 112-8.
39. Kothari A, Dixon PC, Stebbins J, Zavatsky AB, Theologis T. Motion analysis to track navicular displacements in the pediatric foot. *Foot Ankle Int.* 2014; 35(9): 929-37.
40. Drefus LC, Kedem P, Mangan SM, Scher DM, Hillstrom HJ. Reliability of the arch height index as a measure of foot structure in children. *Pediatr Phys Ther.* 2017; 29(1): 83-8.
41. Miller EE, Whitcome KK, Lieberman DE, Norton HL, Dyer RE. The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength. *J Sport Heal Sci.* 2014; 3(2): 74-85.
42. Jonson LSR, Gross MT. Intraexaminer reliability, interexaminer reliability, and mean values for nine lower extremity skeletal measures in healthy naval midshipmen. *J Orthop Sport Phys Ther.* 1997; 25(4): 253-63.
43. Sell KE, Verity TM, Worrell TW, Pease BJ, Wigglesworth J. Two measurement techniques for assessing subtalar joint position: a reliability study. *J Orthop Sport Phys Ther.* 1994; 19(3): 162-7.
44. Razeghi M, Batt ME. Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait Posture.* 2002; 15(3): 282-91.
45. Hawes MR, Nachbauer W, Sovak D, Nigg BM. Footprint parameters as a measure of arch height. *Foot Ankle.* 1992; 13(1): 22-6.
46. Queen RM, Mall NA, Hardaker WM, Nunley JA. Describing the medial longitudinal arch using footprint indices and a clinical grading system. *Foot Ankle Int.* 2007; 28(4): 456-62.
47. McCrory JL, Young MJ, Boulton AJM, Cavanagh PR. Arch index as a predictor of arch height. *Foot* 1997; 7(2): 79-81.
48. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: a useful measure from footprints. *J Biomech.* 1987; 20(5): 547-51.
49. Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot Ankle Int.* 1990; 11(2): 101-4.
50. Chu WC, Lee SH, Chu W, Wang TJ, Lee MC. The use of arch index to characterize arch height: a digital image processing approach. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1995; 42(11): 1088-93.
51. Clarke HH. An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. *Res Quarterly Am Phys Educ Assoc.* 1933; 4(3): 99-107.
52. Irwin LW. A study of the tendency of school children to develop flat-footedness. *Res Quarterly Am Phys Educ Assoc.* 1937; 8(1): 46-53.
53. Wearing SC, Hills AP, Byrne NM, Hennig EM, McDonald M. The arch index: a measure of flat or fat feet? *Foot Ankle Int.* 2004; 25(8): 575-81.
54. Rethlefsen SA, Katzel MJ. Commentary on "Reliability of the arch height index as a measure of foot structure in children." *Pediatr Phys Ther.* 2017; 29(1): 89.
55. Pauk J, Ihnatouski M, Najafi B. Assessing plantar pressure distribution in children with flatfoot arch. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2014; 104(6): 622-32.
56. Metcalfe SA, Bowling FL, Baltzopoulos V, Maganaris C, Reeves ND. The reliability of measurements taken from radiographs in the assessment of paediatric flat foot deformity. *Foot.* 2012; 22(3): 156-62.