

Dijagnostičko-terapijski pristup djeci koja hodaju na prstima – perspektiva fizijatra i kineziologa

Diagnostic and Therapeutic Aspect of Toe Walking in Children-Perspective of Physiatrist and Kinesiologist

Jelena Marunica Karšaj^{1*}, Igor Gruić^{2, 3, 4}

¹ KBC „Sestre milosrdnice“, Klinika za reumatologiju, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju, Zagreb, Hrvatska

² Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet, Zavod za kineziologiju sporta, Zagreb, Hrvatska

³ Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija, Zagreb, Hrvatska

⁴ Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet, Zagreb, Hrvatska

Sažetak. Hod na prstima obuhvaća manje od 1 % dijagnoza prilikom posjete fizijatru. Kod ovakve inadekvatne kinematike hoda dijete ostvaruje inicijalni kontakt prednjim dijelom stopala na podlogu umjesto inicijalnog kontakta petom o podlogu. Kada ostvari kontakt petom o podlogu, takav je hod često praćen biomehaničkim kompenzacijama, nepravilnom posturom i lošijom koordinacijom pokreta. Često je prisutan unutar prve razvojne faze bipedalnog hoda. Kod većine djece urednog opsega pokreta koja hodaju na prstima, dolazi do spontane normalizacije hoda. No kod nekih perzistira te je potrebna klinička evaluacija i liječenje. Ovaj klinički entitet obuhvaća široku diferencijalnu dijagnozu i postoji mogućnost genetskog nasljeđivanja. Dijagnoza idiopatskog hoda na prstima postavlja se isključenjem. Ponekad jasna diferencijacija između idiopatskog oblika i drugih bolesti povezanih s hodom na prstima u okviru mišićno-koštanih i neuroloških bolesti ili poremećaja senzorne obrade informacija može biti klinički izazovna. Sofisticirana procjena biomehanike gležnja može se učiniti u laboratorijima za kvantitativnu analizu hoda primjenjujući sustave temeljene na inverznom dinamičkom pristupu, ali i na novijim nosivim mjernim sustavima. Brojni modaliteti liječenja ograničene su snage dokaza. Potreba za liječenjem i odabirom individualnog optimalnog modaliteta trebala bi se temeljiti na kliničkoj procjeni i eventualno kvantitativnoj analizi hoda u opremljenom laboratoriju. U kliničkoj praksi zastupljeni su konzervativni modaliteti liječenja kao što je fizikalna terapija u obliku kineziterapije, opskrba ortozama, serijsko gipsanje te kirurške intervencije. Kod djece s urednim opsegom pokreta gležnja, ali perzistentnim hodom na prstima, liječenje je primarno konzervativno uključujući fizikalnu terapiju i ortoze.

Glavne riječi: analiza hoda; diferencijalna dijagnoza; dijete; hodanje; prsti; terapija

Abstract. Toe walking covers less than 1% of diagnoses when visiting the physiatrist. In this inadequate kinematics of walking, the child's initial foot contact pattern is on forefoot, rather than common heel strike. For those children who nevertheless make heel contact on the surface their gait is often accompanied by biomechanical compensation, irregular posture, and lack of movement coordination. Toe walking can be embedded within the first developmental stage of bipedal walking. In most toe-walking children with a normal range of ankle movements spontaneous normalization of gait occurs. However, in some, toe walking persists, and clinical evaluation and treatment are needed. This clinical entity has a broad differential diagnosis and there is also a possibility of genetic inheritance. The diagnosis of idiopathic toe walking is made by exclusion. Sometimes a clear differentiation between idiopathic toe walking and other diseases associated with toe walking, like musculoskeletal, neurological diseases, or sensory information processing disorders, could be clinically challenging due to a similar clinical presentation. A sophisticated assessment of ankle biomechanics can be done in laboratories for quantitative gait analysis by applying systems based on an inverse dynamic approach and with wearable measurement systems. Numerous treatment modalities are limited in evidence-based praxis. The need for treatment and selection of an individual optimal modality should be based on clinical

***Dopisni autor:**

Jelena Marunica Karšaj, dr. med.
KBC „Sestre milosrdnice“, Klinika za reumatologiju, fizikalnu medicinu i rehabilitaciju
Vinogradska cesta 29, 10000 Zagreb, Hrvatska
E-mail: jelenamarunica@yahoo.com

<http://hrcak.srce.hr/medicina>

examination and quantitative gait analysis assessment in a laboratory equipped for this purpose.

Keywords: child; diagnosis, differential; gait analysis; therapeutics; toes; walking

UVOD

Hod na prednjem dijelu stopala ili hod na prstima (engl. *toe walking*) definira se kao odsutnost ili nemogućnost inicijalnog kontakta petom (engl. *heel strike*) prilikom početnog kontakta s podlogom i tijekom faze oslonca¹. Hod na prstima pripisuje se varijabilnosti razvojne faze tipičnog hoda, no perpetuacija takvog obrasca hoda nakon dobi od tri godine smatra se atipičnom². Neki autori dokumentiraju da je pojava hodanja na prstima uobičajeno odstupanje hoda do dobi od tri godine³. Hod na prstima čest je poremećaj hoda u pedijatrijskoj populaciji s prevalencijom od 5 do 24 %⁴⁻⁶. Epidemiološki podatci navode učestalost idiopatskog hoda na prstima u djece do 12 %, bez razlika u spolu⁷. Procjenjuje se da se javlja kod 5 % zdrave djece u dobi od pet godina⁴, prisutan je u oba spola i obično je povezan s položajem stopala ekvinus (tzv. viseće stopalo)⁸. Kako mnoga djeca imaju pozitivnu obiteljsku anamnezu hoda na prstima, dio djece ima genetsku predispoziciju za razvoj ovog stanja^{4,6,9}. Pomarino i sur. otkrili su da se hod na prstima predominantno javlja kod dječaka i smatra se da se nasljeđuje autosomno X-vezano recesivno računajući 30 do 70 % slučajeva idiopatskog hoda na prstima¹⁰. Teža strukturna posljedica hoda na prstima je položaj ekvinus koji uvelike pridonosi bolovima u donjem ekstremitetu ili stopalu¹¹, slabijim motoričkim sposobnostima¹², kao i izbjegavanju sudjelovanja u sportskim i rekreativnim aktivnostima¹³. Na kliničkom pregledu djeca su obično urednog neurološkog statusa, simetrične grube mišićne snage sa selektivnom kontrolom pokreta i pokazuju sklonost hodanju na prstima¹⁴. Kod takve djece na kliničkom pregledu često se verificiraju ograničeni pasivni i aktivni opseg pokreta u gležnju¹⁵, međutim postoje i djeca s idiopatskim hodom na prstima bez anatomskih i funkcionalnih ograničenja¹⁶. Međutim kod 5 % zdrave djece ne može se identificirati određeni uzrok hoda na prstima¹⁷.

Dijagnoza idiopatskog hoda na prstima postavlja se nakon isključenja drugih mišićno-koštanih ili neuroloških stanja¹⁰. Ponekad se u nomenklaturi susrećemo s terminom „habitualni“ hod na prstima (engl. *habitual toe walking*) kada nije moguće identificirati uzrok takvog odstupanja od normalnog hoda¹⁸. Kako idiopatska inačica ovog stanja često prolazi sama od sebe, mnogi su uvjereni da ne zahtijeva medicinsku pozornost. No ipak, kod mnoge djece koja dođu na pregled fizijatra i/ili ortopedu, opisana inadekvatna kinematika hoda evidentno ne prolazi spontano¹⁹.

Klinički entiteti koji mogu uključivati hod na prstima, jesu cerebralna paraliza, poremećaj senzorne integracije, mišićna distrofija, sindrom sapete kralješničke moždine, Charcot Marie-Toothova neuropatija ili spina bifida. Modaliteti liječenja uključuju fizikalnu terapiju, ortopedsku obuću, serijsko gipsanje, botulinski toksin tipa A i kirurško liječenje, ovisno o težini kliničke slike.

Djeca koja hodaju na prstima tri puta češće razvijaju kontrakturu $\leq 0^\circ$ dorzifleksije nego ona s normalnom shemom hoda⁷. Prilikom pregleda djeteta koje hoda na prstima, bitno je da kliničar razumije njegove uzroke. Diferencijalna dijagnoza izrazito je širokog dijapazona u pogledu težine kliničke slike – kod neke djece ona je dio urednog motoričkog razvoja, a kod druge može dovesti do kongenitalnih ili stečenih kontraktura ili je posljedica neuroloških i neuromuskularnih bolesti. Potonje uključuje cerebralnu paralizu (CP), mišićnu distrofiju (MD), spinalni dizrafizam, sindrom sapete kralješničke moždine (engl. *thetered cord syndrome*), nasljednu spastičnu paraparezu i nasljedne senzomotorne neuropatije^{19,20}. Iz aspekta psihijatrijskih bolesti, shizofrenija i poremećaji iz spektra autizma povezuju se s hodom na prstima. Williams i sur. izvijestili su da djeca koja hodaju na prstima, imaju veću incidenciju motoričkih i senzornih odstupanja nego što je očekivano²². Različita ortopedsko-reumatološka stanja i bolesti kao što su inegalitet donjih ekstremiteta, kontraktura Ahilove tetive, *pes equinovarus*, unilateralna dislokacija kuka, ozljede plantarne strane stopala ili ankilozantni spondilitis mogu biti praćena hodom na prstima²¹. Kod neuromusku-

larnih bolesti dolazi do oslonca na prste zbog neravnoteže između fleksornih i ekstenzornih mišića donjih ekstremiteta²². Smatra se da prolazni disbalans u mišićnom tonusu, poglavito *m. tricepsa surae*, ima ključnu ulogu u razvoju idiopatskog oblika. Elektromiografski nalazi pokazali su patološke obrasce inervacije mišićnog kompleksa *gastrocnemius-soleus*, slično kao kod djece sa spastičnim CP-om²³. Ako ne dođe do spontane rezolucije mišićnog disbalansa, skraćuju se plantarni mišići te slijedom navedenog smanjuje opseg pokreta u gležnju, što dovodi do strukturalne deformacije te stoga idiopatski hod na prstima perzistira²⁴. Malo je toga napisano kao dugoročna posljedica neliječenog hoda na prstima, međutim poremećana morfologija talusa, uključujući nedostatak talarnog recesusa, zabilježen je u 66 % djece, kao i gubitak zaobljenosti talusa u 30 %²⁵. Kod neke djece postoji snažna obiteljska sklonost. Ovaj klinički entitet prepoznat je u okviru povezanosti i s poteškoćama senzorne obrade informacija kod djece. Slijedom navedenog, u takvim slučajevima postaje upitno je li ovaj poremećaj zaista idiopatskog podrijetla s obzirom na to da je moguće prisustvo podliježećeg neurološkog uzroka⁵. Postoji nekoliko kategorija djece čija se habitualna shema hoda svrstava pod univerzalno korišteni krovni termin *toe walking*. To uključuje hod na prstima bez kontraktura kod djece mlađe od pet godina, perzistentni hod na prstima kod djece starije od pet godina i one djece s razvijenim sekundarnim hodom na prstima zbog kongenitalne ili stečene kontrakture. Jasna nomenklatura potrebna nam je da preciznije kvalificiramo različite oblike jer shodno tome postoje različite implikacije za liječenje¹⁹. Primjerice, kod trogodišnjeg djeteta koje hoda na prstima s punim opsegom pokreta u gležnju, očekuje se da će se takva shema hoda spontano riješiti bez terapijske intervencije⁴, a naprotiv starije dijete koje hoda na prstima i s razvijenom kontrakturom, trebat će terapijsku intervenciju.

Cilj je ovog preglednog rada senzibilizirati kolege koji se bave dječjom (re)habilitacijom da dublje uđu u ovu sve više zastupljenu problematiku hoda na prstima i bolje razumiju patologiju ovog entiteta, obiteljsku povezanost, klinički tijek, kao i eventualne kliničke posljedice hoda na prstima

na cjelokupan razvoj djeteta i shodno tome donesu odluku o tome kojoj je djeci potrebno propisati liječenje i u kojem obliku.

ETIOLOGIJA

Zbog široke diferencijalne dijagnoze i mogućnosti genetske predispozicije inicijalna obrada uključuje ciljanu anamnezu koja se odnosi na dob u kojoj je dijete samostalno prohodalo, početak nastupa i učestalost hoda na prstima (uvijek, pretežno, povremeno) i pogoršava li se tijekom vremena. Važno je kliničkim pregledom utvrditi da je dijete sposobno hodati na punom stopalu¹⁹. Osim što je bitno poznavati prirodni tijek i na temelju toga odlučiti kod koje se djece očekuje da će se ovakvo odstupanje riješiti bez liječenja, a kod kojih će postojati tendencija perzistirajućem stanju, izazov predstavlja i kako postaviti dijagnozu *per se*. Kao što je poznato, idiopatski hod na prstima predstavlja zaseban medicinski entitet. Ako ne postoji mogućnost utvrđivanja uzroka hoda na prstima, dijagnosticira se isključenjem, međutim postoji nekoliko karakteristika koje pomažu kliničarima u identificiranju ovog stanja. Ograničen je pokret u gležnju jedan je od najčešćih pokazatelja dijagnoze idiopatskog hoda na prstima u pedijatrijskoj populaciji²⁶. Ne postoji jedinstven klinički patognomonični znak za postavljanje dijagnoze idiopatskog hoda na prstima. U preglednom radu Bauera i sur. navedeni su anamnestički i klinički čimbenici koji pomažu u postavljanju različitih dijagnoza kod kojih može biti prisutan ovakav hod¹⁹. Anamnestički podatci o prijevremenom porodu i perinatalnim komplikacijama mogu implicirati na cerebralnu paralizu. Kašnjenje u usvajanju motoričkih miljkaza može također upućivati na CP, ali i na neuromuskularne bolesti. Djeca s dijagnosticiranim idiopatskim hodom na prstima često imaju slične karakteristike kao djeca s blagom spastičnom diplegijom (engl. *mild spastic diplegia*), vrstom CP-a u kojoj su donji ekstremiteti zahvaćeniji od gornjih ekstremiteta. CP predstavlja klinički skup neprogresivnih, ali promjenjivih poremećaja razvoja, motorike i posture, uzrokujući ograničenja aktivnosti koja se javljaju zbog poremećaja razvoja ili oštećenja nezrelog mozga u ranijoj fazi sazrijevanja djeteta. Najčešće dolazi do promjena u senzoričkom, kognitivnom, percep-

tivnom i komunikativnom svijetu te može doći do epilepsije i poremećaja u ponašanju^{27, 28}. Kako je ovo općenito dijagnoza isključenja, jasna diferencijacija između idiopatskog hoda na prstima i drugih oblika bolesti povezanih s njim, posebno u djece s blaže izraženom kliničkom slikom CP-a²⁹ klasificiranom prema Sustavu klasifikacije grubog motoričkog funkcioniranja II (engl. *Gross Motor Function Classification System*; GMFCS), mogla bi biti klinički izazovna zbog slične kliničke prezentacije. GMFCS je dijagnostički instrument koji predstavlja standard za klasificiranje oboljelih od CP-a na temelju ograničenja njihove aktivnosti³⁰. Progressivni hod na prstima diferencijalno-dijagnostički obuhvaća sindrom sapete kralješničke moždine, dijastematomijeliju i nasljednu spastičnu paraparezu¹⁹. Inkontinencija i konstipacija, kao i križobolja ili drugi bolovi u leđima praćeni hodom na prstima mogu također upućivati na sindrom sapete kralješničke moždine i dijastematomijeliju. Poremećaj senzornog procesuiranja ili poremećaj iz spektra autizma može upućivati na idiopatsku inačicu. Hod koji se pogoršava tijekom dana može upućivati na dopa-rezistentnu distoniju. Jednostrani oblik može upućivati na strukturalne poremećaje u vidu inegaliteta u duljini nogu i displazije kukova, arteriovensku malformaciju, hemiplegični CP, perifernu neuropatiju ili posttraumatsko podrijetlo. Bolest donjeg motoneurona uz kavus deformaciju stopala, mišićnu slabost, gubitak senzibiliteta i hiporefleksiju udružena s ovakvim obrascem upućuje na neuropatiju. Od kliničkih znakova, hipertrofija potkoljenica i slabost proksimalnih mišićnih skupina patognomonične su za Duchennovu mišićnu distrofiju³¹. Postoji nekoliko teorija o tome zbog čega neka djeca nastavljaju hodati na prstima u periodu kada bi trebala dosljedno prezentirati hod na punim plantama. Na temelju studija kontinuum hoda na prstima može biti povezan s blažim neurološkim oštećenjem, diskretnom nasljednom ili obiteljskom sklonošću kontrakturi Ahilove tetive ili s povećanjem broja mišićnih vlakana tipa I^{32, 42}. Razlika u poplitalnom kutu na rendgenogramu stopala može izdiferencirati idiopatski hod na prstima i CP³³. Smatra se da je prevalencija idiopatskog hoda na prstima oko 5 % tijekom razvoja, s blagom prevalencijom kod dječaka. Djeca u ne-

kim slučajevima povremeno hodaju na prstima tijekom faze prohodavanja, no to nije standardna razvojna faza kroz koju prolaze tijekom savladavanja hoda³⁴⁻³⁷. Međutim, ostaje nepoznato zbog čega taj obrazac hoda kod nekih perzistira. Jedna predominantna teorija govori u prilog tome da djeca koja hodaju na prstima imaju narušeno motoričko planiranje i senzorno procesuiranje, u odnosu na djecu s tipično usmjerenim motoričkim razvojem, i shodno tome usvajaju i održavaju ovakav neadekvatan obrazac hoda¹². Smatra se da se poteškoće senzorne obrade informacija, koje se obično opisuju u okviru poremećaja senzorne integracije, javljaju kada se osjetilne informacije percipiraju i tumače na neorganiziran način, narušavajući sposobnost pojedinca da koristi te informacije za prikladnu interakciju unutar svoje okoline^{38, 39}. Senzorni poremećaji usko su vezani za različite neurorazvojne poremećaje kao što su autizam i globalno neurorazvojno kašnjenje. Prema rezultatima studije Williamsa i sur. međuodnos hoda na prstima i senzorne obrade informacija (engl. *sensory processing*) smatra se inkonzistentnim¹².

DIJAGNOSTIKA

Budući da ne postoji jedinstven dijagnostički test za hod na prstima, potrebno je učiniti detaljan, sveobuhvatan fizikalni pregled uključujući pregled stopala uz opseg pokreta, kralješnice, analizu sheme odnosno kinematike hoda, kao i neizostavan neurološki pregled. Za vizualnu procjenu hoda bitno je odrediti je li dijete sposobno hodati u maniri peta-prsti kada to od njega ispitivač zatraži. Ako je dijete sposobno učiniti navedeno, to je dobar prediktivni znak kliničaru kojim se demonstrira da dijete ima normalnu motornu kontrolu svojih pokreta i da nema razvijenu bipplantarnu fleksijsku kontrakturu koja bi onemogućavala inicijalni kontakt pete s podlogom (engl. *heel strike*).

Drugi opservacijski parametri uključuju prisutnost ataksije, Trendelenburgov znak, način pozicioniranja gornjih ekstremiteta tijekom hoda i trčanja koji bi mogli upućivati na hemiparetični oblik cerebralne paralize. Prisutnost Gowersova znaka primarno je važna za distinkciju mišićne patologije kao što je mišićna distrofija³¹.

Karakteristike kliničkog pregleda stopala

Stopalo se pregledava u opterećenju u stojećem položaju i u rasterećenju u sjedećem položaju kako bi se uočio kavus deformitet. Za procjenu kliničkih znakova opetovanog hoda na prstima mjeri se povišenje svoda prednjeg dijela stopala, smanjena zaobljenost na peti (engl. *hindfoot callosity*) i proširenje prednjeg dijela stopala (engl. *widening of the forefoot*)¹⁹. Važan klinički test za procjenu opsega pokreta jest mjerenje poplitealnog kuta i dorzifleksije gležnja kod ekstenziranog i flektiranog koljena, tzv. Silfverskioldov test, pri čemu je suptalarni zglobov u neutralnom položaju³⁴. Prema literaturi, kontraktura gležnja smatra se unutar opsega pokreta od 0 do 10°, a neki navode kontrakturu kod < 5°³⁵. Pregled kralježnice također je važan da se utvrdi prisutnost posturalne asimetrije, područja pojačane dlakavosti i drugih kliničkih znakova spinalnog dizrafizma, primarno kao uzroka spinalne patologije. U konačnici, neurološki pregled treba obuhvatiti ispitivanje grube mišićne snage, tetivnih refleksa, prisutnost spasticiteta i znakova bolesti gornjeg motoneurona kao što su Babinski i Hoffman. Poželjno je opservirati dijete tijekom dolaska u ordinaciju jer su djeca sklonija svoj autentičan hod prezentirati dok nisu svjesna da ih se pregledava. Opservacijska analiza hoda trebala bi uključivati poziciju stopala za vrijeme faze zamaha i inicijalnog kontakta o podlogu, poziciju stopala za vrijeme faze oslonca i evaluaciju simetričnih zamaha gornjim ekstremitetima. Prilikom pregleda ekstremiteta treba obratiti pozornost na ograničenja opsega pokreta, grubu mišićnu snagu, razliku u duljini donjih ekstremiteta i asimetrije potkoljenica. Procjena kontrakture gležnja koristi se da razlikujemo habitualni ili dinamički hod na prstima stopala od fiksiranog deformiteta uzrokovane kontrakturom Ahilove tetive. Ako postoji ograničena dorzifleksija, Silfverskioldov test može diferencirati je li ograničena dorzifleksija isključivo zbog krutosti *m. gastrocnemiusa* ili kombinirano *m. gastrocnemiusa* i *m. soleusa*. Morfološke promjene na stopalima uključuju zadebljanja i natiske ispod glavica metatarzalnih kostiju, proširenje prednjeg dijela stopala i uže formirana peta. Aktivni klinički pregled uključuje određivanje opsega pokreta u gležnju u stojećem položaju

tijekom opterećenja s ekstenzanim i flektiranim koljenom putem inklinometra te u pronacijskom položaju s ekstenzanim i flektiranim koljenom. Za opisivanje ove patologije koristi se jedna od skala hoda (engl. *gait scale*): nemogućnost postavljanja na pete ili srednji dio stopala odgovara ocjeni 0; nemogućnost postavljanja pete na podlogu, moguće pozicioniranje srednjeg dijela stopala na podlogu odgovara ocjeni 1; postavlja pete na podlogu, nemogućnost činjenja 10 koraka s dorzifleksijom palca odgovara ocjeni 2; u mogućnosti postaviti se na pete i učiniti 10 koraka s dorzifleksijom palca dok plantarna strana prednjeg dijela stopala ostaje na podlozi odgovara ocjeni 3; u mogućnosti postaviti pete na podlogu i učiniti 10 koraka s odignutom plantarnom stranom prednjeg dijela stopala odgovara ocjeni 4³⁶. Kada je postavljena dijagnoza, liječenje se bazira na procjeni koštane zrelosti ili nezrelosti na temelju dobi, mjerenja opsega pokreta, prisutnosti ili odsutnosti fiksirane kontrakture kompleksa *gastrocnemius-soleus* i oblika stopala (normalan, povišen svod ili spušten svod).

Radiološka dijagnostika

Indicirana je i dijagnostička radiološka obrada u skladu s kliničkom slikom. Kada se stopalo klinički prezentira kavus deformacijom ili proširenjem svojeg prednjeg dijela, potrebno je učiniti anterioposteriorne i lateralne radiografske snimke kako bi se izračunao stupanj kavus deformacije stopala i shodno tome kreirao terapijski pristup (primjerice, opuštanje plantarne fascije > 10°). Određivanjem kuta inklinacije kalkaneusa (engl. *calcaneal pitch*) mjeri se visina poprečnog svoda koja pomaže prilikom procjene o tome radi li se kod djeteta o ekvinus ili kavus deformaciji imajući na umu da tibija treba biti okomito pozicionirana na podlogu. Upravo zbog toga određivanje tibiokalkanealnog kuta pouzdanija je mjera. Stupanj kavus deformacije može se odrediti mjerenjem kuta prema Mearyju (kut između longitudinalne osi talusa i osi prve metatarzalne kosti) na lateralnom radiogramu stopala u opterećenju³³.

TERAPIJA

Postoje brojne neinvazivne i invazivne metode liječenja s primarnim ciljem povećanja opsega dor-

zifeksije gležnja²². Terapijski pristupi uključuju: fizikalnu terapiju, ortopedsku obuču, serijsko gipsanje, botulinski toksin tipa A (BTX-A) i kirurško liječenje mekih tkiva stopala u ovisnosti o težini kliničke slike. Međutim, nije postignut konsenzus na temelju kriterija za propisivanje određenog modaliteta liječenja. Kod djece s blagom do umjerenom kliničkom slikom fizikalna terapija kao monoterapija dostatna je da poveća ekstenzibilnost mišićnih vezivnih struktura kod ponavljajućih vježbi istezanja prevladavajući mišićnu napetost u skraćenim plantarnim mišićima.

Nošenje ortoze tijekom dana ili noći moglo bi dodatno pomoći pasivnom održavanju istegnutih mekotkivnih struktura. Kod djece s poremećajima senzornog procesuiranja pojedini zdravstveni djelatnici podupiru senzornu integraciju kao modalitet liječenja ovog poremećaja¹¹. Metode obuhvaćene terapijom senzorne integracije jesu vibracija cijelog tijela⁴⁰, opskrba ortozama za gležanj od ugljičnih vlakana⁴¹ i senzorno modificiranih ortopedskih uložaka⁴². U oblike liječenja niske razine dokaza u učinkovitom poticanju inicijalne faze hoda udarcem pete o podlogu ubrajaju se masaže, ponderirana odjeća (npr. prsluci), čarape bez šavova i podražavanje kože četkanjem⁴³.

Kirurško liječenje strogo je ograničeno na onu djecu koja su razvila najteži oblik ekvinus kontrakture. Pozitivan učinak također je zabilježen putem serijskog gipsanja. Budući da su navedene metode prilično zastupljene u kliničkoj praksi, za sada su ograničene kvalitetne studije koje ispituju i potvrđuju njihovu učinkovitost⁴⁴.

Konzervativno liječenje

Kod djece koja imaju uredan opseg pokreta, ali perzistentno hodaju na prstima liječenje je primarno konzervativno uključujući fizikalnu terapiju i ortoze. Kod djece s ograničenim opsegom pokreta liječenje je usredotočeno na povećanje opsega pokreta putem gipsanja i kirurškog liječenja, a održavanje opsega pokreta postiže se ortozama, kao i usvajanje i održavanje adekvatne kinematike hoda fizikalnom terapijom⁷. Vježbe istezanja predstavljaju kamen temeljac u fizikalnoj terapiji, međutim čvrsti dokazi koji potvrđuju da se opseg pokreta značajno poboljšava, manjkavi su. Prema Cochrane pregledu prosječno

poboljšanje opsega pokreta je svega 2° za neurološke bolesti i samo 1° za neneurološka stanja⁴⁵. Unatoč tome uloga istezanja je zadržavanje opsega pokreta nakon kirurškog liječenja ili gipsanja i pohađanje škole hoda. Nema dovoljno dokaza o učinkovitosti terapije *biofeedback* u liječenju⁴¹. Ortoze za gležanj i stopalo (engl. *ankle foot orthosis*; AFO) obično se propisuju djeci koja hodaju na prstima s urednim opsegom pokreta i onima koji su proveli kirurško liječenje i/ili liječenje serijskim gipsanjem. Ortoze funkcioniraju na način da putem mehaničkih ograničenja potiču usvajanje fiziološkog obrasca hoda. Svaki AFO treba biti dizajniran kako bi prevenirao ekscesivnu plantarnu fleksiju i povećanje opsega pokreta gležnja. Terapijski pristup ovisi o težini kliničke slike i dobi djeteta⁴¹. Za djecu stariju od pet godina s opsegom dorzifleksije > 10° kod ekstendiranog koljena autori preporučuju opskrbu PLS AFO (engl. *posterior leaf spring*) uz fizikalnu terapiju kako bi omogućili hod na prstima. Iako bi artikulirani HAFO (engl. *hinged ankle foot orthosis*) s blokiranom plantarnom fleksijom bio podjednako učinkovit, iskustveno PLS AFO bolje pristaje u obuču i još uvijek dozvoljava dorzifleksiju stopala za vrijeme faze oslonca ako je prikladno izrađen⁴⁶. Literatura broji vrlo malo visokokvalitetnih studija u pogledu liječenja serijskim gipsanjem s obzirom na duljinu trajanja gipsanja, ciljanog opsega pokreta i primjene ortoza nakon gipsanja. Kod serijskog gipsanja gips se treba postaviti tako da se održi suptalarni zglob u neutralnom položaju s blagom inverzijom stopala kako bi se izbjegao prijelom srednjeg dijela stopala (engl. *midfoot break*). Budući da je dozvoljeno da dijete hoda u gipsu, on mora biti podstavljen s adekvatnim materijalom kako se ne bi stvorile rane ili ulkusi uslijed pritiska na peti. Gips se mijenja u intervalima svakih 1-2 tjedna dok se ne postigne stupanj dorzifleksije više od 10° prilikom ekstendiranog koljena⁴⁷. Nakon što se završi sa zadnjim intervalom gipsanja u prijelaznom periodu dijete je opskrbljeno s ortozama za gležanj i stopalo i obavezno provodi fizikalnu terapiju za održavanje opsega pokreta postignutog gipsanjem, uz neizostavno kontinuirano provođenje škole hoda. Budući da još uvijek ne postoje čvrsti dokazi kako serijsko gipsanje rezultira dugoročnom normalizacijom hoda, ipak

ono ne dovodi do ozbiljnijih komplikacija izuzev eventualnih kožnih ulkusa^{9,48}. Terapija serijskim gipsanjem indicirana je za djecu od 5 do 12 godina s opsegom pokreta u rasponu od -10° do $+10^{\circ}$ ²².

Liječenje primjenom botulinog toksina A

Dvije kontrolirane randomizirane studije ispitivale su primjenu botulinog toksina A (BTX-A) kao *off label* indikaciju^{49,50}. Prema studiji Engstorm i sur. ispitanici su bili randomizirani u skupinu koja je bila liječena serijskim gipsanjem i onu kod koje je uz liječenje gipsanjem bio primijenjen BTX-A. Nisu pronašli razliku u težini kliničke slike između skupina i roditelji nisu izvjestili o razlikama vezanim za učestalost hoda na prstima. Dorzifleksija je bila postignuta podjednako u objema grupama tijekom praćenja u idućih 12 mjeseci. Sukladno ovoj studiji nije podržano liječenje primjenom BTX-a⁴⁹. Satila i sur. randomizirali su ispitanike u skupine – onu koja je provodila vježbe istezanja te bila opskrbljena noćnom udlagom i čvrstom obućom i drugu skupinu koja je također provodila navedeno uz administraciju BTX-A u šestomjesečnim intervalima. Nisu pronašli razlike u opsegu pokreta dorzifleksije stopala ili sposobnosti inicijalnog kontakta peta o podlogu tijekom hoda. Osim toga, 22 djeteta od 30-ero djece u skupini BTX-A prijavilo je neželjene nuspojave⁵⁰.

Kirurško liječenje

Kada je stupanj deformiteta jače izražen, potrebno je primijeniti kirurško liječenje. Autori preporučuju kirurško liječenje za sljedeće indikacije: kontraktura $> 10^{\circ}$, dijete kod kojeg nije moguće normalizirati obrazac hoda, perzistentni bolovi u stopalu, očite promjene koštanih struktura ili kod manje izraženih kontraktura kada serijsko gipsanje nije opcija zbog nesuradljivosti. Produljivanje tetiva kirurškim putem može se primijeniti kroz bilo koje tri kirurške zone GCS (engl. *gastrocnemius soleus complex*)⁵¹ da se korigira ekvinus stražnjeg dijela stopala i na bilo kojoj razini plantarne fascije kako bi se korigirala kavus deformacija srednjeg dijela stopala⁵². Iako je viseće stopalo (lat. *pes equinus*) zbog spasticiteta *gastrocnemiusa* češće kod djece s CP-om nego kod djece koja idiopatski hodaju na prstima, važno je prijeoperacijski primijeniti Silfverskioldov test kako bismo procijenili doprinos *m. gastrocnemiusa* s obzirom

na stupanj prisutne ekvinus deformacije. Ako je *m. gastrocnemius* primarni uzrok ekvinus kontrakture, tada se učini proksimalno opuštanje samo *m. gastrocnemiusa* u prvoj zoni produljenja. Ako *m. gastrocnemius* i *m. solus* podjednako pridonose ekvinus deformaciji stopala, tada se vrši produljivanje u zoni 2 ili 3⁵¹. Brojne su studije pokazale kao serijsko gipsanje inhibira prekomjernu aktivnost plantarnih fleksora⁵³⁻⁵⁵. Osim toga produljuju se komponente mišićno-tetivne jedinice. Takvi se rezultati postižu gipsanjem stopala i gležnja u neutralnom položaju u trajanju od dva tjedna. Tijekom svake izmjene gipsanja gležanj se pozicionira tako da mu se postupno povećava stupanj dorzifleksije, progresivno istežući *m. triceps surae* do željenog opsega pokreta u gležnju kod djece s CP-om⁵⁶. Nakon ovakvog liječenja studije su pokazale povećanje dorzifleksije gležnja, kao i poboljšanje kinematike hoda. Međutim, pregledni rad van Bommel i sur. gdje je uključeno 226-ero djece iz šest studija, izvjestio je o perzistentnom hodu na prstima nakon liječenja u 52,1 % djece nakon razdoblja praćenja od 3,5 godine⁵⁷. Van Kuijk i sur. također izvješćuju da nije bilo normalizacije obrasca hoda u usporedbi sa zdravom djecom nakon liječenja serijskim gipsanjem⁵⁸.

KINEZIOLŠKA PERSPEKTIVA U ANALIZI I LIJEČENJU HODA NA PRSTIMA

Za objektivizaciju dijagnoze hoda na prstima elektromiografijom (EMG)^{59,60} u praksi se provodi trodimenzionalna analiza pokreta^{61,62} koristeći akcelerometar s dvjema osima⁶³ uz primjenu upitnika *toe walking tool*¹. Policy i sur. smatraju EMG korisnim dijagnostičkim instrumentom za razlikovanje idiopatskog hoda na prstima od onog kod cerebralne paralize jer su pronašli dosljednu koaktivaciju kompleksa *gastrocnemius-soleus* i mišića kvadricepsa s aktivnom ekstenzijom koljena i ekstenzijom koljena protiv otpora samo u djece s CP-om⁶⁴. Naprotiv, u preglednim radovima Schluogh i sur.⁶⁵ i Kalen i sur.⁶⁰ nisu bili skloni primjeni elektromiografske analize tijekom hoda kako bi se razlikovale dvije dijagnoze. Hicks i sur.⁶⁶ te Kelly i sur.² koristili su analizu hoda kako bi razlikovali idiopatski hod na prstima i onaj kod djece s CP-om koja hodaju na prstima, ali su postigli ne-

dosljedne rezultate. Potreba za liječenjem i odabirom optimalnog modaliteta trebala bi se temeljiti i na dodatnoj objektivnoj kvantitativnoj procjeni stanja koristeći tehnologiju koju omogućuje kineziologija. U znanstvenoj je literaturi hod na prstima kod djece okarakteriziran kvantitativno – u smislu broja koraka ili u smislu težine kliničke slike. Prema Pendharkar i sur. klasifikacija razlikuje tipične korake i korake proizašle hodom na prstima na temelju vrijednosti prilikom akceleracije vertikalnog i prednjeg dijela stopala⁶⁷. Potonja klasifikacija razlikuje tri nivoa težine kliničke slike na temelju kinematičkih i kinetičkih karakteristika gležnja⁶⁸. Podatci o kinematici i kinetici zgloba dobivaju se instrumentalnom analizom hoda koja se provodi putem optoelektroničkih sustava i instrumentom (engl. *force platform*) koji se koristi prilikom analize hoda i govori u prilog tome kolika je sila primijenjena kontaktom stopala o podlogu, ali ne govori u prilog distribucije sila na različitim dijelovima stopala (primjerice, peta ili prednji dio stopala)⁶³. Klasifikacija težine kliničke slike hoda na prstima temelji se na tri karakteristike: obrascu plantarne fleksije gležnja na početku ciklusa hoda (tj. prisutnosti ili odsutnosti udarca petom; engl. *heel rocker*), obrascu dorzifleksije gležnja tijekom faze oslonca (za vrijeme kontakta prednjeg dijela stopala o podlogu; engl. *forefoot rocker*) i kinetičkog profila gležnja (tj. momentu prevladavajuće plantarne fleksije u prvom dijelu faze oslonca)⁶⁹. Sve češće se primjenjuje pedobarografska analiza hoda ili baropodometrija (engl. *plantar pressure analysis*) koja olakšava objektivnu procjenu hoda na prstima u cilju postavljanja terapijskih indikacija te olakšavanja procjene učinkovitosti različitih modaliteta liječenja⁶¹. Učinkovitost liječenja može se objektivno kvantificirati pomoću optoelektroničkih sustava, pomažući tako liječnicima kliničarima u procesu odabira i prilagodbe ortoza s obzirom na rast djeteta⁷³. Unatoč različito uspješnim pristupima u postavljanju dijagnoze i liječenja ovog kliničkog entiteta, konzervativnu biomehaničku dijagnostiku osigurava i EMG uz standardnu i proširenu kinetiku te kinematiku⁶⁴. Međutim, kliničko je iskustvo pokazalo da djeca koja hodaju na prstima, podvrgnuta evalvaciji baziranoj na kvantitativnoj laboratorijskoj analizi hoda, nerijetko

prezentiraju fiziološki obrazac hoda peta-prsti⁷⁴, što može omesti valjanost provedbe testa. Iako oprema kineziološkog laboratorija nudi veću preciznost, za ovu specifičnu populaciju pribjegavanje analizi hoda u okviru prirodnog okruženja (engl. *ecologic environment*) moglo bi pomoći u prevladavanju ovog nedostatka⁷⁵. Procjena biomehanike gležnja može se učiniti nosivim mjernim sustavima (engl. *wearable measurement systems*; WMS) i inverznim dinamičkim pristupom.

Zahvaljujući razvoju tehnologije mikroelektromehaničkih sustava (engl. *microelectromechanical systems*; MEMS), magnetoinercijske mjerne jedinice (engl. *magneto-inertial measurement units*; MIMUs), sastavljene od triju monoaksijalnih/troaksijalnih akcelerometara, žiroskopa i magnetometra, omogućuju mjerenje kinematike zglobova donjih ekstremiteta. Za procjenu kinetike zglobova mogu se koristiti senzori za mjerenje pritiska (engl. *pressure sensors*) za procjenu sile okomito na senzornu površinu. Nosivi mjerni sustavi mogu se primjenjivati u širokim kliničkim indikacijskim područjima^{76,77}, omogućujući ambulantnu analizu hoda, kao i praćenje obrasca hoda kod djeteta tijekom svakodnevnih aktivnosti. Nadalje, mogu se lako integrirati s ortozama za stopala koje se koriste za liječenje idiopatskog hoda na prstima. Kao prvi korak u usvajanju kliničkih protokola temeljenih na nosivim mjernim sustavima, koji ugrađuju magnetoinercijske senzore i uloške za cipele sa sensorima pritiska, potrebno je izraditi pouzdane algoritme za kvantitativnu analizu faza hoda uz prisustvo senzora na potkoljenici i/ili stopalu⁷⁵.

ZAKLJUČAK

Dijagnoza idiopatskog hoda na prstima postavlja se nakon isključenja drugih mišićno-koštanih ili neuroloških stanja. Kako idiopatski hod na prstima često prolazi sam od sebe, mnogi su uvjerenja da ne zahtijeva medicinsku pozornost. No ipak, kod mnoge djece koja dođu na pregled fizijatra i/ili ortopedu, ovakav hod evidentno ne prolazi spontano. Zbog široke diferencijalne dijagnoze i mogućnosti genetskog podrijetla, inicijalna obrada djeteta uključuje detaljnu osobnu i obiteljsku anamnezu i fizikalni pregled s naglaskom na dinamiku usvajanja motoričkih miljokaza, dob kada je nastupio hod na prstima, procjenu

o tome manifestira li se povremeno ili stalno te ima li tendenciju pogoršavanja. Djeca koja hodaju na prstima tri puta češće razviju kontrakturu $\leq 0^\circ$ dorzifleksije nego ona s normalnom shemom hoda. Klinički entiteti koji mogu uključivati hod na prstima, jesu različiti oblici cerebralne paralize, poremećaj senzorne integracije, mišićna distrofija, sindrom sapete kralješničke moždine, Charcot Marie-Toothova neuropatija ili spina bifida. Iz aspekta psihijatrijskih bolesti povezuju se shizofrenija i poremećaji iz spektra autizma. Razli-

Smatra se da se kod neke djece poteškoće senzorne obrade informacija (engl. *sensory processing*), koje se obično opisuju u okviru poremećaja senzorne integracije, javljaju kada se osjetilne informacije percipiraju i tumače na neorganiziran način, narušavajući sposobnost pojedinca da koristi te informacije za prikladnu interakciju unutar svoje okoline.

čita ortopedska kazuistika, kao što je inegalitet donjih ekstremiteta, *pes equinovarus*, kontraktura Ahilove tetive, unilateralna dislokacija kuka, ozljeda plantarne strane stopala, može biti praćena ovakvom shemom hoda. Postoje brojne neinvazivne i invazivne metode liječenja s primarnim ciljem za povećanjem opsega dorzifleksije gležnja. Međutim, nije postignut konsenzus na temelju kriterija za propisivanje određenog modaliteta liječenja. Kod djece s blago do umjereno izraženom kliničkom slikom fizikalna terapija u obliku kineziterapije dostatna je da poveća ekstenzibilnost mišićnih i vezivnih struktura. Nošenje ortoze tijekom dana ili noći može dodatno pomoći pasivnom održavanju istegnutih mekotkivnih struktura. Kod nekih je pozitivan učinak također zabilježen putem serijskog gipsanja. Kirurško je liječenje strogo ograničeno na onu djecu koja su razvila najteži oblik – ekvinus kontrakturu. Sofisticirana procjena biomehanike gležnja može se učiniti u laboratorijima za kvantitativnu analizu hoda primjenjujući nosive mjerne sustave i primjenom inverznog dinamičkog pristupa. Zahvaljujući razvoju tehnologije mikroelektromehaničkih sustava, omogućeno je mjerenje kinematike zglobova donjih ekstremiteta.

Izjava o sukobu interesa: Autori izjavljuju kako ne postoji sukob interesa.

LITERATURA

- Williams CM, Tinley P, Curtin M. The Toe Walking Tool: A novel method for assessing idiopathic toe walking children. *Gait Posture* 2010;32:508-11.
- Kelly IP, Jenkinson A, Stephens M, O'Brien T. The kinematic patterns of toe-walkers. *J Pediatr Orthop* 1997;17:478-80.
- Sutherland D. The development of mature gait. *Gait Posture* 1997;6:163-70.
- Engstrom P, Tedroff K. Idiopathic toe-walking: Prevalence and natural history from birth to ten years of age. *J Bone Joint Surg Am* 2018;100:640-47.
- Haynes KB, Wimberly RL, VanPelt JM, Jo CH, Riccio AI, Delgado MR. Toe walking: A neurological perspective after referral from pediatric orthopaedic surgeons. *J Pediatr Orthop* 2018;38:152-56.
- Sobel E, Caselli MA, Velez Z. Effect of persistent toe walking on ankle equinus. Analysis of 60 idiopathic toe walkers. *J Am Podiatr Med Assoc* 1997;87:17-22.
- Engelbert R, Gorter JW, Uiterwaal C, van de Putte E, Helders P. Idiopathic toe-walking in children, adolescents and young adults: A matter of local or generalised stiffness? *BMC Musculoskelet Disord* 2011;12:61.
- Williams C, Tinley PD, Curtin M, Nielsen S. Foot and ankle characteristics of children with an idiopathic toe-walking gait. *J Am Podiatr Med Assoc* 2013;103:374-9.
- Stricker SJ, Angulo JC. Idiopathic toe walking: A comparison of treatment methods. *J Pediatr Orthop* 1998;18:289-93.
- Pomarino D, Ramirez Llamas J, Pomarino A. Idiopathic toe walking: Family predisposition and gender distribution. *Foot Ankle Spec* 2016;9:417-22.
- Williams CM, Gray K, Davies N, Barkocy M, Fahey M, Simmonds J. Exploring health professionals' understanding of evidence-based treatment for idiopathic toe walking. *Child Care Health Dev* 2020;46:310-19.
- Williams CM, Tinley P, Curtin M, Wakefield S, Nielsen S. Is idiopathic toe walking really idiopathic? The motor skills and sensory processing abilities associated with idiopathic toe walking gait. *J Child Neurol* 2014;29:71-8.
- Akkurt L, Gürbüz İA, Karaduman A, Yılmaz OT. Lower limb flexibility in children with Duchenne muscular dystrophy: effects on functional performance. *Pediatr Exerc Sci* 2019;31:42-6.
- Westberry DE, Davids JR, Davis RB, de Moraes Filho MC. Idiopathic toe walking: A kinematic and kinetic profile. *J Pediatr Orthop* 2008;28:352-58.
- Sobel E, Caselli MA, Velez Z. Effect of persistent toe walking on ankle equinus. Analysis of 60 idiopathic toe walkers. *J Am Podiatr Med Assoc* 1997;87:17-22.
- Griffin PP, Wheelhouse WW, Shiavi R, Bass W. Habitual toe-walkers. A clinical and electromyographic gait analysis. *J Bone Jt Surg Am* 1977;59:97-101.
- Engström P, Tedroff K. The prevalence and course of idiopathic toe-walking in 5-year-old children. *Pediatrics* 2012;130:279-84.
- Caselli MA, Rzonca EC, Lue BY. Habitual toe-walking: evaluation and approach to treatment. *Clin Podiatr Med Surg* 1988;5:547-59.
- Bauer JP, Sienko S, Davids JR. Idiopathic Toe Walking: An Update on Natural History, Diagnosis, and Treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 2022;30:22:1419-30.

20. Habersack A, Fischerauer SF, Kraus T, Holzer HP, Svehlik M. Kinematic and Kinetic Gait Parameters Can Distinguish between Idiopathic and Neurologic Toe-Walking. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19:804.
21. Karol LA, Concha MC, Johnston CE. Gait analysis and muscle strength in children with surgically treated clubfeet. *J Pediatr Orthop* 1997;17:790-95.
22. van Kuijk AA, Kosters R, Vugts M, Geurts AC. Treatment for idiopathic toe walking: A systematic review of the literature. *J Rehabil Med* 2014;46:945-57.
23. Kalen V, Bleck EE. Prevention of spastic paralytic dislocation of the hip. *Dev Med Child Neurol* 1985;27:17-24.
24. Scrutton D. Transient dystonic toe-walking: differentiation from cerebral palsy and a rare explanation for some unexplained cases of idiopathic toe-walking. *Dev Med Child Neurol* 2007;49:73.
25. Sinclair MR, Lind AA, Knowlton JQ. The effect of persistent toe walking on the skeletal development of the pediatric foot and ankle. *J Pediatr Orthop B* 2018;27:77-81.
26. Babb A, Carlson WO. Idiopathic toe-walking. *S D Med* 2008;61:53-54.
27. Rosenbaum P, Paneth N, Leviton A, Goldstein M, Damiano B, Dan B et al. A report: the definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2007;109:8-14.
28. Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, Panteh N. Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2005;47:571-6.
29. Tardieu C, Lespargot A, Tabary C, Bret MD. Toe-walking in children with cerebral palsy: Contributions of contracture and excessive contraction of triceps surae muscle. *Phys Ther* 1989;69:656-62.
30. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, Russell D, Wood E, Galuppi B. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 1997;39:214-23.
31. Armand S, Mercier M, Watelain E, Patte K, Pelissier J, Rivier FA. Comparison of gait in spinal muscular atrophy, type II and Duchenne muscular dystrophy. *Gait Posture* 2005;21:369-78.
32. Baber S, Michalitsis J, Fahey M, Rawicki B, Haines T, Williams C. A comparison of the birth characteristics of idiopathic toe walking and toe walking gait due to medical reasons. *J Pediatr* 2016;171:290-93.
33. Kephart D, Phan J, Calafi A, Bagley A, Laing SR, Kulkarni V et al. A new radiographic measurement for quantitative assessment of forefoot splay in children with persistent idiopathic toe walking. *J Invest Med* 2019;67:160-61.
34. Tiberio D. Evaluation of functional ankle dorsiflexion using subtalar neutral position. A clinical report. *Phys Ther* 1987;67:955-57.
35. Charles J, Scutter SD, Buckley J. Static ankle joint equinus: Toward a standard definition and diagnosis. *J Am Podiatr Med Assoc* 2010;100:195-203.
36. Gray K, Pacey V, Caserta A, Polt D, Williams C. Development of the Idiopathic Toe Walking Outcome (iTWO) profoma: A modified delphi study and online parent survey for measurement consensus. *Gait & Posture* 2023;99:111-18.
37. Johnston L, Eastwood D, Jacobs B. Variations in normal gait development. *Paediatr Child Health* 2014;24:204-7.
38. Williams CM, Tinley P, Curtin M, Nielsen S. Vibration perception thresholds in children with idiopathic toe walking gait. *J Child Neurol* 2012;27:1017-21.
39. Chu V, Anderson L. Sensory-processing differences in children with idiopathic toe walking (ITW). *Am J Occup Ther* 2020;74:1-13.
40. Fanchiang HD, Geil M, Wu J, Chen YP, Wang YT. The effects of vibration on the gait pattern and vibration perception threshold of children with idiopathic toe walking. *J Child Neurol* 2015;30:1010-16.
41. Herrin K, Geil MA. Comparison of orthoses in the treatment of idiopathic toe walking: a randomized controlled trial. *Prosthet Orthot Int* 2016;40:262-69.
42. Freslier-Bossa M, Gopfert B, Brunne R. Effect on gait of sensomotoric insole after 6 month of use in idiopathic toe walkers-a randomized prospective study. *Gait Posture* 2016;49:190.
43. Donne JH, Powell JA, Fahey MC, Beare R, Kolic J, Williams CM. Some children with idiopathic toe walking display sensory processing difficulties but not all: a systematic review. *Acta Paediatrica* 2023;112:1620-32.
44. Thielemann F, Rockstroh G, Mehrholz J, Druschel C. Serial ankle casts for patients with idiopathic toe walking: Effects on functional gait parameters. *J Child Orthop* 2019;13:147-54.
45. Harvey LA, Katalinic OM, Herbert RD, Moseley AM, Lannin NA, Schurr K. Stretch for the treatment and prevention of contracture: An abridged republication of a Cochrane systematic review. *J Physiother* 2017;63:67-75.
46. Herrin K, Geil M. A comparison of orthoses in the treatment of idiopathic toe walking: A randomized controlled trial. *Prosthet Orthot Int* 2016;40:262-69.
47. Fox A, Deakin S, Pettigrew G, Paton R. Serial casting in the treatment of idiopathic toe-walkers and review of the literature. *Acta Orthop Belg* 2006;72:722-30.
48. Clark E, Sweeney JK, Yocum A, McCoy SW. Effects of motor control intervention for children with idiopathic toe walking: a 5-case series. *Pediatr Phys Ther* 2010;22:417-26.
49. Engstrom P, Bartonek A, Tedroff K, Orefelt C, Haglund-Akerlind Y, Gutierrez-Farewik EM. Botulinum toxin A does not improve the results of cast treatment for idiopathic toe-walking: A randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:400-07.
50. Satila H, Beilmann A, Olsen P, Helander H, Eskelinen M, Huhtala H. Does botulinum toxin A treatment enhance the walking pattern in idiopathic toe-walking? *Neuroepidemiology* 2016;47:162-68.
51. Firth GB, McMullan M, Chin T, Ma F, Selber P, Eisenberg N et al. Lengthening of the gastrocnemius-soleus complex: An anatomical and biomechanical study in human cadavers. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:1489-96.
52. Gibbons R, Mackie KE, Beveridge T, Hince D, Ammon P. Evaluation of long-term outcomes following plantar fasciotomy. *Foot Ankle Int* 2018;39:1312-19.
53. Otis JC, Root L, Kroll MA. Measurement of plantar flexor spasticity during treatment with tone-reducing casts. *J Pediatr Orthop* 1985;5:682-86.
54. Bertoti DB. Effect of short leg casting on ambulation in children with cerebral palsy. *Phys Ther* 1986;66:1522-29.
55. Watt J, Sims D, Harckham F, Schmidt L, McMillan A, Hamilton J et al. A prospective study of inhibitive casting as an adjunct to physiotherapy for cerebral-palsied children. *Dev Med Child Neurol* 1986;28:480-88.

56. McNee AE, Will E, Lin JP, Eve LC, Gough M, Morrissey MC et al. The effect of serial casting on gait in children with cerebral palsy: preliminary results from a crossover trial. *Gait Posture* 2007;25:463-68.
57. van Bommel AF, van de Graaf VA, van den Bekerom MPJ, Vergroesen DA. Outcome after conservative and operative treatment of children with idiopathic toe walking: a systematic review of literature. *Musculoskelet Surg* 2014;98:87-93.
58. van Kuijk AA, Kosters R, Vugts M, Geurts AC. Treatment for idiopathic toe walking: A systematic review of the literature. *J Rehabil Med* 2014;46:945-57.
59. Rose J, Martin JG, Torburn L, Rinsky LA, Gamble JG. Electromyographic differentiation of diplegic cerebral palsy from idiopathic toe walking: Involuntary coactivation of the quadriceps and gastrocnemius. *J Pediatr Orthop* 1999;19:677-82.
60. Kalen V, Adler N, Bleck EE. Electromyography of idiopathic toe walking. *J Pediatr Orthop* 1986;6:31-3.
61. Martín-Casas P, Meneses-Monroy A, Ballesterio-Pérez R, Beneit-Montesinos JV, Atín-Arratibel MA, Portellano-Pérez JA. Dynamic pedobarographic classification of idiopathic toe-walkers for therapeutical indication. *Clínica y Salud* 2017;28:17-24.
62. Alvarez C, de Vera M, Beauchamp R, Ward V, Black A. Classification of idiopathic toe walking based on gait analysis: Development and application of the ITW severity classification. *Gait Posture* 2007;26:428-35.
63. Pendharkar G, Lai DTH, Begg RK. Detecting idiopathic toe-walking gait pattern from normal gait pattern using heel accelerometry data and Support Vector Machines. *IEEE 2008: Proceedings of the 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*; 2008 Aug 20-25; Vancouver, Canada, 2008;4920-23.
64. Policy JF, Torburn L, Rinsky LA, Rose J. Electromyographic test to differentiate mild diplegic cerebral palsy and idiopathic toe-walking. *J Pediatr Orthop* 2001;21:784-89.
65. Schlough K, Andre K, Owen M, Adelstein L, Hartford MC, Javier B et al. Differentiating between Idiopathic Toe Walking and Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Pediatr Am Phys Ther Assoc* 2020;32:2-10.
66. Hicks R, Durinick N, Gage JR. Differentiation of idiopathic toe-walking and cerebral palsy. *J Pediatr Orthop* 1988;8: 160-63.
67. Pendharkar G, Percival P, Morgan D, Lai D. Automated method to distinguish toe walking strides from normal strides in the gait of idiopathic toe walking children from heel accelerometry data. *Gait Posture* 2012;35:478-82.
68. Alvarez C, De Vera M, Beauchamp R, Ward V, Black A. Classification of idiopathic toe walking based on gait analysis: Development and application of the ITW severity classification. *Gait Posture* 2007;26:428-35.
69. Harris GF, Wertsch JJ. Procedures for gait analysis. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75:216-25.
70. Aserta AJ, Pacey V, Fahey MC, Gray K, Engelbert RH, Williams CM. Interventions for idiopathic toe walking. *Cochrane Database Syst Rev* 2019;10:012363.
71. Ruzbarsky JJ, Scher D, Dodwell E. Toe walking: Causes, epidemiology, assessment, and treatment. *Curr Opin Pediatr* 2016;28:40-6.
72. Clark E, Sweeney JK, Yocum A, McCoy SW. Effects of motor control intervention for children with idiopathic toe walking: A 5-case series. *Pediatr Phys Ther* 2010;22:417-26.
73. Contini BG, Bergamini E, Alvini M, Di Stanislao E, Di Rosa G, Castelli E et al. A wearable gait analysis protocol to support the choice of the appropriate ankle-foot orthosis: A comparative assessment in children with Cerebral Palsy. *Clin Biomech* 2019;70:177-85.
74. Pomarino D, Llamas JR, Martin S, Pomarino A. Literature review of idiopathic toe walking: Etiology, prevalence, classification, and treatment. *Foot Ankle Speéc* 2017;10:337-42.
75. Brasiliano P, Mascia G, Di Feo P, Di Stanislao E, Alvini M, Vannozzi G et al. Impact of Gait Events Identification through Wearable Inertial Sensors on Clinical Gait Analysis of Children with Idiopathic Toe Walking. *Micromachin* 2023;14:277.
76. Chen S, Lach J, Lo B, Yang GZ. Toward pervasive gait analysis with wearable sensors: A systematic review. *IEEE J Biomed Health Inform* 2016;20:1521-37.
77. Celik Y, Stuart S, Woo W, Godfrey A. Gait analysis in neurological populations: Progression in the use of wearables. *Med Eng Phys* 2021;87:9-29.