

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Změny funkčních charakteristik nohy cílenou
neurofyziologickou intervencí u školních dětí**

Disertační práce

Vedoucí disertační práce:

Prof. Ing. František Zahálka, Ph.D.

Konzultant:

PaedDr. Tomáš Malý, Ph.D.

Vypracovala:

Mgr. Jitka Marenčáková

Praha, 2019

Prohlašuji, že jsem závěrečnou disertační práci zpracovala samostatně pod vedením školitele prof. Ing. Františka Zahálky, Ph.D., uvedla veškeré použité literární a odborné prameny a dodržovala zásady vědecké etiky. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne:

Mgr. Jitka Marenčáková

.....

Poděkování

Tato disertační práce je výsledkem pětiletého úsilí mého doktorandského studia a za tu dobu na ní po mém boku různým způsobem participovalo mnoho lidí, kterým bych touto cestou chtěla vyjádřit vděčnost.

V první řadě ze srdce děkuji Bohu a mojí rodině. Jsem vděčná především mojí mamince, která mi dodala ten rozhodující impuls vydat se na tuto cestu a uskutečnit své plány s doktorským studiem. Bez ní a bez její podpory by tato práce nevznikla.

Děkuji mému školiteli panu prof. Ing. Františku Zahálkovi, Ph.D. za odborné a trpělivé vedení disertační práce. Vážím si veškeré jeho podpory mého akademického, profesního i osobního růstu a práce, kterou pro své pracoviště dělá.

Mé díky patří také mému konzultantovi PaedDr. Tomáši Malému, Ph.D. za cenné odborné rady a veškerou ochotnou pomoc. Dále děkuji panu Mgr. Martinu Komarcovi, Ph.D. za pomoc s analýzou dat. Mé díky patří i Mgr. Tomáši Grycovi, Ph.D. za podnětné diskuze a podporu v průběhu studia. A také děkuji za spolupráci, pomoc a podporu mým kolegům a přátelům v LSM, kteří se jakkoli podíleli na výzkumné činnosti i na stmelování kolektivu.

Nemohu zapomenout na vědecký kolektiv prof. Nestera z Univerzity Salford, Manchester, UK. Vzpomínám především na mojí vedoucí stáže dr. Carinu Price, která mne obohatila nejen po profesní stránce akademické a vědecké činnosti, ale také po té osobní. Děkuji, že byla mým zázemím, mojí přítelkyní a podporou v cizí zemi a za její otevřenost a srdečnost, která v těchto krajích není zrovna typickým osobnostním rysem.

V neposlední řadě patří díky také mým nejbližším a přátelům, že tu pro mne jsou jako moje druhá rodina.

Abstrakt

Název: Změny funkčních charakteristik nohy cílenou neurofyziologickou intervencí u školních dětí.

Cíle: Cílem výzkumu bylo identifikovat funkční charakteristiky nohy u školních dětí vybraných na základě působení pohybové aktivity v nejvyšší intenzitě (sportující děti) a v nejnižší intenzitě (nesportující děti) a zjistit možnosti ovlivnění funkčních charakteristik nohy cílenou neurofyziologickou intervencí. Celá komplexní studie byla rozdělena do tří navazujících částí, které bylo nutné řešit samostatně. Cílem Studie 1 bylo identifikovat skupinově specifické rozdíly v morfologii a funkci nohy pomocí vybraných charakteristik nohy mezi organizovaně sportujícími a nesportujícími dětmi. Cílem studie 2 bylo determinovat vliv dlouhodobé pohybové zátěže na morfologii a funkci nohy pomocí vybraných charakteristik nohy u organizovaně sportujících dětí. Cílem studie 3 bylo ověřit možnosti cílené intervence na morfologii a funkci nohy pomocí vybraných charakteristik nohy u organizovaně sportujících dětí.

Metody: Výzkum byl rozdělen do tří studií, pro které byly použity metody průřezové studie, longitudinálního progresivního sledování a kvazi-experimentu. Výzkumná data byla získána kombinací klinických vyšetřovacích metod nohy (Chippaux-Šmiřák index a Foot posture index) a laboratorních přístrojových metod statické (celková dráha výchylek COP) a dynamické pedobarografie (Centre of pressure excursion index).

Výsledky: Obě skupiny školních dětí – sportující děti a nesportující děti, prezentovaly vysoký výskyt poruch v oblasti nohy, přičemž nesportující děti měly horší výsledky než sportující děti. Výsledky prokázaly negativní vliv dlouhodobé výrazné sportovní zátěže na morfologii a funkci nohy sportujících dětí v období dospívání, což se projevilo vznikem poruch nohy ve sledovaném období a zhoršením poruch již přítomných. Cílená neurofyziologická intervence měla prokazatelně pozitivní terapeutický efekt na poruchy nohy typu pronovaná noha a plochá noha u výrazně sportujících dětí.

Klíčová slova: Typologie nohy, dysfunkce nohy, dětská chůze, Foot posture index, Chippaux-Šmiřák index, výchylky COP, trajektorie COP, Gait line index, Centre of pressure excursion index, sportovní aktivita, pohybová neaktivita, fotbal

Abstract

Title: Neurophysiologic intervention induced changes of the functional foot characteristics in school children.

Objectives: The aim of the research was to identify the functional characteristics of the foot in school children selected on the basis of the activity of physical activity in the highest intensity (sporting children) and in the lowest intensity (non-sporting children) and to find out possibilities of influencing the functional characteristics of the foot by targeted neurophysiological intervention. The whole research study was divided into 3 related parts, which were examined separately. The first study aim was an identification of group specific functional characteristics of the foot in 2 groups of school children – actively sporting children and non-sporting children. The second study aim was the influence determination of long-term duration high performance sport activity on the functional characteristics of the school children foot in adolescent elite soccer players. And the aim of the third study was to verify the effect of the targeted neurophysiologic active intervention on the functional foot characteristics in actively sporting children with foot dysfunction of pronated foot and/or flatfoot type.

Methods: The research study was divided into three study parts consisted of cross-sectional study, longitudinal progressive observation, and quasi-experiment. Combination of clinical examination methods of the foot (Chippaux-Šmiřák index and Foot posture index) and laboratory instrumental methods of static pedobarography (total travelled way of COP displacement) and dynamic pedobarography (Centre of pressure excursion index) was used.

Results: Both groups of school children - sporting children and non-sporting children, presented a high incidence of foot disorders, while non-sporting children had worse results than sporting children. Results proved a negative effect of the long-term high-performance sport activity on the foot morphology and function of sporting children in adolescence, which was manifested by the occurrence of new foot disorders during the under review period and the worsening of already presented foot disorders. Targeted neurophysiologic intervention had a demonstrable positive therapeutic effect on the pronated foot and flatfoot disorders in actively sporting children.

Keywords: Foot typology, foot dysfunction, children's gait, Foot posture index, Chippaux-Smirak index, COP displacement, COP trajectory, Gait line index, Centre of pressure excursion index, sport activity, physical inactivity, soccer

OBSAH

Poděkování.....	3
Abstrakt.....	4
Seznam tabulek.....	11
Seznam obrázků.....	12
Seznam příloh.....	15
1 ÚVOD.....	16
2 TEORIE NOHY.....	18
2.1 Funkční anatomie nohy.....	18
2.1.1 Stabilizační systém nohy.....	18
2.2 Ontogeneze nohy.....	22
2.3 Funkce nohy.....	23
2.3.1 Statická funkce nohy.....	24
2.3.2 Dynamická funkce nohy.....	24
2.4 Kineziologie nohy.....	25
2.5 Kineziologie dětské nohy.....	26
2.6 Kinematika nohy během chůze.....	27
2.6.1 Kinematika subtalárního kloubu.....	27
2.6.2 Kinematika Chopartova kloubu.....	28
2.6.3 Funkční vztahy nohy a segmentů dolní končetiny během chůze.....	28
3 TYPOLOGIE NOHY.....	30
3.1 Terminologie a klasifikace typologie nohy.....	30
3.2 Klasická klinická typologie.....	31
3.3 Rootův koncept funkční typologie vnitřních deformit nohy.....	32
3.4 Biomechanická teorie typologie nohy.....	33
3.5 Ostatní teorie a modely.....	33
4 PORUCHY V OBLASTI NOHY.....	35

4.1 Poruchy postury nohy.....	35
4.2 Poruchy funkce nohy.....	36
4.3 Etiologie poruch nohy.....	37
4.4 Prevalence poruch nohy.....	38
4.5 Rizikové faktory vzniku poruch nohy.....	38
4.6 Porucha nohy jako rizikový faktor.....	39
5 DIAGNOSTICKÉ METODY A FUNKČNÍ CHARAKTERISTIKY NOHY.....	41
5.1 Kvalitativní a kvantitativní diagnostické metody.....	41
5.2 Statické a dynamické diagnostické metody.....	41
5.3 Klinické diagnostické metody.....	42
5.4 Přístrojové a laboratorní diagnostické metody.....	45
5.4.1 Pedobarografie.....	45
5.5 Funkční charakteristiky nohy.....	45
5.5.1 Chippaux-Šmiřák index.....	46
5.5.2 Foot posture index.....	46
5.5.3 Výchyly COP ve stoji.....	47
5.5.4 Trajektorie COP během chůze.....	48
6 INTERVENČNÍ PŘÍSTUPY.....	50
6.1 Pohybová léčba.....	50
6.2 Ortopedické, ortotické a pasivní pomůcky.....	52
6.3 Obuv.....	53
6.4 Životospráva.....	53
7 AKTUÁLNÍ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	54
8 FORMULACE VĚDECKÉHO PROBLÉMU.....	56
9 CÍL, HYPOTÉZY A ÚKOLY VÝZKUMU.....	58
10 METODIKA VÝZKUMU.....	60
10.1 Charakteristika výzkumného souboru.....	60

10.2 Výzkumné metody.....	61
10.3 Intervenční metody.....	68
10.3.1 Popis průběhu intervence.....	69
10.4 Organizace výzkumu.....	75
10.5 Metody zpracování výzkumných údajů.....	77
10.6 Statistická analýza dat.....	78
11 VÝSLEDKY VÝZKUMU.....	80
11.1 Výsledky Studie 1.....	80
11.2 Výsledky Studie 2.....	93
11.3 Výsledky Studie 3.....	98
12 DISKUZE.....	108
12.1 Diskuze k hypotéze H1.....	108
12.2 Diskuze k hypotéze H2.....	115
12.3 Diskuze k hypotéze H3.....	118
13 ZÁVĚRY VÝZKUMU.....	127
SOUHRN.....	129
SUMMARY.....	131
REFERENČNÍ SEZNAM.....	132
PŘÍLOHY.....	149

Seznam použitých zkratk

a kol. – a kolektiv

angl. – anglicky, anglického

art. – articulation – z latinského překladu kloub, skloubení

6-FPI – šesti-položkový protokol Foot posture index

CH – Chopartův kloub

CKC – closed kinematic chain – uzavřený kinematický řetězec

COF – centre of force – střed silového působení

COP – centre of pressure – střed tlakového působení

COPe – centre of pressure excursion – průběh středu tlakového působení

CSI – Chippaux-Šmiřák index

CPEI – centre of pressure excursion index – index průběhu středu tlakového působení

DK, DKK – dolní končetina, dolní končetiny

et al. – a kolektiv

FPI – foot posture index – index postury nohy

HK, HKK – horní končetina, horní končetiny

Hz – Hertz

KC – krokový cyklus

m. – musculus – z latinského překladu sval

mm. – muscoli – z latinského překladu svaly

např. – například

resp. – respektive

SD – směrodatná odchylka

ST – subtalární kloub (dolní zánártní kloub)

T – čas měření

tj. – to je

TTW – total traveled way – celková dráha středu tlakového působení

tzv. – takzvaný

vs. – versus

Seznam tabulek

Tabulka 1 Výsledky two-way RM ANOVA pro mezi-skupinový efekt pro 2 opakující se faktory s interakcí obou faktorů u sportujících dětí a nesportujících dětí

Tabulka 2 Výsledky jednoduchých t-testů 2 skupin (sportující a nesportující děti) pro parametr posturální stability TTW pro levou nohu a pravou nohu v rámci 4 věkových kategorií

Tabulka 3 Výsledky analýzy dat two-way RM ANOVA u sportujících a nesportujících dětí pro proměnné FPI, CSI a CPEI pro levou a pravou nohu

Tabulka 4 Základní charakteristiky výzkumného souboru a typologie nohy dle CSI pro levou a pravou nohu ve sledovaných letech T1, T2 a T3

Tabulka 5 Celková dráha výchylek COP během stoje na jedné dolní končetině pro pravou a levou dolní končetinu a jejich rozdíl ve sledovaných letech T1, T2 a T3

Tabulka 6 Deskriptivní charakteristika parametrů nohy před a po intervenci pro levou a pravou nohu u chlapců 9-10 let

Tabulka 7 Výsledky two-way RM ANOVA pro vnitro-skupinový efekt intervence pro 2 opakující se faktory a jejich interakci u chlapců 9-10 let

Tabulka 8 Deskriptivní párové charakteristiky a výsledky párových t-testů zkoumaných proměnných před a po absolvování intervence u chlapců 9-10 let

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schematické znázornění složek stabilizačního systému nohy a jejich vzájemná interakce

Obrázek 2 Architektonika klenby nožní s vrcholem dómu v os talus dle McKenzieho

Obrázek 3 Vazy udržující klenbu nohy

Obrázek 4 Vitřní krátké svaly nohy

Obrázek 5 Vnější dlouhé svaly nohy formující klenbu nožní

Obrázek 6 Klasifikace ploché nohy dle Bourdeta a kol

Obrázek 7 Visuální hodnocení otisků nohy

Obrázek 8 Diferenciálně diagnostický postup u dětské ploché nohy

Obrázek 9 Znázornění vektorů reakční síly podložky, jejich výslednice a průmět COP do podložky

Obrázek 10 Grafické znázornění dráhy výchylek COP

Obrázek 11 Trajektorie COP během chůze

Obrázek 12 Grafické znázornění výpočtu CSI

Obrázek 13 Grafické znázornění výpočtu CPEI

Obrázek 14 Palpace hlavice talu dle 6-FPI

Obrázek 15 Hodnocení křivek nad a pod zevním kotníkem dle 6-FPI

Obrázek 16 Hodnocení postavení kalkaneu ve frontální rovině dle 6-FPI

Obrázek 17 Hodnocení oblasti talonaviculárního skloubení dle 6-FPI

Obrázek 18 Hodnocení podélné mediální klenby nohy dle 6-FPI

Obrázek 19 Hodnocení abdukce a addukce předonoží vůči zánoží 6-FPI

Obrázek 20 Exteroceptivní facilitace nohy

Obrázek 21 Střídavé zvedání palce a prstů nohy

Obrázek 22 Provedení cviku „dlouhý palec po čáře“

Obrázek 23 Centrovaná pozice nohy a provedení cviku dlouhá noha

Obrázek 24 Cvičení v pozici „medvěd“

Obrázek 25 Cvičení v pozici „tripod“

Obrázek 26 Cvičení v pozici „vysoký klek“

Obrázek 27 Balanční cvičení v pozici „vysoký klek“

Obrázek 28 Cvičení v pozici polo-dřep

Obrázek 29 Grafické znázornění rozdílů mezi 2 skupinami dětí – nesportující děti a sportující děti v parametru celková dráha (TTW) výchylek COP pro levou nohu a pro různé věkové kategori

Obrázek 30 Grafické znázornění rozdílů mezi 2 skupinami dětí – nesportující děti a sportující děti v celkové dráze výchylek TTW středu tlakového působení COP pro pravou nohu a pro různé věkové kategorie

Obrázek 31 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle FPI u školních dětí

Obrázek 32 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle FPI u sportujících dětí

Obrázek 33 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle FPI u nesportujících dětí

Obrázek 34 Grafické znázornění rozdílů mezi 2 skupinami dětí – nesportující děti a sportující děti v parametru FPI pro levou a pravou nohu

Obrázek 35 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI u školních dětí

Obrázek 36 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI u sportujících dětí

Obrázek 37 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI u nesportujících dětí

Obrázek 38 Grafické znázornění rozdílů mezi 2 skupinami dětí – sportující děti a nesportující děti v parametru CSI pro levou a pravou nohu

Obrázek 39 Grafické znázornění distribuce četnosti funkce nohy dle CPEI u sportujících dětí

Obrázek 40 Grafické znázornění distribuce četnosti funkce nohy dle CPEI u nesportujících dětí

Obrázek 41 Grafické znázornění rozdílů mezi 2 skupinami dětí – sportující děti a nesportující děti v parametru CPEI pro levou a pravou nohu

Obrázek 42 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI v čase T1

Obrázek 43 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI v čase T2

Obrázek 44 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI v čase T3

Obrázek 45 Změny distribuce četnosti jednotlivých typů nohy dle CSI v časech T1, T2 a T3

Obrázek 46 Grafické znázornění distribuce typu nohy dle FPI před terapií

Obrázek 47 Grafické znázornění distribuce typu nohy dle FPI po terapii

Obrázek 48 Grafické znázornění změn parametru FPI před a po intervenci pro levou a pravou nohu

Obrázek 49 Grafické znázornění distribuce typu nohy dle CSI před terapií

Obrázek 50 Grafické znázornění distribuce typu nohy dle CSI po terapii

Obrázek 51 Grafické znázornění změn parametru CSI před a po intervenci pro levou a pravou nohu

Obrázek 52 Grafické znázornění změn parametru TTW před a po intervenci pro levou a pravou nohu

Obrázek 53 Grafické znázornění distribuce četnosti funkce nohy dle CPEI před terapií

Obrázek 54 Grafické znázornění distribuce četnosti funkce nohy dle CPEI po terapii

Obrázek 55 Grafické znázornění změn v parametru CPEI před a po intervenci pro levou a pravou nohu

Seznam příloh

Příloha 1 Schválení Etické komise UK FTVS

Příloha 2 Dohoda o použití výzkumných dat 1

Příloha 3 Dohoda o použití výzkumných dat 2

Příloha 4 Informovaný souhlas

Příloha 5 Dotazník a zdravotní anamnéza

1 ÚVOD

Noha je jedinečná struktura se speciálním úkolem v rámci pohybového aparátu. Svou složitou stavbou a komplexní funkcí zajišťuje kontakt s podložkou a umožňuje tělu se bezpečně přemístit z jednoho místa na druhé. Její postura i funkce úzce souvisí s nastavením i funkcí segmentů nejen dolních končetin, ale i vyšších etáží. Poruchy v oblasti nohy tak mají zásadní vliv na celý pohybový aparát a mohou vézt až ke vzniku patologických stavů a zranění pohybového aparátu.

Ontogeneze nohy je zahájena už před narozením. Klenba nohy se vytváří okolo věku 3-4 let dítěte, ale její další dotváření pokračuje do 10 let a dozrává až v dospělosti. Během fáze zrání je dětská noha náchylná na působení vnějších i vnitřních faktorů ovlivňujících její posturu i funkci. Poruchy nohy v dětském věku, nejčastěji plochá noha a pronovaná noha, zaujímají až okolo 70 % případů. Ukazuje se, že jedním z vnějších rizikových faktorů může být pohybová aktivita v závislosti na její intenzitě. V dnešní době převládají dva extrémy v přístupu pohybové aktivity u dětí. Na jedné straně je vyvíjen tlak na vrcholovou úroveň sportu a specializovaný trénink již od útlého dětství a na druhé straně se pohybová aktivita u dětí snižuje s rozvojem sedavého životního stylu. Výrazná sportovní zátěž vyvolává nadměrné přetížení a únavu a pohybová neaktivita naopak svalovou slabost a snížení výkonnosti. Ačkoli existuje názor, že se plochá noha u dětí ve většině případů samovolně s přechodem do dospělosti upraví, neexistuje evidence výskytu, vývoje a možnosti léčby poruch nohy u dětí s výraznou sportovní zátěží a u dětí nespportujících.

Cílem výzkumu bylo identifikovat funkční charakteristiky nohy a možnosti jejich ovlivnění u školních dětí vybraných na základě pohybové aktivity a její intenzity – výrazně sportující děti a nespportující děti. Na základě komplexnosti dané problematiky byl výzkum rozdělen na tři dílčí studie s těmito dílčími konkrétními cíli: cíl Studie 1 – zjistit funkční charakteristiky nohy u školních dětí pro výrazně sportující a nespportující děti; cíl Studie 2 – ozřejmit vliv dlouhodobého působení výrazné sportovní zátěže na posturu i funkci nohy během dospívání; a cíl Studie 3 – ověřit efekt cílené pohybové terapie na poruchu nohy typu pronovaná noha a plochá noha u výrazně sportujících dětí.

V první části se práce věnuje teoretickým východiskům a dostupným poznatkům problematiky nohy a dětské nohy. Druhá část zahrnuje samotný výzkum, který byl rozdělen na tři dílčí navazující vědecké studie. V první studii se práce zabývá

definováním funkčních charakteristik nohy u sportujících a u nespportujících dětí a jejich vzájemným skupinovým rozdíly. Druhá studie eviduje vliv dlouhodobého působení výrazné sportovní zátěže na funkční charakteristiky nohy u sportujících dětí v období dospívání. Třetí studie ověřuje efekt cílené neurofyziologické intervence na poruchy nohy u sportujících dětí.

Práce by měla přinést ucelený pohled na problematiku typologie a funkce nohy, jejich poruch a následných možností terapeutického ovlivnění u 2 specifických skupin školních dětí vybraných na základě působení pohybové aktivity v jejich extrémních formách intenzity – výrazná sportovní zátěž a pohybová neaktivita.

2 TEORIE NOHY

Noha jako primární segment lidského těla zprostředkovává kontakt se zemí. Díky vývojem přizpůsobené struktuře a funkci nohy (ale nejen díky ní) může naše tělo vzpřímeně stát, chodit, běhat a i jinak se pohybovat po dvou dolních končetinách. A právě chůze, přesněji sociální, bipedální lokomoce, nás zásadně odlišuje od jiných savců a dává nám lidem jisté výhody oproti lokomoci zvířat na všech čtyřech končetinách či oproti šplhání po stromech.

2.1 Funkční anatomie nohy

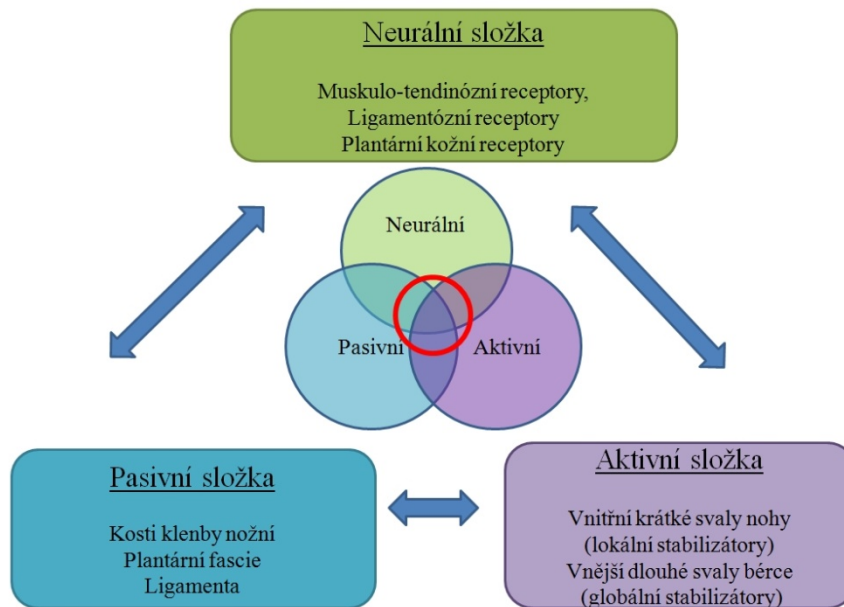
Noha představuje nejdálší segment dolní končetiny pod úrovní hlezenního kloubu a anatomicky se skládá z 26 kostí, mnoha drobných kloubů, 107 vazů a plantární aponeurózy, 19 krátkých svalů nohy, a několika úponů šlach dlouhých svalů bérce. Vývojově se noha dělí na dva paprsky: mediální paprsek je tvořen os naviculare, ossa cuneiformia, 1.-3. metatarzem a 1.-3. prstcem, a laterální paprsek je tvořen os cuboideum, os calcaneus, 4. a 5. metatarzem a 4.-5. prstcem (Dylevský, 2009).

Noha s bérce artikuluje přes horní zánártní kloub neboli hlezenní kloub (art. talocruralis). Samotná noha se skládá z těchto základních skloubení: dolní zánártní kloub (art. subtalaris, art. talocalcaneonavicularis), art. calcaneocuboidea, Lisfrankův kloub (art. tarsometatarsales), Chopartův kloub (art. tarsitransversa), art. tarsometatarsales, art. metatarsophalangeales a art. interphalangeales pedis (Gray & Lewis, 2000a). Lisfrankův a Chopartův kloub rozděluje nohu na předonoží, středonoží a zánoží. Předonoží zahrnuje metatarzální kosti a články prstců a jejich vzájemné skloubení. Středonoží tvoří tarzální kosti (os naviculare, os ossa cuneiformia, os cuboideum), transverzotarzální kloub a distální intertarzální skloubení. Zánoží se skládá z os calcaneus, os talus, které dohromady tvoří subtalární kloub (Dylevský, 2009; Vařeka & Vařeková, 2003).

2.1.1 Stabilizační systém nohy

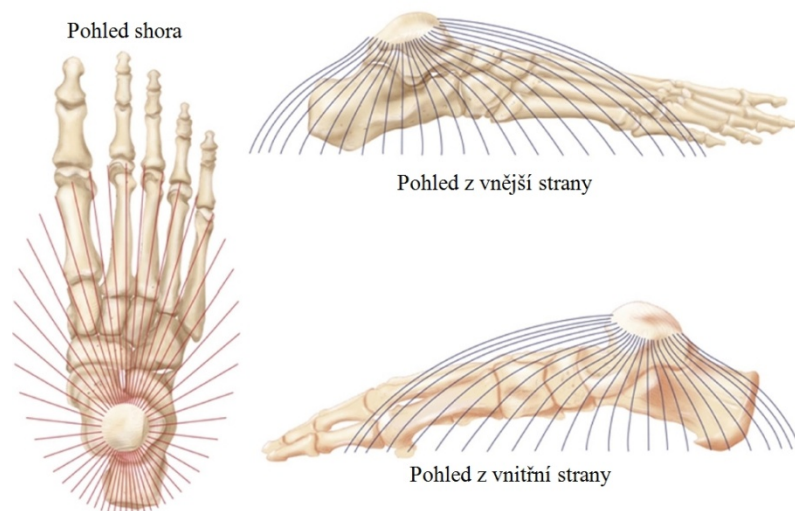
Noha je součástí hlubokého stabilizačního systému těla, kam patří svalové dno ústní, bránice a svalové dno pánevní (Kolář, 2009). Stabilizační systém či střed nohy, tzv. foot core systém je tvořen 3 složkami, které jsou ve vzájemné funkční závislosti a kontrolují pohyb a posturální stabilitu: neurální složka, pasivní složka a aktivní složka (Obrázek 1). Pasivní složku tvoří kosti, ligamenta a plantární fascie. Aktivní složku

tvoří vnitřní krátké svaly nohy, které fungují jako lokální stabilizátory, a vnější svaly nohy zahrnující dlouhé svaly bérce, které fungují jako globální stabilizátory. Neurální složku tvoří šlacho-svalové, ligamentózní a kožní receptory (McKeon, Hertel, Bramble, & Davis, 2015).

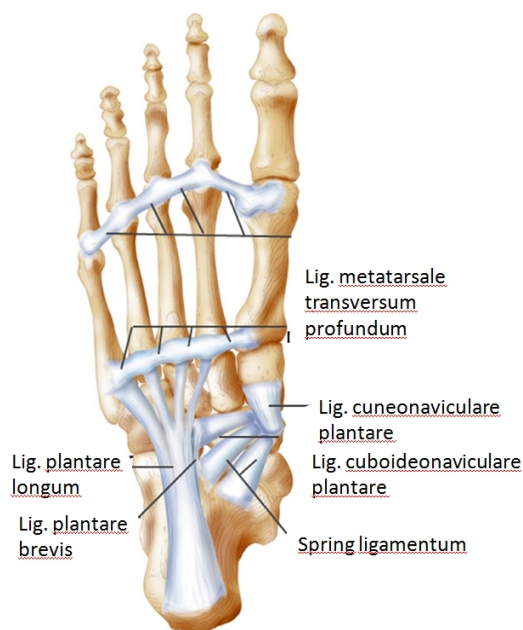


Obrázek 1 Schematické znázornění složek stabilizačního systému nohy a jejich vzájemná interakce (červený kruh), (McKeon et al., 2015)

Kostní a vazivová složka spolu s aponeurózou pasivně formuje nožní klenbu (Obrázek 2 a 3), která je tvořena klenutím podélným a příčným. Podélné klenutí je formováno vnějším obloukem na vnější straně, přičemž vrchol oblouku tvoří os cuboideum, a vnitřním obloukem na vnitřní straně nohy, který je výraznější a jehož vrchol tvoří os naviculare (Vařeka & Vařeková, 2009).



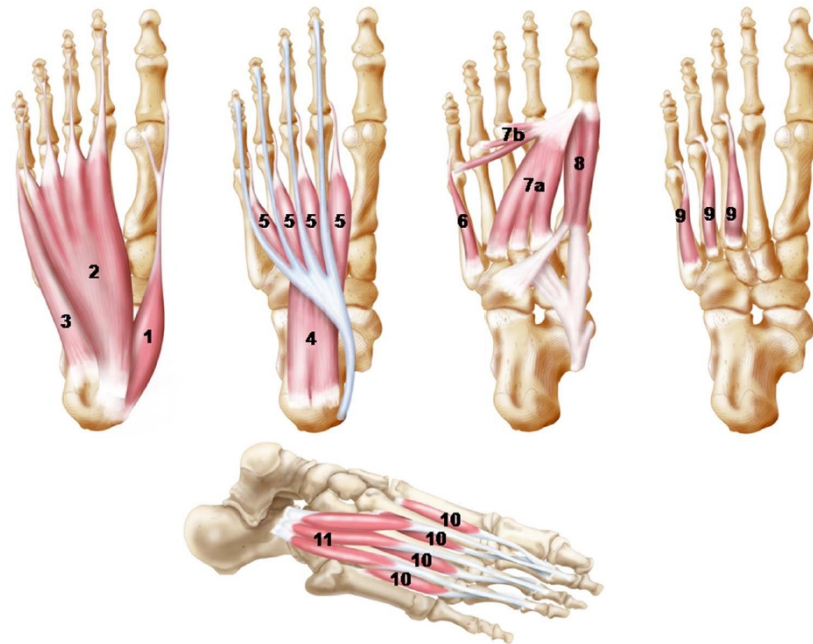
Obrázek 2 Architektonika klenby nožní s vrcholem dómu v os talus dle McKenzieho (McKeon et al., 2015)



Obrázek 3 Vazy udržující klenbu nohy (McKeon et al., 2015)

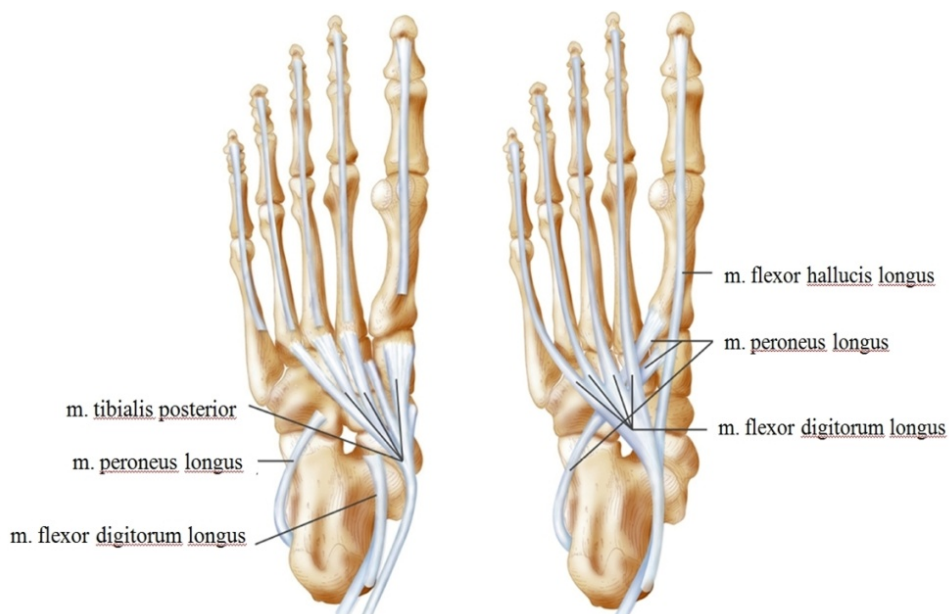
Svalová složka zaštiťuje aktivní udržování architektoniky nohy ve statických podmínkách i v dynamických a zahrnuje vnitřní krátké svaly nohy a vnější dlouhé svaly nohy, resp. svaly bérce upínající se v noze. Vnitřní krátké svaly nohy se řadí k lokálním stabilizátorům, přičemž nejvýznamnější roli mají ty plantární, které jsou uloženy v plošce nohy ve 4 vrstvách a tvoří hluboký stabilizační systém (Obrázek 4), (McKeon et al., 2015). Podílejí se na pohybu prstů a aktivním udržování klenby nohy,

na čemž se nejvíce účastní *m. abductor hallucis*, *m. flexor hallucis brevis*, *mm. interossei plantares* a *mm. lumbricales*. Mezi vnější svaly nohy (Obrázek 5) jdoucí až z bérce, které hrají klíčovou roli v aktivním držení klenby nohy pomocí společného šlašitého třmenu, patří *m. tibialis posterior* a *m. peroneus longus* (Dylevský, 2009; Kapandji, 1987).



Obrázek 4 Vnitřní krátké svaly nohy (McKeon et al., 2015)

1 – *m. abductor hallucis*, 2 – *m. flexor digitorum brevis*; 3 – *m. abductor digiti minimi*; 4 – *m. quadratus plantae*; 5 – *mm. lumbricales*; 6 – *m. flexor digiti minimi*; 7 – *abductor hallucis obliquus (a) a transversus (b)*; 8 – *m. flexor hallucis brevis*; 9 – *mm. interossei plantares*; 10 – *mm. interossei dorsales*; 11 – *m. extensor digitorum brevis*.



Obrázek 5 Vnější dlouhé svaly nohy formující klenbu nožní (McKeon et al., 2015)

Neurální složka stabilizačního systému nohy zahrnuje receptory jak propioceptivní, přítomné v pasivních i aktivních elementech (ligamenta, kloubní pouzdra, plantární fascie (aponeuróza), svaly a svalové šlachy), tak exteroceptivní, přítomné v kůži plosky nohy. Tato bohatá senzoričká funkce nohy participuje na zajištění posturální stability a balance (McKeon et al., 2015; Wright, Ivanenko, & Gurfinkel, 2011).

2.2 Ontogeneze nohy

Ontogeneze nohy je zahájena již prenatálně (embryonální a fetální fáze) a pokračuje postnatálně až do dosažení dospělosti. Jednotlivé fáze vývoje segmentů dolních končetin probíhají proximo-distálně, s výjimkou osifikace metatarzů, které osifikují dříve než tarzální kosti.

Během embryonální fáze, asi 5 týdnů po oplození, se objevuje končetinový pupen a během několika týdnů jsou utvořeny tkáně i struktury končetin. Kostru tvoří chrupavčité základy kostí. Následná fetální fáze začíná ve 3. měsíci nitroděložního života, kdy jsou končetiny plně segmentovány, včetně volných prstů. Orgány končetin nejsou strukturně vyzrálé. Typické postavení nohou v této fázi je čistě v sagitální

rovině, tedy ploškami k sobě, s prstci vějířovitě rozprostřenými a palci nahoru. Ke konci 3. měsíce plod začíná končetinami pohybovat. Další vývoj zaujímá především proporcionální růst. V postnatálním období pokračuje osifikace, růst kostí a jejich strukturální přestavba v závislosti na zatížení (Bartoníček & Heřt, 2004), přičemž celý proces osifikace a růstu kostí probíhá do 14. až 18. let věku jedince (Gray & Lewis, 2000b).

Noha se vyvíjí v závislosti na celkovém vývoji motoriky a je integrována do postury celého těla v každém vývojovém stupni. Během prvních 6 měsíců je noha především úchopovým orgánem. S nástupem stoje a chůze (okolo 1 roku života) se noha stává součástí opěrné funkce dolních končetin a dochází k vývoji a formaci klenby nožní (Kolář, 2009). U novorozenců a batolat se v první fázi pod vnitřní klenbou nachází tukový polštářek. Ten se mezi 2-5 lety stáří dítěte, s přechodem do stoje a rozvojem chůze, postupně vstřebává a mizí (Halabchi, Mazaheri, Mirshahi, & Abbasian, 2013). Klenba se tak vytváří okolo věku 3-4 let dítěte, ale její další dotváření pokračuje až do 10 let (Onodera et al., 2008). Během této doby je noha citlivá na působení vnějších i vnitřních faktorů ovlivňujících její posturu i funkci. V tomto období také probíhají strukturální změny a remodelace segmentů celé dolní končetiny, které mají výrazný vliv na postavení nohy, osu celé dolní končetiny i biomechaniku chůze v dospělosti.

2.3 Funkce nohy

Noha je vývojově svojí stavbou anatomickou, fyziologickou i neurofyziologickou uzpůsobena ke komplexní funkci, kterou musí zajistit jak funkci statickou – opěrnou, tak i funkci dynamickou – lokomoční (Dylevský, 2009; Wright et al., 2011). To na ni klade vysoké nároky. Během chůze musí být v určitém okamžiku dostatečně pohyblivá, aby odpružila a uložila energii vznikající při náslapu nohy, přizpůsobila se terénu, a vzápětí v jiném okamžiku musí být naopak zpevněná, vytvořit páku a využít uloženou energii pro efektivní odraz kupředu (Scott, Menz, & Newcombe, 2007).

Významnou funkcí nohy je schopnost čítí. Noha je vybavena bohatou zásobou proprioreceptorů. Podílí se tak na zpětnovazebném řízení vzpřímeného držení těla, posturální stabilitě a rovnovážných reakcích (Lewit & Lepšíková, 2008;

Wright et al., 2011). Registruje informace o kvalitě, tvaru, materiálu, teplotě a tvrdosti povrchu, na kterém stojí nebo se pohybuje. O jedinečnosti nohy svědčí také možnost téměř plnohodnotně substituovat funkci ruky, tedy funkci hmatovou, úchopovou, manipulační, grafologickou, a dokonce i umělecko-tvůrčí funkci, v případě amputace horních končetin či jejich vývojových vad. To je umožněno díky homolognímu vývoji ruky a nohy (Rolian, Lieberman, & Hallgrímsson, 2010). Díky exteroceptivnímu čítí a přítomným potním žlázám se významně účastní na termoregulaci těla (Král, 2016).

V neposlední řadě lze na nohy pohlížet také jako na mikrosystém, či oblast, kam je promítnut celý člověk, a tato mapa reflexních plošek či zón může pomoci odhalit přetížená místa v organismu, která lze následně ošetřit metodami integrativní medicíny, např. reflexní terapií zón na noze (Bubeníčková, 2016).

2.3.1 Statická funkce nohy

Statická funkce nohy představuje především funkci opěrnou. Svým držením – posturou, ovlivňuje postavení všech proximálně uložených segmentů pohybového systému. Je znám vliv nožní klenby až na postavení femuru a tento vztah funguje i v opačném směru (Kapandji, 1987). Noha funguje také jako převodník hmotnosti těla na podložku. K tomu je uzpůsobená svým podélným i příčným klenutím – klenbou nohy. Noha tedy není rigidní, ale i během stoje neustále nepatrně pruží (kvazistatická funkce), resp. v závislosti na oscilaci středu tlakového působení (COP) mezi patou a předonožím se klenba nohy několik milimetrů snižuje a zvyšuje ve sprážením s pohybem tibie (Wright et al., 2011). Zjednodušeně se noha připodobňuje k tripodnímu modelu tříbodové opory mezi patní kostí, 1. a 5. metatarsem (Kapandji, 1987). Novodobé koncepty však používají pojem čtyřbodové opory, kam započítávají v rámci patní kosti dva body opory na laterálním a mediálním výběžku (Kolář, 2009).

2.3.2 Dynamická funkce nohy

Dynamická funkce nohy představuje provázané biomechanické procesy nutné k provedení chůze a běhu. Noha zajišťuje optimální rozložení tlaků a sil působících na podložku během chůze, jako je aktivní přizpůsobení se terénu, absorbování energie došlapu, reagování na změnu podmínek vnějších i vnitřních, nesení zátěže a v neposlední řadě přeměna energie došlapu na energii pro odraz a pohyb vpřed. Kinematická funkce nohy během chůze vychází z kineziologie nohy a chůze

a umožňuje, aby noha byla na počátku stojné fáze flexibilní a přizpůsobivá terénu a v závěru stojné fáze naopak zpevněná pro efektivní odraz (Kirby, 2017; Scott et al., 2007; Vařeka & Vařeková, 2009).

2.4 Kineziologie nohy

Nohu tvoří mnoho kloubů a skloubení, ze kterých jsou funkčně nejdůležitější a zároveň nejsložitější art. subtalaris (subtalární kloub) a art. transversotarsalis (Chopartův kloub).

Subtalární kloub (ST), nebo také dolní zánártní kloub, je kloub s jedním stupněm volnosti a skládá se z os talus a os calcaneus (dále jen talus a kalkaneus) a je hlavním kloubem chodidla, který umožňuje triplanární translaci pohybu mezi chodidlem a dolní končetinou. Zajišťuje pronaci a supinaci nohy, jejichž pohybovými komponentami jsou addukce a inverze a abdukce a everze. Hlavní funkcí je kontrola polohy zánoží a nepřímá kontrola distálních skloubení nohy (Kirby, 2000; Neumann, 2010). Pronace a supinace se děje tehdy, když je kalkaneus relativně fixovaný ve stojné fázi chůze (uzavřený kinematický řetězec, CKC) a celá dolní končetina s trupem tak rotuje kolem stabilního kalkaneu. Tímto mechanismem se noha stává nezávislá na postavení proximálních kloubů DK, čímž umožňuje chůzi v nerovném, kopcovitém terénu, provést rychlou změnu směru a udržet bilanci (Neumann, 2010). Funkce ST kloubu v rámci CKC je někdy vysvětlována pomocí modelu „pantu“ mezi talem a kalkaneem, kdy rotace jednoho ramene vyvolá rotaci toho druhého (abdukce talu vyvolá supinaci patní kosti a naopak), (Kapandji, 1987).

Chopartův kloub se skládá ze dvou skloubení, art. talonavicularis a art. calcaneocuboidalis. Esovitá kloubní štěrbina odděluje středonoží od zánoží. Podle Neumanna (2010) má dvě osy rotace: podélná osa, která dovoluje pohyb do inverze a everze, a šikmá osa zajišťující kombinovaný pohyb do abdukce a dorzální flexe nebo addukce a plantární flexe. Chopartův kloub a subtalární kloub mají společnou osu (Henkeho osa). Jejich funkce je tedy úzce spojená (Kapandji, 1987).

2.5 Kineziologie dětské nohy

Kineziologie dětské nohy se liší od té dospělé v morfologických parametrech, které souvisejí především s vývojem pohybového aparátu při dozrání do dospělosti (osifikace, růst a remodelace kostí, zrání funkcí nervové soustavy, svalová adaptace). Tyto morfologické změny ovlivňují funkci pohybového systému a biomechaniku chůze u dětí (Marencakova et al., 2019; Honzíková, Svoboda, Janura, Rosický, & Martinasková, 2013; Kolář, 2009).

Bylo prokázáno, že strukturální torzní deformity v oblasti kyčelního kloubu ve smyslu velikosti antevertze krčku femoru a v oblasti tibie ve smyslu torze distální části tibie ovlivňují provedení chůze u dětí (Passmore, Graham, Pandy, & Sangeux, 2018).

Pro dolní končetiny a nohu jsou zásadní tyto strukturální parametry: úhel antevertze krčku femoru, kolodiafyzární úhel femoru krčku, tibiofemorální úhel (valgozita a varozita kolenních kloubů), torze distálního konce tibie a postavení os talus v transverzální rovině, postavení patní kosti ve frontální rovině.

Novorozenec se rodí s 30-40° antevertzí krčku femoru, který je u dospělého pouze 10-15°. Velikost kolodiafyzárního úhlu femoru je u novorozence okolo 150°, kdežto u dospělého je norma okolo 125°.

Během fyziologického vývoje se také mění úhel mezi tibií a femurem ve frontální rovině. Nejprve je přítomno varózní postavení kolen, které postupně přechází do valgózního postavení, a mezi 4.-6. rokem se napřimuje do neutrálního postavení se současným ústupem valgozity paty spojeným s mediálním zatížením nohy.

Strukturální torze distálního konce tibie je u dětí nulová, kdežto u dospělého je v 25° rotaci zevně, čímž fyziologicky rotuje celé chodidlo do mírné zevní rotace a klenba nožní tak již není přímo v sagitální rovině.

U strukturálních parametrů kostí nohy se hodnotí postavení talu a patní kosti. Postavení talu je u dětí v 30° addukci, která se postupně redukuje na 18°. Postavení patní kosti ve frontální rovině bývá po přechodu dítěte do stoje a chůze ovlivněno přítomnou varozitou předonoží, která se kompenzuje pronací nohy s následnou valgozitou patní kosti. Uvádí se, že okolo 2. až 3. roku je valgozita paty do 15° brána jako normální, která s postupem do dospělosti klesá na hodnotu 5°. Jako patologický

stav se považuje valgozita paty 20° , v dospělosti 10° . Při valgózním postavení se kalkaneus nachází v everzi a talus v addukci, což ovlivňuje biomechaniku celé nohy a dolní končetiny (Honzíková et al., 2013; Kapandji, 1987; Kolář, 2009; Michaud, 2011).

2.6 Kinematika nohy během chůze

Na rozdíl od stoje, kdy noha obstarává primárně funkci opěrnou a adaptační, noha při chůzi zastává kombinaci obou funkcí, jak opěrné, tak i dynamické – odrazové (propulzní). Proto při dynamických podmínkách noha kontinuálně mění svůj tvar a nastavení. Na začátku stojné fáze je odemknutá pro adaptaci na terén, přechodem přes střední stoj, kdy zajišťuje stabilitu vzpřímeného stoje těla, se dostane do fáze odrazové propulzní, kdy se naopak musí zpevnit v rigidní páku pro odraz. Na zpevnění nohy při odrazu participuje kromě pasivní kostně-vazivové složky také složka aktivní svalová a tzv. „windlass mechanismus“ aponeurózy nohy. Dlouhé svaly bérce svým šlašitým třmenem, který vzájemně vytvářejí jejich úpony v noze, aktivně zpevňují nohu pro odraz. Krátké vnitřní svaly nohy zajišťují vnitřní stabilizaci nohy. Doplňujícím mechanismem zpevnění nohy je windlass efekt aponeurózy ve spolupráci s Achillovou šlachou. Tento efekt je umožněn úponem aponeurózy do báze proximálních článků prstců, které během jejich dorsální flexe v odrazové fázi aponeurózu napínají, a ta svým tahem zvyšuje oblouk mediální klenby nohy, kterou z druhé strany napíná právě Achillova šlacha, potažmo lýtkové svaly, čímž nohu zpevňuje (Kirby, 2017; Sherman, 1999; Vařeka & Vařeková, 2009). Na těchto procesech se podílejí nejvýznamněji subtalární a Chopartův kloub, ale na optimálním přizpůsobení se nohy na dynamické podmínky při chůzi nepostradatelně participují i ostatní skloubení, ačkoli velmi malými rozsahy pohybů (Kapandji, 1987).

2.6.1 Kinematika subtalárního kloubu

Při počátečním kontaktu nohy (0-2 % krokového cyklu, KC) je ST v mírné supinaci. Po dopadu paty, dojde počáteční nepatrné pronaci ST kloubu, která narůstá s postupným pokládáním chodidla na podložku. Během fáze postupného zatěžování (2-12 % KC) se projevuje výrazná pronace ST kloubu, což vyvolá vnitřní rotaci tibie. Během středního stoje (12-31 % KC) a konečného stoje (31-50 % KC) probíhá v ST

kloubu supinace a zevní rotace tibie, která přetrvává až do počáteční švihové fáze. V před-švihové fázi (50-62 % KC) je ST kloub podle autorů Vařeky a Vařekové (2009) stále v supinaci. Podle jiných autorů zaujímá neutrální pozici po celou dobu švihové fáze (Perry & Burnfield, 2010). Při počátečním švihu (62-75 % KC), kalkaneus pronuje a noha tak zaujímá funkci v otevřeném kinematickém řetězci. Ve střední švihové fázi (75-82 % KC) je ST kloub stále v pronaci a těsně před dopadem paty na podložku v konečné švihové fázi (82-100 % KC) supinuje (Levine, Richards, & Whittle, 2012; Perry & Burnfield, 2010; Vařeka & Vařeková, 2009).

2.6.2 Kinematika Chopartova kloubu

Podle Perry a Burnfield (2010) se v Chopartově (CH) kloubu odehrává pouze 5° dorsální flexe a to během počátečního kontaktu, fáze jedné opory a středního stoje, kdy dojde ke snížení mediálního oblouku, což odpovídá dorsální flexi kloubu. Podle jiných autorů se i v tomto kloubu odehrává supinace a pronace. Podle autorů Vařeky a Vařekové (2009) při počátečním kontaktu (0-2 % KC) v CH kloubu probíhá mírná pronace vzhledem k podložce, avšak relativní supinace vzhledem k ST kloubu. Ve fázi postupného zatěžování (2-12 % KC) je CH stále v mírné pronaci vzhledem k podložce, zároveň relativně v supinaci vzhledem k ST kloubu. Fáze středního stoje (12-31 % KC) představuje období, kdy CH relativně pronuje, protože zatížené předonoží nemůže následovat pohyby zánoží. To pokračuje až do fáze konečného stoje (31-50 % KC). Během před-švihové fáze (50-62 % KC) přetrvává v CH kloubu relativní pronace, kdy ST kloub je již v supinaci. Dochází tak k uzamknutí tohoto kloubu a noha se stává rigidní pákou využitelnou pro odraz. V počáteční a střední švihové fázi (62-75 % KC) je CH kloub v maximální pronaci, avšak celé chodidlo v mírné supinaci. Až v konečné fázi švihu (82-100 % KC) přechází CH kloub do supinace (Vařeka & Vařeková, 2009).

2.6.3 Funkční vztahy nohy a segmentů dolní končetiny během chůze

Klouby nohy a klouby dolní končetiny jsou ve vzájemných funkčních vztazích, které vedou ke sdruženým pohybům v rámci otevřeného i uzavřeného kinematického řetězce (Vařeka & Vařeková, 2009; Věle, 2006). Noha je propojena také přes dlouhé myofasciální kinematické řetězce probíhající od nohy ke kolennímu a kyčelnímu kloubu, pánvi a přes zádové svaly až s horními končetinami (Věle, 2006).

Strukturální deformity jednoho segmentu dolní končetiny vždy ovlivní postavení dalších segmentů. Například zaúhlení kolene ve frontální rovině bude ovlivňovat pozici subtalárního kloubu (resp. zánoží): valgózní kolenní kloub ovlivní zánoží do abdukce a varózní analogicky naopak. To celé pak ovlivní postavení v středonoží do pronace/supinace (Sherman, 1999).

Z hlediska biomechaniky existují funkční vztahy, tzv. funkční spřažení (z angl. coupling) mezi klouby nohy i klouby dolní končetiny. Subtalární i Chopartův kloub tvoří funkční jednotku se společnou pohyblivou „Henkeho osou“, to znamená, že během pohybů nohy se zároveň mění i její poloha (Kapandji, 1987). Na základě jejich vzájemné pozice nohu buď tzv. otevřou pro pohyb (pohyblivé předonoží), to se děje v pronaci nohy (osy ST kloubu a Chopartova kloubu jsou rovnoběžné), nebo ji naopak uzamknou a zpevní pro odraz, to se děje v supinaci nohy (osy ST kloubu a Chopartova kloubu jsou překřížené), (Kirby, 2000). Supinace/pronace ovlivňuje rotaci tibie. V uzavřeném kinematickém řetězci během fáze postupného zatěžování dochází k pronaci subtalárního kloubu, což následně vyvolá vnitřní rotaci tibie. Při supinaci ST kloubu je tibie rotovaná zevně. Spřažení pohybů pokračuje dále proximálně ke kolennímu a kyčelnímu kloubu. Při vnitřně rotované tibii je kolenní kloub v mírně flexi a femur rotuje do vnitřní rotace. Tyto vztahy platí analogicky i v opačných směrech pohybu a i v pořadí proximo-distálním (Kapandji, 1987; Perry & Burnfield, 2010).

3 TYPOLOGIE NOHY

3.1 Terminologie a klasifikace typologie nohy

Typologie nohy je klinický koncept, který má za cíl zjednodušit morfologickou komplexnost lidské nohy. V současné době je známa celá řada teorií a modelů, avšak neexistuje jednotný konsensus klasifikace typů nohy a tak je interpretace a srovnávání výsledků velmi obtížné (Hillstrom et al., 2013; Ozer, 2012).

Terminologie pohybů v noze

Problém s nejasnou terminologií a následnou interpretovatelností výsledků výzkumů začíná již nejednotnou definicí popisu pohybů v oblasti nohy, její postury a funkce. Názvosloví rotačních pohybů nohy jako je inverze/everze a supinace/pronace je nejednotné z důvodu komplexní struktury i funkce nohy vycházejících ze šikmých průběhů os kloubů, které navíc mění směr dle probíhajícího pohybu (např. Henkeho osa) díky čemuž se pohyb neděje čistě jen v jedné rovině pohybu. Inverze a everze je popisovaná jako jednoduchý pohyb zánoží ve frontální rovině ve smyslu valgosity (analogicky pro everzi) a varozity (analogicky pro inverzi), (Sherman, 1999). Jedna z teorií tak tvrdí, že supinace je komplexní pohyb složený z jednoduchých pohybů (inverze, plantární flexe a addukce) a pronace pak analogicky z opačných jednoduchých pohybů (everze dorsální flexe a abdukce), při noze v zatížení (Neumann, 2010).

Naproti tomu jiná teorie uvádí, že supinace a pronace jsou pohyby jednoduché probíhající v rovině frontální. A inverze pak představuje komplexní pohyb složený ze supinace, plantární flexe a addukce a everze analogicky z opačných pohybů (pronace, dorzální flexe a abdukce), (Dylevský, 2009; Kapandji, 1987).

Navíc se těchto pohybů nohy účastní i hlezenní kloub, jelikož je v přímé artikulaci s talem. Proto se v literatuře setkáváme i s pojmem valgózní nebo varózní kotník, které představují samostatnou diagnózu, i když se jedná o deformitu zánoží (valgózní či varózní zánoží) vůči hlezennímu kloubu s podobnými příčinami vzniku jako u pronované nohy či supinované nohy (Gibson & Prieskorn, 2007). V literatuře se také setkáme se zaměňováním termínu pronovaná noha se sníženou klenbou (resp. plochou nohou) a supinovaná noha s vysokou klenbou nohy. Tyto termíny však nejsou totožné (Sherman, 1999).

Klasifikace typů nohy

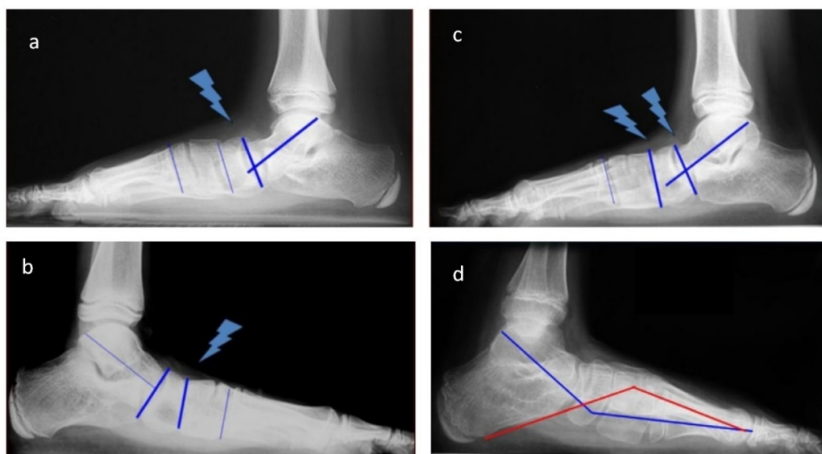
Aby se dal popsat nějaký typ nohy, který představuje poruchu nohy ať už ve smyslu postury nebo funkce, je nutné definovat normu, tedy referenční typ postury i funkce nohy odpovídající fyziologii. V současném výzkumu a odborné společnosti neexistuje jednotná a jednoduchá definice normální nohy a to především u dětské populace, kde se ukazuje, že vývoj nohy předpokládá dynamické změny, které nemusejí korelovat s posturou nohy. Je zde nastínění, že snížená klenba nemusí nutně znamenat i funkční poruchu a zvýšené zdravotní riziko. Novodobý výzkum naznačuje, že je třeba se více směřovat k bádání zdravého vývoje dětské nohy a např. kvantifikaci rozdílů v určitých věkových obdobích vůči dospělé zdravé populaci, než ke kvantifikaci přesné normy výšky mediální klenby (Morrison, McClymont, Price, & Nester, 2017).

3.2 Klasická klinická typologie

Klasická klinická typologie vychází z tzv. třibodového modelu nohy a jednoduše popisuje konkrétní klinický nález tvaru a výšky vnitřní klenby nohy bez ohledu na příčiny vzniku. Patří mezi nejznámější a v klinické praxi nejčastěji používanou klasifikaci. Nomenklatura popisuje nohu plochou, normální a vysokou. Tato metoda se blíže nezabývá dynamickou funkcí nohy, jelikož noha bývá hodnocena nejčastěji ve statické pozici (sed nebo stoj). K diagnostice se používají podogramy, které mohou být doplněné dalším antropometrickým měřením (Dungl, 2005; Hillstrom et al., 2013).

Plochá noha se dělí na podle několika pohledů na flexibilní a rigidní, podélně a příčně plochou a symptomatickou a nesymptomatickou. Novodobější klasifikace ploché nohy také zohledňuje aktuální místo, kde dochází k poklesu klenby a přítomnost valgozity patní kosti (Obrázek 6, a-d), (Bourdet, Seringe, Adamsbaum, Glorion, & Wicart, 2013):

- a) Subtalární planovalgozita nohy (plochá noha s valgozitou zánoží)
- b) Středonožní planovalgozita nohy (planovalgozita středonoží bez valgozního zánoží)
- c) Smíšená planovalgozita nohy
- d) Noha planokavózní (snížená vnitřní klenba, zvýšená vnější klenba)



Obrázek 6 Klasifikace ploché nohy dle Bourdeta a kol. (Bourdet et al., 2013)

Dalším typem klinické typologie je antropometrická metoda, která klasifikuje typy nohy podle antropometrických parametrů a indexů, které porovnávají délku, šířku, výšku nohy a další. Například podle délky jednotlivých paprsků nohy pomocí tzv. „digitální formule“ se rozeznává noha řecká, polynéská a egyptská. Klinicky významný typ je pouze řecký typ nohy, neboli též Mortonova noha (Vařeka & Vařeková, 2003).

3.3 Rootův koncept funkční typologie vnitřních deformit nohy

První, kdo popsal nohu jako dynamický komplex, byl dr. M. L. Root, který v 60. letech 20. století vypracoval novou, tzv. funkční klinickou typologii nohou podle pozice předonoží vůči zánoží (Buchanan & Davis, 2013). Zavedl pojem „neutrální pozice subtalárního kloubu“ jako referenčního postavení, při kterém se určuje vzájemné postavení předonoží (rovina hlaviček metatarzálních kostí) a zánoží (rovina plantárních hrbolů kalkaneu). Je to pozice zjišťovaná palpačně, kdy hlavice talu v talonavikulárním skloubení je v maximální kongruenci kloubních ploch (Houck, Tome, & Nawoczenski, 2007). Je tedy stejně palpovatelná na mediální i laterální straně pod kotníky. Zároveň platí, že subtalární kloub, není v pronaci ani v supinaci. Na základě těchto východisek Root popsal 3 základní „vnitřní deformity nohy“ – varózní předonoží, varózní zánoží a valgózní předonoží (Buchanan & Davis, 2013). Jeho následovníci pak rozšířili typologii o další typ plantárně flektovaný první paprsek a základní typy rozdělili na flexibilní a rigidní formu, nebo na kompenzovanou či nekompenzovanou variantu.

U každého z těchto typů chodidel probíhají kompenzační mechanismy, které zajišťují potřebný kontakt všech částí nohy při různých fázích chůze. Výzkum ukázal vliv jednotlivých typů nohy na kinemtické parametry chůze u zdravých mladých mužů (Marencakova, Svoboda, Vareka, & Zahalka, 2016; Marenčáková, Svoboda, & Zahálka, 2016). Následkem dlouhodobého působení těchto kompenzačních mechanismů může být vznik potíží v dalších segmentech dolní končetiny, pánve a páteře, jako jsou např. hallux valgus či dokonce bolesti bederní páteře (Michaud, 1993).

3.4 Biomechanická teorie typologie nohy

Neutrální pozice subtalárního kloubu je paradigma založené na Rootovém konceptu (Harradine, Lead, Bevan, & Carter, 2003). Podle této teorie se hodnotí typ nohy při nastavené neutrální pozici ST kloubu na základě pozice zánoží s klasifikací neutrální noha, supinovaná noha nebo pronovaná noha. V literatuře však doteď neexistuje jednotná definice neutrální pozice ST kloubu, ani jednotný konsensus metody určení jiné referenční pozice pro vyšetřování nohy, která by byla reliabilní a na které by se široká vědecká společnost shodla. Panují také neshody, jestli je neutrální pozice ST kloubu pozice, kdy je noha ve fázi ještě před propulzí, tudíž stále ještě v plném zatížení nebo ne (Miller & McGuire, 2000). Nedávný výzkum navíc zjistil, že ačkoliv je tato metoda stále jedna z nejpoužívanějších mezi podiatry v zahraničí při předepisování ortotických pomůcek, tato klinická metoda má velmi nízkou reliabilitu mezi vyšetřujícími, takže význam pro klinickou praxi je nejasný (Jarvis, Nester, Jones, Williams, & Bowden, 2012)

3.5 Ostatní teorie a modely

„**Tissue stress theory**“ byla zavedena McPoilem a Hunttem v roce 1995, kteří vycházeli z nedostatků Rootovy koncepce. Teorie je postavena na tezi, že zatížení tkání musí být pro jedince tolerovatelné, jinak dochází k mechanickému přetížení, které se projevuje poruchou postury a funkce nohy, např. hyperpronace nohy (Harradine et al., 2003).

„**Sagittal plane facilitation**“ theory byla založena Dananbergem, který se zabýval analýzou funkčního hallux limitus a pes equinus ve smyslu funkční patomechaniky nohy, kdy noha není schopna provést plnou dorzální flexi nezbytnou k dostatečné propulzi vpřed během chůze (Daniel & Colda, 2012).

„**Rotational equilibrium theory**“ vznikla v 80. letech 20. století pod vedením K. A. Kirbyho, který poukazoval na důležitost orientace osy subtalárního kloubu, jejíž průběh se mění pronačním a supinačním momentem reakční síly podložky (Vařeka & Vařeková, 2009).

Na práci Kirbyho navázal E. A. Fuller v roce 1999 svou koncepcí označovanou jako „**Centre of pressure theory**“. Tato teorie se opírá o tezi, že nohu nepoškozuje hyperpronace jako taková, ale to, co hyperpronaci zastavuje. K tomu je nutné znát momenty sil, polohu působišť vektoru reakční síly podložky a polohu osy rotace, kterou je Kirbym určená osa ST kloubu. Fuller a Kirby později spojili své koncepce do jednoho všeobecného modelu (Vařeka & Vařeková, 2009).

4 PORUCHY V OBLASTI NOHY

Poruchy v oblasti nohy odrážejí dvě základní role nohy, a to je statická opěrná funkce a dynamická pohybová funkce. Poruchy postury nohy představují poruchy ve smyslu morfologie a držení neutrální pozice segmentů nohy a potažmo celého pohybového aparátu ve správném nastavení. Poruchy funkce pak reprezentují poruchu dynamické funkce nohy jako je účast na vzpřímeném držení těla, posturální stabilitě, bilanci, odpružení došlapu, postupné optimální zatěžování a distribuce tlaku a odvalení chodidla s efektivním odrazem při chůzi a běhu (Vaughan, Davis, & O'Connor, 1992). Toto dělení je pouze pro zjednodušení popisu komplexní struktury a funkce nohy a jejich poruch. Posturu a funkci a tedy ani jejich poruchy nelze v reálném životě od sebe oddělit (Mootanah et al., 2013), neboť, jak podle Jandy (1983) již v roce 1906 pronesl doktor Sherrington: *“Posture follows movement like a shadow“* – z angl. přeloženo postura provází pohyb jako stín (Janda, 1983, s.83).

4.1 Poruchy postury nohy

Poruchy postury nohy představují poruchu statickou ve smyslu poruchy morfologie nohy a zachovávání její architektiky, kterou představuje klenba nožní. Patří sem tyto deformity:

- plochá noha a vysoká noha,
- pronovaná noha a supinovaná noha,
- metatarsus adductus,
- pes cavus,
- kongenitální pes equinovarus,
- hallux valgus, hallux limitus, hallux rigidus,
- kladívkové, paličkovité a drápvité prstce,
- deformita malíku (Tailor's bunion).

Mezi nejčastěji řešené poruchy postury nohy patří plochá noha, která se vyznačuje snížením klenby nožní. Často bývá označována jako pronovaná noha, protože snížení klenby může doplňovat také pronace (resp. valgozita) zánoží (ST kloub) a v rámci

talonaviculárního skloubení také addukce a plantární flexe talu (Inamdar et al., 2018). Ale podle některých autorů by se tyto dvě nosologické jednotky neměly zaměňovat (Sherman, 1999). Podle lokalizace snížení klenby nožní se plochá noha dělí na příčné plochou nohu (snížená příčná klenba) a podélně plochou nohu (snížená mediální podélná klenba). Tyto poruchy spolu úzce souvisí a většinou se jedná o kombinaci obou typů.

Plochá noha se dále dělí na flexibilní a rigidní formu. Flexibilní forma se vyznačuje normální výškou mediální klenby nohy při nezatížené noze, která však poklesne během zatížení nohy. Flexibilní plochá noha může být symptomatická či asymptomatická. Typickými symptomy jsou bolest mediální strany nohy, kolen i nohou a jiné. Rigidní plochá noha má pokleslý mediální oblouk v zatížení i v odlehčení. Výraznou patologickou rigidní formou je pes planus adductovarus, kdy je zánoží ve výrazné pronaci a přednoží v addukčním a varózním postavení (Harris et al., 2004).

Vysoká noha (pes cavus) je specifická vysokým klenutím vnitřní podélné klenby, kdy ST kloub je v supinaci a v rámci talonaviculárního skloubení je talus v abdukci a dorsální flexi a často bývá označovaná jako supinovaná noha (Inamdar et al., 2018).

Statickými poruchami středonoží jsou metatarsus adductus (předonoží je v addukci k zánoží), congenital talipes equinovarus (vrozený typ nohy kombinující varózní a equinózní zánoží, addukci předonožin vůči středonoží, a plantární flexi předonoží vůči zánoží) a pes cavus (vysoká klenba nohy s varozitou zánoží), (Cooper & Jones, 2014).

4.2 Poruchy funkce nohy

Poruchy funkce nohy jsou v úzkém vztahu s poruchami postury, mohou být důsledkem statických poruch, ale zároveň mohou být i jejich příčinou. Funkční poruchy nohy představují poruchy biomechanických mechanismů funkce nohy během dynamických podmínek jako je chůze a běh (Buldt et al., 2018; De Cock, Vanrenterghem, Willems, Witvrouw, & De Clercq, 2008; Deschamps et al., 2013, 2017; Harrison & Littlewood, 2010a; Saraswat, MacWilliams, Davis, & D'Astous, 2014; Deydre S. Teyhen et al., 2011; Tsai, Yu, Mercer, & Gross, 2006; Willems et al., 2006):

- rozložení tlaku nohy na podložku,
- posturální stabilita (výchyly COP),
- odvalování chodidla (trajektorie COP),
- kinetické parametry (reakční síla podložky, silový impuls, ad.),
- kinematické parametry nohy (časové a prostorové parametry).

4.3 Etiologie poruch nohy

Etiologie poruch nohy se u jednotlivých typů (plochá noha a její typy (získaná a vrozená, flexibilní a rigidní), pronovaná noha a supinovaná noha) liší.

Příčiny vrozené ploché nohy jsou nejčastěji vrozené strukturální vady na podkladě kostně-vazivové složky, ale také na neurologickém či svalovém podkladě. Ačkoli mediální podélná klenba nohy dozrává během dětského období (4-10 let), (Onodera et al., 2008), některé změny v morfologii nohy se mohou objevit kdykoli během celého života.

Získaná plochá noha závisí na vrozených předpokladech, ale v průběhu života především na celkovém zdravotním stavu jedince, na tělesné hmotnosti a fyzické aktivitě, přičemž může vzniknout na podkladě poruchy kostní, vazivové, svalové či neurologické složky nebo kombinací všech složek pohybového systému v různé míře zastoupení (Haendlmayer & Harris, 2009).

Etiologie ploché nohy flexibilní zahrnuje tyto nejčastější příčiny: strukturální poruchy (torze či rotace segmentů dolní končetiny, valgózní a varózní deformity, deformity os naviculare), obezita, generalizovaná laxicita vazů (konstituční či lokální hypermobilita nohy), biomechanické příčiny (pes equinovarus, calcaneovalgus), neurologické diagnózy (dětská mozková obrna, hypotonie), svalová dystrofie, genetické syndromy (osteogenesis imperfekta, Marfanův syndrom), kolagenové onemocnění (Ehlers-Danlos syndrom) a další.

Příčiny rigidní formy ploché nohy jsou tyto: úrazy, iatrogenní poškození, tarzální koalice, vrozený vertikální talus a peroneální spastická plochá noha (Halabchi et al., 2013; Murray, 2006). Novodobé výsledky ukazují také na morfologii kloubních ploch

kalkaneu v rámci subtalárního kloubu (Kothari, Theologis, Bhuva, Stebbins, & Zavatsky, 2016).

U pronované nohy nebo hyperpronované nohy se uvádějí spíše svalové příčiny vzniku: dysfunkce šlachy m. tibialis posterior, oslabené flexory prstců, oslabení abduktorů kyčelního kloubu, zkrácení Achillovy šlachy, přítomnost deformit prstců (Hallux valgus), genu valgum a obezita (Golightly, Hannan, Dufour, Hillstrom, & Jordan, 2014; Stovitz & Coetzee, 2010).

Supinovaná noha nebo hypersupinovaná vzniká nejčastěji vrozeně (idiopaticky) anebo z neurologických příčin. Idiopatická forma pes cavus je častým důvodem k vyhledání lékařské péče, avšak terapie bývá svízelná (Inamdar et al., 2018).

4.4 Prevalence poruch nohy

Prevalence výskytu ploché nohy je vysoce variabilní a ve světových údajích se pohybuje v rozmezí 0,6-77,9 % (MacKenzie, Rome, & Evans, 2012). U předškolních dětí je udávána v rozmezí 21-57 %, zatímco u školních dětí se plochá noha vyskytuje už jen v rozmezí 13,4-27,6 %, přičemž se uvádí, že až 15 % přetrvává až do dospělosti (Shih, Chen, Chen, & Lin, 2012). Ve věku 18-25 let byla nalezena plochá noha u 13,6 % lidí ze vzorku 500 lidí (u 12,8 % mužů a u 14,4 % žen), (Aenumulapalli, Kulkarni, & Gandotra, 2017) a ve věku nad 50 let je plochá noha přítomna až u 23 % (ze zkoumaného vzorku 1695 lidí), (Golightly et al., 2014). Mužské pohlaví má větší tendenci k výskytu ploché nohy než ženské pohlaví a tato prevalence stoupá s přítomností generalizované hypermobility, nadváhy a obezity (MacKenzie et al., 2012). Prevalence pronované nohy je udávána okolo 13,9 % a supinované nohy okolo 19,7 % (výzkumný vzorek 1466 lidí), (Golightly et al., 2014).

4.5 Rizikové faktory vzniku poruch nohy

Rizikové faktory vzniku poruch nohy lze rozdělit na 2 kategorie: vnitřní rizikové faktory a vnější rizikové faktory (Bourdet et al., 2013; Dare & Dodwell, 2014; Dowling et al., 2015; Evans, Rome, & Peet, 2012; Headlee, Leonard, Hart, Ingersoll, & Hertel, 2008; Ridge et al., 2019). Vnitřní faktory, až na několik výjimek, nelze výrazně ovlivnit

(biologicky determinované), kdežto vnější faktory většinou alespoň částečně ovlivnit lze nebo se jim dá dokonce v rámci prevence úplně vyhnout.

Do vnitřních rizikových faktorů lze zařadit tyto:

- věk
- pohlaví
- tělesná hmotnost
- vrozené predispozice (kloubní hypermobilita)
- genetické faktory (strukturální vady)
- onemocnění (neurologická, ortopedická, revmatologická, psychiatrická)

Do vnějších rizikových faktorů lze zařadit tyto:

- úrazy a operace
- pohybová aktivita (chůze, běh, práce, záliby a sport)
- intenzita statické a dynamické zátěže (rekreační vs. vrcholová, čas)
- obuv (typ, tvar, vlastnosti)
- zdravý životní styl (hygienu, péče, regenerace, otužování)

4.6 Porucha nohy jako rizikový faktor

Ukazuje se, že porucha nohy statická i dynamická, resp. typ nohy, je významným rizikovým faktorem vzniku patologií a zranění nohy a dolních končetin na základě změn morfologie, mobility a biomechaniky celé nohy i dolní končetiny (Buldt et al., 2018; Sherman, 1999; Tong & Kong, 2013). Existuje evidence vzniku nespecifických úrazů, bolestí a poruch v oblasti nohy, tendinopatie Achillovy šlachy a bolesti v oblasti femoro-patellárního skloubení, které jsou zapříčiněny právě z přetížení nohy při nedostatečné funkci nohy u běžné populace (Dowling et al., 2015).

Plochá noha je spojena se zhoršenou posturální stabilitou a vznikem patologií ve vyšších etážích pohybového aparátu (Kodithuwakku, Sachini, Chander, & Knight, 2019), mění rozložení tlaku nohy na podložku, čímž zvyšuje riziko poškození měkkých struktur chodidla a bérce a vzniku bolestí kolenních kloubů (Chang et al., 2014)

a dokonce i bolestí zad (Kosashvili et al., 2008). Pronovaná noha je spojena s rizikem vzniku tibial stress syndromu (Neal et al., 2014). Supinovaná noha zvyšuje riziko rozvoje plantární fascitidy (Golightly et al., 2014). Jiná studie přidává, že poruchy typu flexibilní plochá noha, vysoká noha a supinovaná noha jsou rizikovým faktorem pro zranění z přetížení dolních končetin (overuse injury), (Kaufman, Brodine, Shaffer, Johnson, & Cullison, 1999).

U dětské populace se projevuje typicky větší náchylnost k působení negativních faktorů na vývoj nohy, protože osifikace a remodelace kostí a adaptace měkkých tkání i nerovnových struktur probíhá postupně až do věku 18 let. Výzkum dokládá, že když se dítě s poruchou nohy typu plochá nohou dostane do výrazné pohybové zátěže, může mít porucha nohy výrazný vliv na vznik patologií ve vyšších etážích pohybového aparátu (Giannini et al., 2014). Jiný výzkum uvádí, že děti s flexibilní plochou nohou jsou náchylnější k bolestem a dyskomfortu v oblasti kolene, kyčle a zad než děti s normálně klenutou nohou (Kothari, Dixon, Stebbins, Zavatsky, & Theologis, 2016).

Porucha postury a funkce nohy patří mezi rizikové faktory vzniku zranění také ve fyzicky náročných profesích jako je práce v armádě (D. S. Teyhen et al., 2012). U výzkumné studie amerických vojáků bylo prokázáno, že typ nohy hyperpronovaná noha měl největší podíl na úrazech nohy a kolenních kloubů (D. S. Teyhen et al., 2012), především únaravých zlomenin kůstek nohy (Aydog, Tetik, Demirel, & Doral, 2005).

Porucha nohy je rizikovým faktorem také ve sportu (Aydog et al., 2005; Queen, Mall, Nunley, & Chuckpaiwong, 2009). Například typ nohy pronovaná noha je v úzké korelaci ke vzniku úrazů u běžců (Pérez-Morcillo et al., 2019) a u fotbalistů (Valderrabano, Barg, Paul, Pagenstert, & Wiewiorski, 2014) a zvyšuje riziko bolestí kolenních kloubů u fotbalistů a přespolních běžců (Dahle, Mueller, Delitto, & Diamond, 1991).

5 DIAGNOSTICKÉ METODY A FUNKČNÍ CHARAKTERISTIKY NOHY

Existuje řada diagnostických přístupů vyšetření postury (typu nohy) a funkce nohy, které můžeme rozdělit do následujících základních kategorií:

- kvalitativní a kvantitativní,
- statické a dynamické,
- klinické a přístrojové laboratorní metody.

5.1 Kvalitativní a kvantitativní diagnostické metody

Mezi kvalitativní metody vyšetření nohy patří především vyšetření pohledem (aspekci) nebo pohmatem (palpací) nejčastěji v rámci kineziologického rozboru: vstupní odebrání zdravotní anamnézy vztahující se k dané problematice (historie zranění, genetické faktory, vrozená onemocnění, ad.), klinická aspekce tvaru a postavení segmentů (pozice zánoží, výška mediální klenby nohy, prominence os naviculare, ad.), klinická palpace (tonus měkkých tkání), klinické vyšetření (joint play, rozsah pohybu, diagnostické manévry, vyšetření citlivosti, neurologické vyšetření, ad.), specifické funkční testy (Jackův test, Véleho test, aj.), vizuální analýza otisků nohou na podoskopu, vizuální analýza chůze.

Kvantitativní metody zahrnují antropometrické vyšetření a zjištění poměrových indexů (např. Valgus index), analýza inkoustových nebo digitálních otisků nohy (např. Chippaux-Šmiřák index), zobrazovací metody – radiografické vyšetření (např. Calcaneal inclination angle), pedobarografie (např. rozložení tlaků na podložku, výchylky středu tlakového působení) a 2D a 3D přístrojová analýza nohy během stoje a chůze (Billis, Katsakiori, Kapodistrias, & Kapreli, 2007; Buldt et al., 2015; Harris et al., 2004; Lee et al., 2005; Maršáková & Pavlů, 2012; Mootanah et al., 2013; Razeghi & Batt, 2002; Véle, 2006; D. S. Williams & McClay, 2000).

5.2 Statické a dynamické diagnostické metody

Statické vyšetřovací metody zahrnují metody vyšetření v klidové pozici, nejčastěji ve stoji. Můžeme do nich zahrnout veškerá statická klinická vyšetření, přístrojová vyšetření ve stoji i semi-dynamická vyšetření, kdy se odezírá změna mezi dvěma

klidovými pozicemi, například mezi sedem (v nezatížení, non-weight bearing) a stojem (v zatížení, weight bearing) jako je např. Arch height change test (McPoil et al., 2008) nebo Navicular drop test, Navicular drift test, které hodnotí pohyb os naviculare během změny z pozice, kdy je ST kloub v neutrální pozici, do pozice relaxovaného klidného stoje (Brushøj, Langberg, Larsen, Nielsen, & Hölmich, 2007; Vinicombe, Raspovic, & Menz, 2001). Dalšími metodami jsou otisky nohy, odlitky nohy (Tsung, Zhang, Fan, & Boone, 2007) nebo sofistikovanější statická pedobarografie či 3D scanning tvaru nohy pomocí 3D scanneru (Saghazadeh, Kitano, & Okura, 2015; Witana, Xiong, Zhao, & Goonetilleke, 2006).

Dynamické vyšetřovací metody hodnotí komplexní funkci nohy během dynamických podmínek. Patří sem měření pomocí silových desek a dynamická pedobarografie, které umožňují zkoumat působící síly a rozložení tlaku plosky na podložku během chůze či běhu (Deschamps et al., 2013). Další metodou je 2D nebo 3D kinematická analýza chůze a běhu (Hillstrom et al., 2013; Marencakova et al., 2016) či novodobě rozvíjená metoda dynamického 3D scanningu nohy pomocí 3D scanneru během chůze (Van den Herrewegen et al., 2014). Pro ověření svalové funkce nohy slouží povrchová či jehlová elektromyografie (EMG), která doplňuje komplexní 3D analýzu chůze (Richards, 2018).

5.3 Klinické diagnostické metody

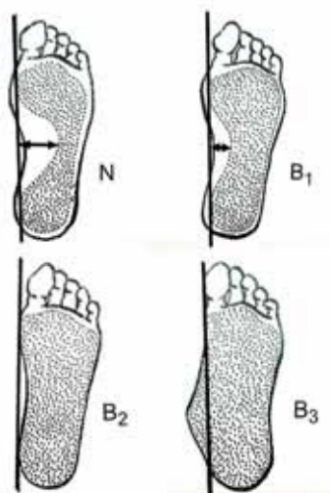
Klinické vyšetření nohy je kvalitativním typem diagnostiky. Je prováděno klinickým specialistou pohledem a pohmatem, a proto se mohou výsledky různých hodnotitelů vzájemně lišit. Stále je však důležitou, dostupnou a základní součástí vyšetření v rámci klinické praxe.

Klinické vyšetření se zahajuje důkladným odběrem zdravotní anamnézy a relevantních informací. U nohy by nutnou součástí mělo být i vizuální kontrola obuvi. Nejčastější typ nošené obuvi a její tvar a stav (sešlapání podešve může ukázat na styl chůze vyšetřovaného).

Vlastní vyšetření pohybového aparátu se provádí nejčastěji ve stoji nebo při dynamické funkci nohy jako je chůze nebo běh. Ve stoji se hodnotí celkové držení těla a postupně se přechází k podrobnějšímu vyšetření dolních končetin a nohy. Referenční

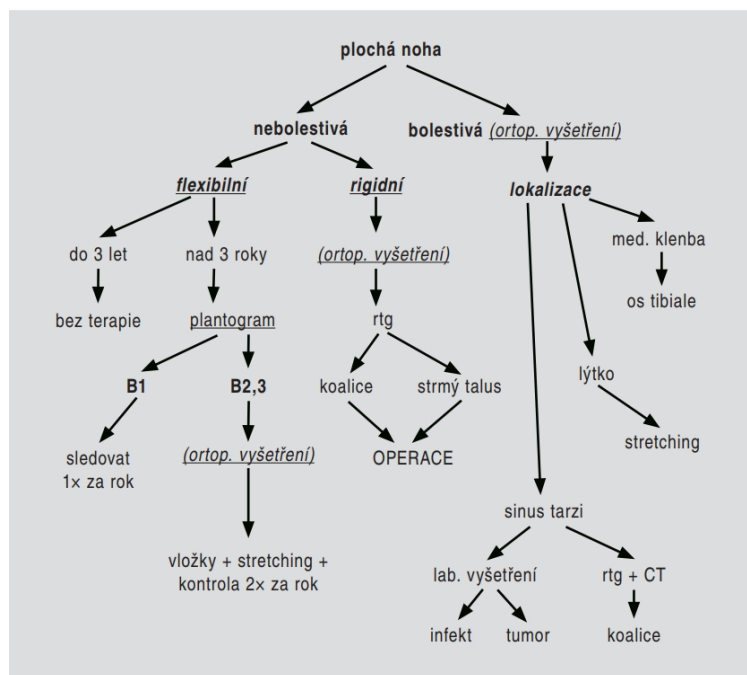
pozice nohy, ve které se provádí diagnostika, je pozice v neutrálním postavení ST kloubu. Hodnotí se celkové držení a klenutí nohy, postavení zánoží ve frontální rovině, postavení předonoží nohy vůči zánoží, v zatížení (stoj), bez zatížení (sed, leh) a v různých specifických pozicích (např. pozice z vývojové kineziologie). Dále se vyšetřuje funkce a rozsahy pohybů kloubů nohy i celé dolní končetiny, izolované pohyby prstců, rotabilita nohy, přítomnost deformit prstců a otlaků, tvar a zdraví kůže a nehtů a kvalita čítí. Dále palpační vyšetření, vyšetření svalové síly a svalového zkrácení. Vyšetření se doplňuje specifickými testy (Jack's test) a klinickou diagnostikou vrozených strukturálních parametrů jako je velikost anteverzního úhlu krčku femoru, tibio-femorálního úhlu, tibiální torze a vývojový stupeň kolodiafyzárního úhlu krčku femoru u dětí. Svalová souhra a koordinace celého pohybového aparátu, a konkrétněji funkční vztahy kloubů dolní končetiny a nohy se odezírá při chůzi v různých jejích modifikacích, ke které se používají standardizované protokoly visuálního vyšetření chůze, jako je např. GALLOP (Cranage, Banwell, & Williams, 2016; Gross, Fetto, & Rosen, 2005; Kolář, 2009; Lewit & Lepšíková, 2008; Maršáková & Pavlů, 2012; Toro, Nester, & Farren, 2003; Véle, 2006).

Vyšetření postury nohy lze doplnit vyšetřením na optickém či digitálním podoskopu (Laowattanatham, Chitsakul, Tretriluxana, & Hansasuta, 2014), který umožňuje visuálně hodnotit otisk nohy ve stoji (Obrázek 7). Pro objektivizaci hodnocení otisku nohy se v klinické praxi také využívají nejrůznější indexy nohy vypočítané z inkoustového otisku nohy, který je dnes nahrazen digitálním otiskem tlakovým pomocí pedobarografie nebo otiskem, získaným pomocí 3D scanneru (Zuil-Escobar, Martínez-Cepa, Martín-Urrialde, & Gómez-Conesa, 2016).



Obrázek 7 Visuální hodnocení otisků nohy. N – normální noha, B1 – 1. Stupeň snížení nožní klenby, B2 – 2. stupeň (plochá noha), B3 – 3. stupeň (výrazně plochá noha), (Adamec, 2005)

Celý proces klinické diagnostiky by měl vést k identifikaci typu poruchy nohy, odhalení příčiny a nastavení optimální intervence. K tomu slouží doporučené lékařské postupy, které pomáhají lékařům správně diagnostikovat poruchy nohy, například plochou nohu u dětí (Obrázek 8).



Obrázek 8 Diferenciálně diagnostický postup u dětské ploché nohy (Adamec, 2005)

5.4 Přístrojové a laboratorní diagnostické metody

Možnosti přístrojové diagnostiky dnes nabízejí široké možnosti 2D a 3D vyšetření nohy, dolních končetin a celého těla při stoji, chůzi i běhu. Mezi nejpoužívanější metody 2D a 3D kinematiky těla patří videoanalýzy nebo analyzátory pohybu na principu aktivních, či pasivních markerů. Pro oblast kinetiky těla se nejčastěji používají analýzy hodnocení postury, či funkce nohy, pomocí vyšetření na silových deskách nebo tlakových deskách, které registrují silové parametry a změny silového a tlakového působení včetně středu jejich působení (COF resp. COP). Mezi často používané 3D vyšetřovací metody nohy mimo kinematické analýzy nohy během chůze patří i 3D scan nohy ve stoji (Levine et al., 2012; Richards, 2018; Van den Herrewegen et al., 2014).

5.4.1 Pedobarografie

Pedobarografie je reliabilní a validizovaná metoda vyšetření distribuce síly a tlaku vyvolané kontaktem chodidla při styku s podložkou. Zde nejčastěji využívá středového působení síly a tlaku a sledování výchylek COF resp. COP jako parametru posturální stability jak ve stoji tak při chůzi. Tato metoda používá silové či tlakové desky, které se liší velikostí, snímkovací frekvencí, množstvím senzorů, stabilitou kalibrace a cenou. Všechny systémy nabízí hodnotná data pro výzkum i klinickou praxi, ale jejich výstupní data jsou navzájem neporovnatelná (Richards, 2018). Tlakové desky jsou dnes používány i k získávání digitálních tlakových otisků nohy, které slouží k výpočtu indexů namísto klasických inkoustových otisků nohou (Zuil-Escobar et al., 2016). Pedobarografie se používá jak u běžné zdravé populace, tak u populace s různým onemocněním (dětská mozková obrna, diabetes mellitus) či vadami ovlivňujícími stoj, chůzi a běh, u sportovců, dospělých i dětí a při výrobě obuvi, ortotických a protetických pomůcek (Booth, Keijsers, Sijbers, & Huysmans, 2018; Chang, Chieh, Lin, Su, & Tsai, 2014; De Cock et al., 2008; Milford, Sole, & Sole, 2016; Morrin & Redding, 2013; Riad, Coleman, Henley, & Miller, 2007; Zhai, Qiu, & Wang, 2016).

5.5 Funkční charakteristiky nohy

Funkční charakteristiky nohy jsou parametry, které odrážejí nejen stav, ale i funkci nohy. Mezi objektivní funkční charakteristiky nohy patří indexy nohy zjišťované z inkoustových nebo digitálních otisků nohy ve stoji (např. Arch index,

Chippaux-Šmiřák index, Arch high index a Staheli), (Hillstrom et al., 2013; Ozer, 2012) nebo při chůzi (např. Centre of pressure index), (Diaz et al., 2018; Song, Hillstrom, Secord, & Levitt, 1996), indexy klinického vyšetření typu nohy (např. Foot posture index), tlakové parametry nohy (např. rozložení tlaku nohy ve stoji a při chůzi), (Xu, Wen, Huang, Shang, Cheng, et al., 2017), parametry posturální stability (výchylky těla ve stoji, trajektorie COP při chůzi), (Kyvelidou, Harbourne, Haworth, Schmid, & Stergiou, 2017) a parametry kinetické a kinematické analýzy chůze (časové a prostorové parametry provedení chůze), (Marencakova, Svoboda, Vareka, & Zahalka, 2016).

5.5.1 Chippaux-Šmiřák index

„Chippaux-Šmiřák index“ (CSI) klasifikuje základní klinickou typologii nohy. Je vypočítán ze statického otisku nohy – plantogramu získaného během stoje. Index CSI představuje procentuální vyjádření poměru nejužšího místa středonoží a nejširšího místa předonoží, která jsou měřena kolmo na postranní vnější tečnu. Základní klasifikace dle Chippauxe a Šmiřáka rozlišuje nohu normální 0-45 %, mírně plochou 45,1-50 %, středně plochou 50,1-60 % a výrazně plochou 60,1-100 % (Banwell, Paris, Mackintosh, & Williams, 2018; Onodera et al., 2008). Klasifikace dle Jaworského a Pucha pak dále rozděluje skupinu normální noha (0-45 %) na podtypy: vysoká noha 0-0,1 %, normální noha 0,1-29,9 %, přechodný typ 30-39 %, snížená klenba 40-45 % a plochá noha 45,1 % a více (Nikolaidou & Boudolos, 2006).

$$\text{CSI [\%]} = (a/b) * 100$$

a – nejužší místo středonoží v plantogramu (mm)

b – nejširší místo předonoží v plantogramu (mm)

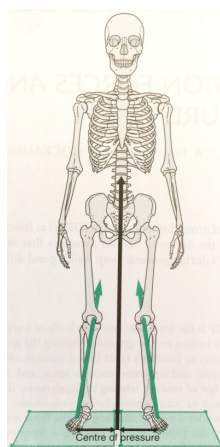
5.5.2 Foot posture index

„Foot posture index“ (FPI) je objektivní vyjádření biomechanické typologie, která se snadno vyšetřuje v klinické praxi. Jedná se z větší části o vyšetření pohledem doplněné palpačním vyšetřením typu nohy dle validizovaného 6 položkového FPI protokolu s ověřenou reliabilitou i pro dětskou populaci a adolescenty (Evans et al., 2012; Martínez-Nova, Gijón-Noguerón, Alfageme-García, Montes-Alguacil, & Evans, 2018; Morrison & Ferrari, 2009). Hodnotí se 6 kritérií (položek) ve standardizovaném

stoi pohledem zezadu: palpance hlavičky os talus, zakřivení nad a pod zevním kotníkem, pozice os calcaneus, prominence v oblasti art. talo-naviculare, kongruence mediální podélné klenby nohy. Každá položka vyšetření má hodnocení vždy po dvou bodech pro každou kvalitu vyjádření od -2 do +2 (kladné hodnoty pro pronační postavení, nula pro neutrální postavení a záporné hodnoty pro supinační postavení) a jejich součtem se vypočítá celková hodnota FPI se škálou hodnocení pro tyto typy nohou: normální noha (hodnoty 0 až +4), pronovaná noha (+5 až +9) a výrazně pronovaná noha (+10 až +12), supinovaná noha (-1 až -4) a výrazně supinovaná noha (-5 až -12), (Redmond, Crane, & Menz, 2008; Redmond, Crosbie, & Ouvrier, 2006).

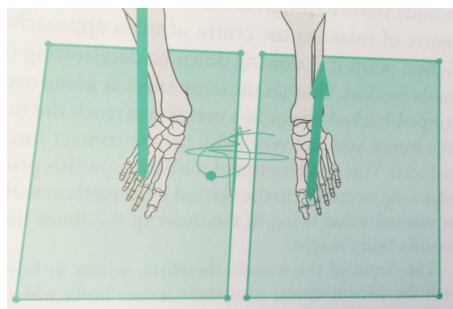
5.5.3 Výchyly COP ve stoji

Střed tlakového působení (centre of pressure, COP) je termín odvozený od středu silového působení (centre of force – COF), což souvisí s reakční silou, která působí na tělo jako výsledek klidového kontaktu těla s podložkou nebo během došlapu, odrazu či jiného kontaktu těla s podložkou. Během klidového stoje vektory síly pod každým chodidlem zůstávají v přesně stejné pozici a lze určit výslednice těchto vektorů, které se promítnutnou na podložce do středu opěrné báze (Obrázek 9). Avšak používání termínu střed působení tlaku může být zavádějící, ačkoliv je v odborné společnosti již zažit. Nejedná se o místo největšího tlakového působení, ale o reprezentaci průmětu výsledné vertikální složky reakční síly podložky s přesnou vymezenou pozicí v souřadnicovém systému. Jelikož stoj není statický, můžeme pomocí sledování COP výchylek usuzovat posturální stabilitu jedince. Výchyly COP se dějí jak v medio-laterálním směru tak i v antero-posteriorním (Richards, 2018).



Obrázek 9 Znárodnění vektorů reakční síly podložky, jejich výslednice a průmět COP do podložky (Richards, 2018)

Velikost pohybu výchylek COP během stoje se používá k hodnocení dynamické posturální stability u dospělých, dětí i seniorů, u sportovců, ortopedických onemocnění a úrazů, i neurologických onemocnění (Kyvelidou et al., 2017; Rhea, Kiefer, Haran, Glass, & Warren, 2014; Wolff et al., 1998; Yeh, Cinelli, Lyons, & Lee, 2015) K tomu se využívají Rombergovy testy stoje jako je například stoj o úzké bázi s otevřenýma a zavřenýma očima, nebo stoj na jedné noze a hodnotí se výchylky COP vyjádřené různými ukazateli, například celková dráha výchylek COP (total traveled way, TTW), (Obrázek 10) nebo velikost stranových výchylek delta x a předozadních výchylek delta y (Winter, 1995).

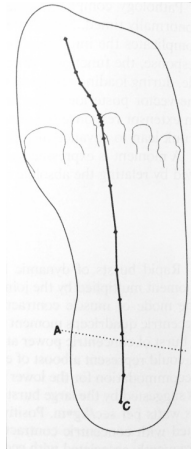


Obrázek 10 Grafické znázornění dráhy výchylek COP (Richards, 2018)

5.5.4 Trajektorie COP během chůze

Působíště výslednice reakční síly podložky neboli střed tlakového působení se během stojné fáze chůze promítá do oblasti plošky nohy opěrné dolní končetiny, přičemž se pozice průmětu tohoto bodu kontinuálně s časem mění (přes oblast paty při došlapu až k oblasti palce při odrazu). Spojením jednotlivých pozic COP během celé stojné fáze chůze vzniká trajektorie COP, nebo též linie chůze (z angl. Gait line), tzv. „Centre of pressure excursion“ (Obrázek 11). Normální vzorec trajektorie COP během chůze vypadá takto: při kontaktu nohy během došlapu zaujímá pozici mírně laterálně ke středové ose paty, pak pokračuje ve středové linii směrem k hlavičkám metatarsů, kde se stáčí mediálně, a během přípravy k odrazu se přesouvá k 1. nebo 2. prstci nohy (Levine, Richards, & Whittle, 2012; Perry & Burnfield, 2010; Richards, 2018). Normální průběh COP zaujímá pozici po dobu 23,7 % stojné fáze v oblasti paty, 28,7 % v oblasti středonoží a 47,5 % v oblasti předonoží (Jameson et al., 2008). Tento vzorec je ukazatelem dynamické funkce nohy (Lugade & Kaufman, 2014), kterou lze objektivně vyjádřit například pomocí „Centre of pressure excursion indexu“ (CPEI),

kdy se zjišťuje míra konkavity křivky průběhu COP v oblasti metatarzálních hlaviček, které je normalizováno pro šířku chodidla a vyjádřeno v procentech (Hillstrom et al., 2013; Song et al., 1996).



Obrázek 11 Trajektorie COP během chůze. *Longitudinální linie C* – dráha vypočítaných průměrných pozic COP; *horizontální linie A* – osa hlezenního kloubu (Perry & Burnfield, 2010)

6 INTERVENČNÍ PŘÍSTUPY

Intervenční přístupy závisí na typu poruchy nohy, její etiologii a prognóze. Terapeutické přístupy léčby poruch nohou se dělí na operační a konzervativní. Operační léčba je zvolena, pokud se jedná o závažné strukturální vady nejčastěji vrozené či získané při závažném onemocnění (např. neurologickém) nebo po úrazech a v případech, kdy konzervativní léčba selhala (Kaplan, Aiyer, Cerrato, Jeng, & Campbell, 2018; Laurá et al., 2018).

Konzervativní přístupy můžeme rozdělit do několika kategorií (Kodithuwakku et al., 2019; Ridge et al., 2019):

- pohybová léčba
- ortopedické, ortotické a pasivní pomůcky
- obuv
- životospráva

6.1 Pohybová léčba

Pohybová léčba, kinezioterapie, zahrnuje kinezioterapii, různé terapeutické metody a koncepty. Nejvíce používané metody u poruch nohy jsou cvičení krátkých svalů nohy, balanční trénink, metoda Spiral dynamic, cvičení ve vývojových řadách podle konceptu Dynamické neuromuskulární stabilizace dle prof. Koláře (DNS), (Kazmarová, 2014; Kolář, 2009; Král, 2016). V zahraniční literatuře je však evaluace efektu pohybové terapie velmi omezená, protože podle review studií terapeutických možností existuje omezené množství studií a jen několik z nich splňuje kritéria kvalitního validního výzkumu (MacKenzie et al., 2012). Jiné review uvádí 5 studií zabývajících se pohybovou léčbou a rehabilitací ploché nohy u dětí do 18 let a dodává, že zjistil převládající pozitivní efekt terapie na stupeň ploché nohy, ale v závislosti na délce trvání terapie a intenzitě provedení terapie (Dordević, Jorgić, & Stanojević, 2015).

V zahraniční literatuře všeobecně převládá pouze observační přístup v případech nebolestivé ploché nohy. U symptomatické ploché nohy (se současnou bolestí pohybového aparátu) je na prvním místě indikovaná léčba bolesti (klid, chlazení, medikamenty proti bolesti), až poté bývá na domácí léčbu doporučena jakási pohybová

lčba sestávající pouze z protahování Achillovy šlachy a lýtkových svalů, které byly v některých výzkumech prokázány jako účinná úleva od bolesti dolních končetin, ale evidence úspěšné pohybové terapie ploché nohy bohužel neexistuje. Lékaři přistupují k výběru ortopedické stélky, úpravy obuvi anebo vhodné operační léčby, která je v zahraniční literatuře bohatě zkoumaným přístupem k terapii různých forem poruch nohy včetně ploché nohy (Carr, Yang, & Lather, 2016; Halabchi et al., 2013; Mosca, 2010).

Nejvíce diskutovaným tématem je intervence ploché nohy u dětí, ačkoliv existuje názor, že se většina případů dětské ploché nohy s růstem a vyzráním skeletu spontánně upraví (Adamec, 2005). Podle doporučených lékařských postupů je doporučeno snížení hmotnosti, pohybová a manuální medicína, fyzikální léčba, používání pasivních podpůrných pomůcek (ortopedické stélky do bot) a vhodné obuvi, vyhýbání se dlouhému stání (Medek, 2003). Pro deformity přednoží je podle doporučených lékařských postupů doporučena konzervativní léčba pro nefixované deformity a léčba operativní pro fixované deformity (Matějčiek & Matějovský, 2002).

Cvičení krátkých svalů nohy

Cvičení na posílení krátkých svalů nohy, které mají vliv na funkci klenby nohy a jsou také součástí skupiny svalů zajišťujících posturální stabilitu (Unver, Erdem, & Akbas, 2019) obsahuje nespecifické techniky a specifické techniky. Z nespecifických technik aktivace krátkých svalů nohy se používá zvedání ručníku a jiných předmětů ze země pomocí prstů nohou nebo psaní či kreslení nohou. Tím se však nadměrně posiluje především m. flexor hallucis brevis a m. flexor digitorum longus, což může být nežádoucím podporováním vzniku flekčních deformit prstů nohy např. kladívkové prstů. Oproti tomu specifické cvičení krátkých svalů nohy jako „malá noha“ dle Greenmana, 3-bodová, resp. 4-bodová opora, abdukce palce a roztahování prstů do vějířku bylo v porovnání s cvikem zvedání ručníku nohou ze země prokazatelně ověřeno jako účinnější (Jung, Koh, & Kwon, 2011; Lynn, Padilla, & Tsang, 2012). Cvičení krátkých svalů nohy má prokazatelně významnější vliv na sílu svalu m. abductor hallucis, významného stabilizátoru mediální klenby nohy, v porovnání se samostatným použitím stélky do bot (Jung et al., 2011) a také na rozložení tlaků nohy na podložku (Mulligan & Cook, 2013) a úlevě od bolestí (Kodithuwakku et al., 2019).

Senzomotorické cvičení a balanční trénink

Senzomotorický trénink dle Jandy (Page, 2006) využívá pozici nohy „malá noha“ se zaměřením na senzorický input, facilitaci propriocepce a je součástí balančního tréninku, který je úspěšně používán ke zlepšení posturální stability a rovnovážných funkcí jak u zdravých jedinců, tak i po úrazech a využívá nejčastěji různé nestabilní povrchy, podložky a různé vizuální podmínky (otevřené oči vs. zavřené oči) . Avšak přesný protokol, který z mnoha balančních cvičení je nejúčinnější, dosud nebyl přesně určen. Uvádí se, že nejlepší výsledky zlepšení posturální kontroly byly zjištěny u cvičení tradičního balančního tréninku v porovnání se skupinou, která cvičila balanční trénink se zaměřením na přesnou pozici nohy dle Greenmana a se skupinou, která nepodstoupila žádnou intervenci (Rothermel, Hale, Hertel, & Denegar, 2004).

Cvičení dle vývojové kineziologie

Vývojová kineziologie vychází z neurofyziologických základů fungování lidského těla. Nabízí komplexní cvičení v pozicích, kterými během ontogenetického vývoje náš pohybový systém postupně prochází a zraje k dokonalejší funkci. Ukázalo se, že využití pozic z vývojové kineziologie přináší výborné terapeutické výsledky jak u běžné populace, tak i u sportovců (Vláčilová, 2016). z konceptů, které využívají vývojové kineziologie je to například koncept DNS dle Koláře (Frank, Kobesova, & Kolar, 2013; Kobesova & Kolar, 2014).

6.2 Ortopedické, ortotické a pasivní pomůcky

Ortopedické, ortotické a jiné pasivní pomůcky slouží k pasivní podpoře, úlevě od bolestí, úpravě balance a korekci poruch a deformit nohy (Kodithuwakku et al., 2019). Patří sem stélky do bot (Bonanno, Landorf, Munteanu, Murley, & Menz, 2017; Maharaj, Cresswell, & Lichtwark, 2018), různé ortézy (Michaud, 1993) a korektory. Běžně dostupné pomůcky jsou určeny spíše pro prevenci. V případě ortopedických vad jsou na předpis lékaře dle individuálního vyšetření zhotovovány ortopedické stélky či obuv na míru. Do této skupiny lze zařadit také kineziotaping, nebylo však prokázáno, že by kineziotaping v terapii poruch nohy měl signifikantní efekt (Luque-Suarez et al., 2014), a tak používání této metody zůstává kontroverzní.

6.3 Obuv

Obuv hraje významnou roli nejen v terapii poruch nohy ale především v prevenci jejich vzniku (A. E. Williams, 2018). Obuv by měla být co nejvíce v souladu s tvarem a postavením nohy a měla by splňovat několik požadavků: dostatečně veliká i široká, aby umožňovala normální pozici prstů i nohy, flexibilní, lehký a přírodní materiál, nadměrek 0,5 cm, a podpatek do 3 cm. V současné době se diskutuje trend minimalistické obuvi, tedy obuvi, která svou strukturou dává noze pouze ochranu před zevním poškozením, ale umožňuje jí vnímat povrch, po kterém kráčí. Tento koncept vychází z teorie přirozené chůze. Ukazuje se, že minimalistická obuv může být nápomocná v posílení krátkých stabilizačních svalů nohy, ale efekt nebyl prokázán (Ridge et al., 2019).

6.4 Životospráva

Životospráva a zdravý životní styl jsou nedílnou součástí péče nejen o nohy. Patří sem zdravá a vyvážená strava, neboť nadváha a obezita mají negativní vliv na morfologii i funkci nohy. Další možností je otužování nohou, dolních končetin i celého těla studenými koupelemi podle Priessnitze nebo Kneippa, které blahodárně působí na celkové zdraví a odolnost organismu. Ve spojení s chůzí po kamínkách (Kneippův chodníček) jde o ideální proceduru pro zlepšení propriocepce i kardiovaskulární funkce. Chůze na bosu má prokázaný příznivý vliv na aktivaci nohy a je přínosná také z hlediska vstupu senzorických informací (McKeon et al., 2015).

7 AKTUÁLNÍ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Noha je velmi komplexní jak svou strukturou tak i svou funkcí. Je znám vliv typu nohy na biomechanické parametry chůze: posturální stabilitu (Harrison & Littlewood, 2010b), rozložení tlaku nohy a kinetické a kinematické parametry chůze (Gill, Keimig, Kelty-Stephen, Hung, & DeSilva, 2016; Marencakova et al., 2016b). Pokud dojde k poruše postury či funkce nohy, skrze funkční vztahy segmentů dolních končetin a kinematické řetězce se porucha nohy může projevit vznikem patologií i na vyšších etážích pohybového aparátu (Kodithuwakku et al., 2019).

Základy nohy se vytváří již prenatálně. Klenba nohy se začíná dynamicky formovat s přechodem do stoje a chůze do věku 3-4 let dítěte, což pokračuje až do 10 let věku dítěte. Úplné dozrání funkce a skeletu nohy je odsazeno až s dospělostí (Onodera et al., 2008). Během této doby je dětská noha náchylná na působení vnějších i vnitřních faktorů ovlivňujících její posturu i funkci. Jednou z nejčastějších poruch postury nohy je plochá noha a pronovaná noha. Prevalence ploché nohy u školních dětí je v rozmezí 13,4-27,6 % (Shih et al., 2012) a pronované nohy okolo 13,9 % (Golightly et al., 2014).

Každá statická porucha nohy se projevuje následnou poruchou funkce nohy a je tak významným rizikovým faktorem vzniku patologií a zranění v oblasti nohy a dolních končetin na základě přetížení z porušené funkce nohy u běžné populace, ale také i ve sportu (Buldt et al., 2018; Kaufman et al., 1999; Neal et al., 2014; Sherman, 1999; Tong & Kong, 2013).

Ukazuje se, že jedním ze zevních rizikových faktorů pro vznik poruchy nohy je pohybová aktivita a její intenzita. V současné době převládají dva extrémy v přístupu pohybové aktivity u dětí. Na jedné straně je vyvíjen tlak na vrcholovou úroveň sportu a specializovaný trénink od útlého dětství a na druhé straně se pohybová aktivita u dětí snižuje s rozvojem sedavého životního stylu (Merkel, 2013).

Výrazná pohybová aktivita vyjádřená výraznou sportovní zátěží je typická zvýšenou únavou a přetížením pohybového aparátu (Dowling et al., 2015). Výzkum ukazuje, že únava vnitřních svalů nohy má vliv na posturu a funkci nohy, především na zvětšení rozsahu pronace nohy (Headlee et al., 2008).

Pohybová neaktivita školních dětí je vyjádřená sníženou pohybovou aktivitou, která celosvětově každoročně klesá o 1-2 %. V rámci ČR byl v letech 2002-2014

zaznamenán výrazný nárůst prevalence nadváhy a obezity a výrazný pokles pohybové aktivity mládeže (Sigmund et al., 2015), což je další rizikový faktor spojený se vznikem poruch v oblasti nohy, přičemž výzkum dokládá, že snížená svalová síla a pohybová výkonnost je v úzké spojitosti se strukturou nohy (Zhao, Tsujimoto, Kim, Katayama, & Tanaka, 2018).

Fotbal, jeden z nejoblíbenějších sportů u nás i ve světě, je spojen s vysokou prevalencí úrazů a deformit v oblasti dolní končetiny a nohy, přičemž muži mají větší riziko úrazu než ženy (Sims, Hardaker, & Queen, 2008). Z příčin vzniku úrazu u fotbalistů bylo hned za přímým kontaktem mezi hráči uvedeno zranění z přetížení, a dále také zvýšená laxicita vaziva (Nery, Raduan, & Baumfeld, 2016). Dalším z rizikových faktorů je funkční porucha nohy typu pronovaná noha, která u dospělých fotbalistů zvyšuje riziko vzniku úrazů dolních končetin a bolestí kolenních kloubů (Valderrabano et al., 2014; Dahle et al., 1991; Eils et al., 2004).

Existuje evidence, že dětská plochá noha se ve většině případů spontánně upraví s vyžíváním do dospělosti (Adamec, 2005). Avšak skutečný vliv pohybové aktivity ve smyslu výrazné pohybové zátěže a pohybové neaktivity na dětskou vyvíjející se nohu nebyl zjišťován. V zahraniční literatuře existuje velmi omezená evidence efektu pohybové terapie na poruchy nohy typu plochá noha nebo pronovaná noha. Převládá předepisování ortopedických stélek a indikace operační léčby. Chybí kvalitní výzkum ověření efektu neinvazivní pohybové léčby v česku i v zahraničí. V českých podmínkách je účinnost kinezioterapie ověřená bohatými klinickými zkušenostmi fyzioterapeutů a rehabilitačních lékařů.

8 FORMULACE VĚDECKÉHO PROBLÉMU

Na základě dostupných informací problematiky poruch nohy v souvislosti s pohybovou aktivitou a její intenzitou u školních dětí, je nutné identifikovat vliv výrazné sportovní zátěže a pohybové neaktivity na morfologii a funkci nohy u dětí. Je nutné ověřit, zda je některá z těchto skupin dětí (sportující a nespportující děti) ohrožena více než ta druhá a jaká je skutečná prevalence poruch nohy v rámci těchto specifických skupin dětí. Jaký dopad má na morfologii a funkci nohy dlouhodobá sportovní zátěž a zda během fáze dospívání poruchy nohou ustupují s vyzráním funkcí pohybového aparátu i pod vlivem výrazné zátěže. Pokud má výrazná pohybová aktivita z dlouhodobého hlediska negativní vliv na vznik poruch nohy, je třeba zjistit, jaké jsou možnosti neinvazivního ovlivnění poruchy nohy u aktivně sportujících dětí pomocí pohybové terapie.

Výše uvedený vědecký problém bylo nutno pro řešení rozdělit na dílčí části, pro které bylo nezbytné specifikovat dílčí vědecké otázky, hypotézy a dílčí konkrétní cíle. Po analýze vstupních dat z pilotních studií vyplynulo rozdělení na tři dílčí studie postihující celou komplexní oblast poruch nohy v souvislosti s pohybovou aktivitou.

- **Studie 1** Rozdíly funkčních charakteristik nohy mezi sportujícími dětmi a nespportujícími dětmi
- **Studie 2** Působení dlouhodobé zátěže na funkční charakteristiky nohy
- **Studie 3** Efekt cílené intervence na funkční charakteristiky nohy

Vědecká otázka 1

Existují rozdíly ve funkčních parametrech nohy pro dvě specifické skupiny vybrané z populace školních dětí na základě působení vnějšího rizikového faktoru – intenzity pohybové aktivity: skupina a) výrazná pohybová aktivita – sportující děti, a skupina b) pohybová neaktivita – nespportující děti?

Vědecká otázka 2

Jaký vliv má dlouhodobá výrazná pohybová zátěž na vybrané funkční charakteristiky nohy v populaci sportujících dětí během fáze dospívání? Může být dlouhodobá výrazná pohybová zátěž rizikovým faktorem vzniku poruchy nohy u dětí

i v tomto téměř dospělém věku nebo s přechodem do dospělosti riziko vzniku a rozvoje poruch nohy u těchto dětí přirozeně klesá?

Vědecká otázka 3

Můžeme pomocí cílené pohybové intervence založené na neurofyziologickém podkladě ovlivnit funkční poruchy nohy ve smyslu zmírnění jejich závažnosti a zastavení jejich rozvoje u aktivně sportujících školních dětí? Nebo naopak další pohybová zátěž, i když terapeuticky cílená a komplexní, ještě více nohu a pohybový systém zatíží nebo dokonce přetíží a dojde ke zhoršení funkční poruchy nohy a bude pak nasnadě uvažovat o použití pasivních terapeutických přístupů?

9 CÍL, HYPOTÉZY A ÚKOLY VÝZKUMU

Cíl výzkumu

Cílem výzkumu bylo identifikovat vybrané funkční charakteristiky nohy u školních dětí vybraných na základě působení pohybové aktivity v nejvyšší intenzitě (sportující děti) a v nejnižší intenzitě (nesportující děti) a možnosti ovlivnění funkčních charakteristik nohy cílenou neurofyziologickou intervencí.

Studie 1: Rozdíly funkčních charakteristik nohy mezi sportujícími dětmi a nespportujícími dětmi

Cílem studie 1 bylo identifikovat skupinově specifické rozdíly v morfologii a funkci nohy pomocí vybraných charakteristik nohy mezi organizovaně sportujícími a nespportujícími dětmi.

Studie 2: Působení dlouhodobé zátěže na funkční charakteristiky nohy

Cílem studie 2 bylo identifikovat vliv dlouhodobé pohybové zátěže na morfologii a funkci nohy pomocí vybraných charakteristik nohy u organizovaně sportujících dětí.

Studie 3: Efekt cílené intervence na funkční charakteristiky nohy

Cílem studie 3 bylo identifikovat vliv cílené intervence na morfologii a funkci nohy pomocí vybraných charakteristik nohy u organizovaně sportujících dětí.

Hypotézy výzkumu

Hypotéza 1 zjišťovala skupinové rozdíly ve vybraných funkčních charakteristikách nohy u sportujících a nespportujících dětí.

H1: Existují signifikantní skupinově specifické rozdíly ($p < 0,05$, $d > 0,50$, $\eta_p^2 \geq 0,06$) alespoň ve dvou parametrech z vybraných funkčních charakteristik nohy pro skupinu organizovaně sportujících a pro skupinu nespportujících dětí školního věku:

- četnost výskytu pronované a výrazně pronované nohy podle Foot posture indexu (FPI),
- četnost výskytu ploché nohy a jejich podskupin podle Chippaux-Šmiřák indexu (CSI),

- hodnota celkové dráhy výchylek (total traveled way, TTW) středu tlakového působení (COP),
- funkce nohy během chůze podle Centre of pressure excursion indexu (CPEI).

Hypotéza 2 zkoumala vliv dlouhodobé zátěže na vybrané charakteristiky nohy u sportujících dětí v období dospívání.

H2: Pomocí vybraných funkčních charakteristik nohy lze identifikovat signifikantní ($p < 0,05$, $\eta_p^2 > 0,06$) negativní vliv dlouhodobé zátěže trvající alespoň 3 roky alespoň v jednom parametru nohy u organizovaně sportujících školních dětí – elitních fotbalistů kategorie U15-U18 s poruchou nohy typu pronovaná noha a/nebo plochá noha:

- zvýší se průměrná hodnota CSI minimálně o 2%,
- zvýší se průměrná hodnota TTW minimálně o 200 mm.

Hypotéza 3 ověřovala efekt cílené pohybové intervence na funkční charakteristiky nohy u sportujících dětí.

H3: Cílená pohybová intervence signifikantně ($p < 0,05$, $d > 0,50$) pozitivně ovlivní minimálně dva parametry z vybraných funkčních charakteristik nohy u chlapců organizovaně hrajících fotbal ve věku 9-10 let s poruchou nohy typu pronovaná a/nebo plochá noha:

- sníží se průměrná hodnota FPI alespoň o 1 jednotku,
- sníží se průměrná hodnota CSI alespoň o 2 %,
- sníží se průměrná hodnota TTW alespoň o 200 mm,
- zvýší se průměrná hodnota CPEI alespoň o 5 (%).

Úkoly výzkumu:

- Systematická rešerše současných poznatků.
- Stanovení vědeckého problému, cíle a hypotéz.
- Výběr výzkumného vzorku.
- Organizace výzkumného měření.
- Sběr výzkumných dat.
- Zpracování a analýza výzkumných dat.
- Interpretace a diskuze výsledků výzkumu.
- Stanovení závěrů výzkumu.

10 METODIKA VÝZKUMU

Tato teoreticko-empirická práce představuje kvantitativně-kvalitativní typ výzkumu, který je členěn na tři samostatné výzkumné studie s využitím metody průřezové studie (Studie 1), prospektivní longitudinální studie (Studie 2) a kvazi-experimentu (Studie 3). Každá studie získala souhlas Etické komise UK FTVS (Příloha 1-3) a každý účastník výzkumu či jeho zákonný zástupce byl informován o cíli, metodách a průběhu měření a všech jeho rizicích, jakožto o způsobu anonymního zpracování, uchování a využití získaných dat k publikační a vědecko-pedagogické činnosti, a v neposlední řadě také o dobrovolné účasti ve výzkumu a možnosti z výzkumu kdykoli bez udání důvodu vystoupit. Všichni účastníci či jejich zákonní zástupci podepsali informovaný souhlas (Příloha 4).

10.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor Studie 1

Sledovanou skupinou byly školní děti ve věku 9-15 let. Výzkumný soubor tvořilo 168 dětí z 2 pražských základních škol. Bylo změřeno 141 dětí, z nichž celkem 91 dětí (72 chlapců, tělesná výška $158,3 \pm 17,7$ cm, tělesná hmotnost $50,2 \pm 17,5$ kg, věk $12,4 \pm 2,3$ let, velikost nohy $6,8 \pm 2,7$ UK, a 19 dívek, tělesná výška $157,9 \pm 8,0$ cm, tělesná hmotnost $51,6 \pm 12,7$ kg, věk $12,9 \pm 1,7$ roků, velikost nohy $5,3 \pm 1,2$ UK) bylo vybráno na základě intenzity prováděné pohybové aktivity a absolvovalo kompletně všechna výzkumná měření. Byly vybrány děti s výraznou pohybovou aktivitou a děti pohybově neaktivní. Výrazná pohybová aktivita byla definovaná jako sportovní zátěž při organizovaném sportu jednoho druhu s minimální intenzitou provozování 2 x týdně. Pohybová neaktivita byla definovaná jako neprovozování organizovaného sportu jednoho druhu, ani jiné pravidelné sportovní aktivity v intenzitě 2x týdně. Vyřazeny byly děti s akutním onemocněním, akutním bolestivým stavem, úrazem či operací na dolních končetinách, pánvi a páteři a výraznou obezitou.

Výzkumný soubor Studie 2

Sledovanou skupinu Studie 2 tvořili elitní fotbalisti mužského pohlaví mládežnických kategorií věkového rozmezí 15-18 let. Vybraný výzkumný soubor

sestával ze 75 elitních fotbalistů kategorie U15-U18 tří fotbalových týmů. V prvním sledovaném roce se výzkumu zúčastnilo 62 hráčů. Ve druhém roce se na měření dostavilo o 13 hráčů méně ($n = 49$) a během třetího roku se na měření dostavilo o dalších 14 hráčů méně ($n = 35$). Celkem 35 elitních hráčů fotbalu (tělesná výška $174,62 \pm 5,71$ cm, tělesná hmotnost $64,11 \pm 6,16$ kg, věk $15,49 \pm 0,61$ roku, velikost nohy $8,63 \pm 1,03$ UK) splnilo vstupní podmínky výzkumu a absolvovalo všechna pravidelná výzkumná měření ve 3 po sobě jdoucích letech. Vstupní podmínky zahrnovaly nepřítomnost akutní bolesti, úrazu nebo prodělání operace dolních končetin, pánve a páteře během posledních šesti měsíců a to před začátkem 3letého výzkumného sledování nebo kdykoli v jeho průběhu.

Výzkumný soubor Studie 3

Sledovanou skupinou Studie 3 byli chlapci ve věku 9-10 let, organizovaně hrající fotbal minimálně jeden rok s tréninky alespoň 2x týdně. Vybraný výzkumný soubor sestával ze 75 chlapců 2 pražských fotbalových klubů. Na první měření se dostavilo 54 hráčů. Z nich byli vybráni chlapci s přítomnou funkční poruchou nohy typu pronovaná noha nebo plochá noha ($n = 37$). Z toho 25 chlapců splnilo vstupní podmínky: nepřítomnost akutní bolesti, úrazu, vrozených vad nebo prodělání operace dolních končetin, pánve a páteře během posledních 6 měsíců, nepřítomnost neurologického, psychiatrického či jiného onemocnění, které by mohlo ovlivnit efekt pohybové intervence. Celkem 14 chlapců (tělesná výška $139,0 \pm 8,9$ cm, tělesná hmotnost $31,5 \pm 4,8$, věk $9,3 \pm 0,6$ let, velikost nohy $3,5 \pm 1,0$ UK) absolvovalo celý výzkum (vstupní měření, intervenci a výstupní měření).

10.2 Výzkumné metody

Ve výzkumu byla použita kombinace klinických diagnostických metod a přístrojových laboratorních diagnostických metod.

Klinické metody

Vstupní dotazník a zdravotní anamnéza sloužily k odebrání základních osobních informací jako je kalendářní věk, tělesná hmotnost a tělesná výška, velikost nohy a trvání provozování sportovní aktivity. Dále ke zjištění informací o současném

i předchozím zdravotním stavu probanda s přihlédnutím k jeho relevantní rodinné anamnéze (Příloha 5).

Zkrácený kineziologický rozbor sestával ze standardního fyzioterapeutického vyšetření nohy a segmentů dolních končetin, pánve a páteře a relevantních funkčních či specifických testů pro zjištění a následné vyloučení patologických stavů, které mohou ovlivnit výsledky měření a intervence jako je rozdílná délka končetin, skolióza páteře a anteverze či retroverze krčku femuru (Gross et al., 2005; Maršáková & Pavlů, 2012; Véle, 2006). K vyšetření byly použity olovnice, goniometr, podoskop a krejčovský metr.

Přístrojové laboratorní metody

Statická pedobarografie a dynamická pedobarografie je validizovaná a reliabilní metoda k měření posturální stability a rozložení tlaku nohy v kontaktu s podložkou (Milford et al., 2016; Xu, Wen, Huang, Shang, Yang, et al., 2017; Xu, Wen, Huang, Shang, Cheng, et al., 2017). V této studii byla použita k získání digitálních tlakových otisků nohy a vyšetření posturální stability během stoje na jedné dolní končetině a průběhu středu tlakového působení (COPE) nohy na podložku během chůze. Měření bylo zajištěno pomocí reliabilních a validizovaných tenzometrických desek RS Footscan® (RSscan International, Belgium). Pro statická měření ve stoji byl použit software Footscan® Balance 7.6 a deska o rozměrech 58x42x1,2 cm se 4096 senzory s použitou snímkovací frekvencí 10 Hz. Pro dynamická měření chůze byl použit software Footscan® Gait 7.7 o rozměrech 107x42x1,2 cm, s 8192 senzory o velikosti 0,5x0,7 cm a snímkovací frekvencí 253 Hz.

Sledované parametry

Total traveled way (TTW) je celková dráha výchylek středu tlakového působení těla na podložku (COP) v mm měřená po dobu 60 s ve stoji na jedné dolní končetině tak, že druhostranná končetina je ohnutá v 90° flexi v kolenním kloubu a v neutrálním postavení v kloubu kyčelním. TTW parametr slouží k hodnocení úrovně posturální stability jedince (Kapteyn et al., 1983).

COP excursion (COPE) je průběh středu tlakového působení při odvalování chodidla během chůze, který je graficky znázorněn jako linie spojující jednotlivé momentální pozice COP v chodidle při kontaktu s podložkou v průběhu kroku. Linie

COPe je softwarem automaticky znázorněna na snímku digitálního tlakového otisku nohy ve fázi středního stoje během chůze. COPe je základním ukazatelem dynamické funkce nohy a slouží k její objektivizaci pomocí indexů například Centre of pressure excursion index (CPEI), (Diaz et al., 2018; Song et al., 1996).

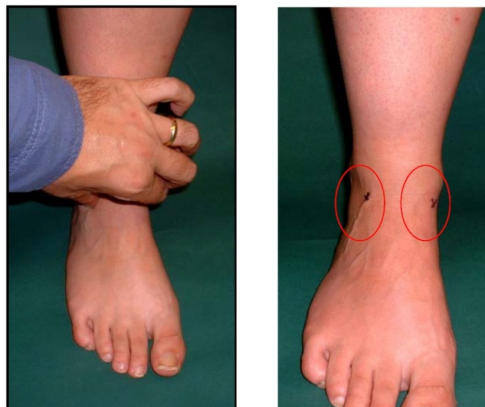
Typologie nohy

Hodnocení postury a funkce nohy ve stoji:

Foot posture index (FPI) – Index klinického vyšetření typu nohy dle validizovaného 6 položkového (6-FPI) protokolu s ověřenou reliabilitou i pro dětskou populaci a adolescenty (Evans et al., 2012; Martínez-Nova et al., 2018; Morrison & Ferrari, 2009). Každá položka vyšetření má bodové hodnocení (kladné hodnoty a záporné hodnoty) a jejich součtem se vypočítá celková hodnota FPI (bez jednotek) se škálou hodnocení pro tyto typy nohou: normální noha (hodnoty 0 až +4), pronovaná noha (+5 až +9) a výrazně pronovaná noha (+10 až +12), supinovaná noha (-1 až -4) a výrazně supinovaná noha (-5 až -12). Protokol 6-FPI se skládá z palpance hlavice talu a hodnocení zakřivení nad a pod zevním kotníkem, pozice kalkaneu ve frontální rovině, prominence v oblasti talonavikulárního skloubení, kongruence podélné mediální klenby nohy a abdukce a addukce předonoží vůči zánoží:

I. **Palpace hlavice talu** (Obrázek 14):

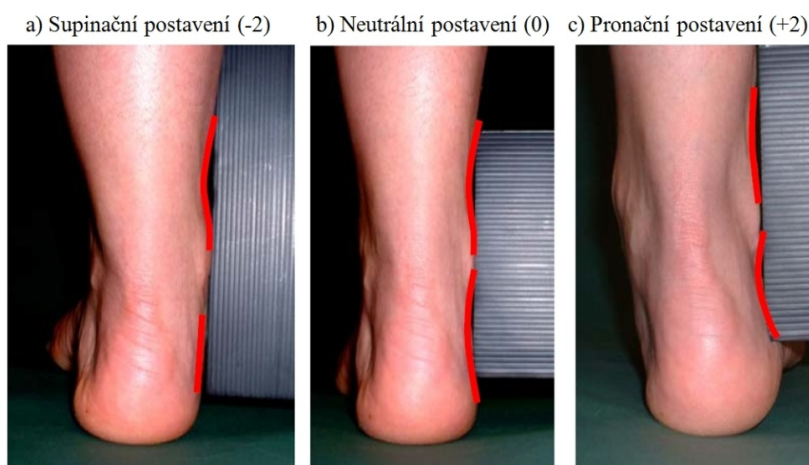
- -2 hlavice palpovatelná pouze na zevní straně nohy
- -1 hlavice palpovatelná na zevní straně nohy, mírně i na vnitřní
- 0 hlavice palpovatelná stejně z vnitřní i ze zevní strany nohy
- +1 hlavice palpovatelná na vnitřní straně nohy a mírně na zevní
- +2 hlavice palpovatelná pouze na vnitřní straně nohy



Obrázek 14 Palpace hlavice talu dle 6-FPI (Redmont, 2005)

II. Zakřivení nad a pod zevním kotníkem (Obrázek 15):

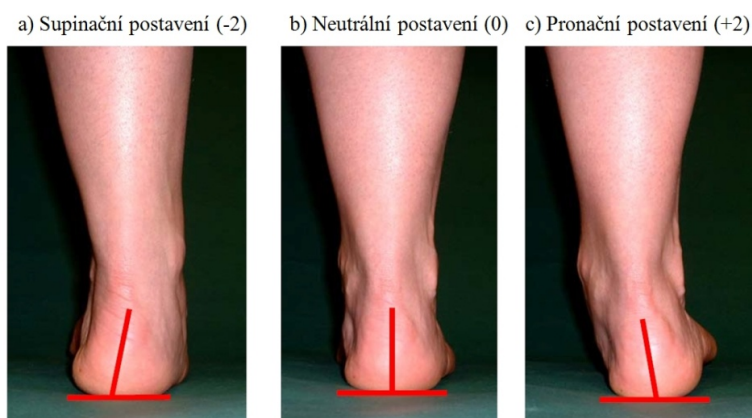
- -2 zakřivení pod kotníkem je buď rovné nebo konvexní
- -1 zakřivení pod kotníkem je méně konkávní než nad kotníkem
- 0 zakřivení pod a nad kotníkem je shodného tvaru
- +1 zakřivení pod kotníkem je více konkávní než nad kotníkem
- +2 zakřivení pod kotníkem je výrazně konkávní než nad kotníkem



Obrázek 15 Hodnocení křivek nad a pod zevním kotníkem dle 6-FPI (Redmont, 2005)

III. Pozice kalkaneu ve frontální rovině (Obrázek 16):

- -2 kalkaneus ve varózním postavení (více než 5°)
- -1 kalkaneus ve varózním postavení (do 5°)
- 0 kalkaneus v neutrálním postavení
- +1 kalkaneus ve valgózním postavení (do 5°)
- +2 kalkaneus ve valgózním postavení (více než 5°)

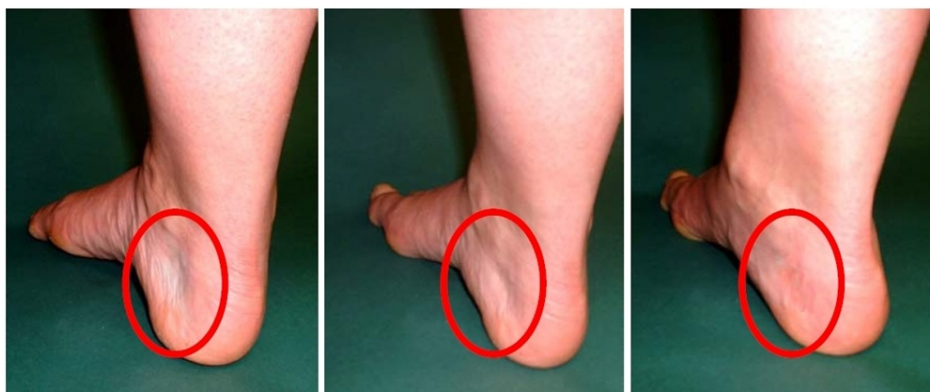


Obrázek 16 Hodnocení postavení kalkaneu ve frontální rovině dle 6-FPI (Redmont, 2005)

IV. **Prominence v oblasti talonaviculárního skloubení (TNS), (Obrázek 17):**

- -2 oblast TNS jednoznačně konkávní
- -1 oblast TNS mírně konkávní
- 0 oblast TNS rovná
- +1 oblast TNS mírně konvexní
- +2 oblast TNS jednoznačně konvexní

a) Supinační postavení (-2) b) Neutrální postavení (0) c) Pronační postavení (+2)



Obrázek 17 Hodnocení oblasti talonaviculárního skloubení dle 6-FPI (Redmont, 2005)

V. **Kongruence podélné mediální klenby nohy (Obrázek 18):**

- -2 oblouk klenby je ostře zalomený v zadní části klenby
- -1 oblouk klenby je mírně zalomený v zadní části klenby
- 0 oblouk klenby je koncentricky rovnoměrně klenutý
- +1 oblouk klenby je snížen s mírným oploštěním střední části
- +2 oblouk klenby je výrazně oploštěn a kontaktuje podložku

a) Supinační postavení (-2) b) Neutrální postavení (0) c) Pronační postavení (+2)

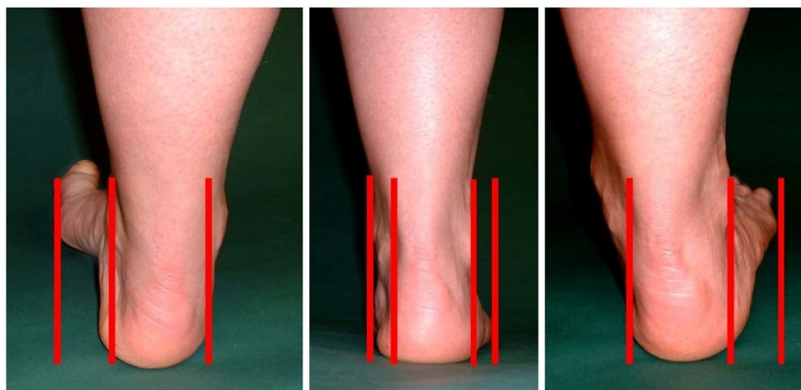


Obrázek 18 Hodnocení podélné mediální klenby nohy dle 6-FPI (Redmont, 2005)

VI. Abdukce a addukce předonoží vůči zánoží (Obrázek 19):

- -2 žádné prsty nejsou viditelné na zevní straně nohy
- -1 mediální prstce jsou více viditelné než laterální
- 0 mediální a laterální prstce jsou shodně viditelné na obou stranách nohy
- +1 laterální prstce jsou více viditelné než mediální prstce
- +2 žádné prstce nejsou viditelné na vnitřní straně nohy

a) Supinační postavení (-2) b) Neutrální postavení (0) c) Pronační postavení (+2)



Obrázek 19 Hodnocení abdukce a addukce předonoží vůči zánoží 6-FPI (Redmont, 2005)

Po zaznamenání hodnot 6 zmíněných kritérií do záznamového archu se hodnoty sečtou a výsledné číslo (v rozmezí -12 až +12) se hodnotí podle předepsaného skóre pro každou nohu zvlášť:

- -12 až -5 výrazně supinovaná noha
- -4 až -1 supinovaná noha
- 0 až +4 normální noha
- +5 až +9 pronovaná noha
- +10 až +12 výrazně pronovaná noha.

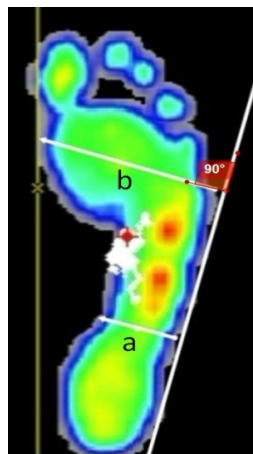
Chipaux-Šmirák index (CSI) je index typu postury nohy, který je vypočítán ze statického otisku nohy – plantogramu získaného během stoje. Jedná se o validizovanou metodu jednak pro dospělou populaci, ale také pro dětskou populaci, ať už děti nesportující (Banwell et al., 2018) nebo děti sportující, a dokonce přímo i pro fotbalisty dětských kategorií (López, Alburquerque, Santos, Sánchez, & Domínguez, 2005). V této studii jsme použili digitální tlakový otisk nohy ve stoji na jedné noze s otevřenými

očima snímaného pomocí pedobarografické desky pro statická měření. Metoda použití tlakových digitálních otisků byla ověřena jako reliabilní a validní pro kalkulaci CSI (Zuil-Escobar et al., 2016). Index CSI představuje procentuální vyjádření poměru nejvyššího místa středonoží a nejširšího místa předonoží, která jsou měřena kolmo na postranní vnější tečnu (Obrázek 12). Základní klasifikace dle Chippaux a Šmiřáka rozlišuje nohu normální 0-45 %, mírně plochou 45,1-50 %, středně plochou 50,1-60 % a výrazně plochou 60,1-100 % (Banwell et al., 2018; Onodera et al., 2008). Klasifikace dle Jaworského a Pucha pak dále rozděluje skupinu normální noha (0-0,45 %) na podtypy: vysoká noha 0-0,1 %, normální noha 0,1-29,9 %, přechodný typ 0,30-0,39 %, snížená klenba 0,40-0,45 % a plochá noha 0,45,1 % a více (Nikolaidou & Boudolos, 2006). V této studii byla použita kombinace obou klasifikací.

$$\text{CSI [\%]} = (a/b) * 100$$

a – nejvyšší místo středonoží v plantogramu (mm)

b – nejširší místo předonoží v plantogramu (mm)



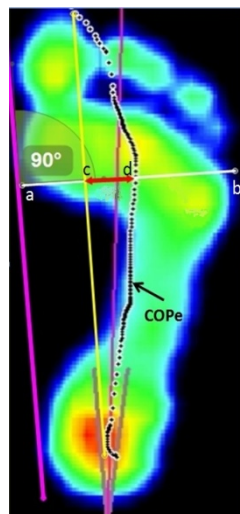
Obrázek 12 Grafické znázornění výpočtu CSI. Linie *a* je nejvyšší místo středonoží a linie *b* je nejširší místo předonoží (zdroj vlastní)

Hodnocení dynamické funkce nohy během chůze

Centre of pressure excursion index (CPEI) je spočítán z tlakového snímku dynamického pedobarografického vyšetření odvalu nohy během chůze, na kterém je graficky znázorněna linie COPe. Index představuje procentuální poměr (viz vzorec

níže) mezi vzdáleností průběhu COPe od spojnice počátku a konce průběhu COPe (cd vzdálenost v cm) a je standardizován k šířce nohy (ab vzdálenost v cm) měřené ve spodní třetině předonoží kolmo k mediální tečně nohy (Obrázek 13). CPEI je validizovaná a reliabilní metoda hodnocení dynamické funkce nohy při chůzi a určuje míru pronace nohy během chůze, přičemž nižší hodnoty ukazují na mediální posun a konkavitu trajektorie COP, tedy na výraznou pronaci až hyperpronaci u ploché nohy a pronované nohy, a vyšší hodnoty ukazují na laterální posun trajektorie COP a zvýraznění supinační funkce nohy (Hillstrom et al., 2013; Song et al., 1996). Používá se také k hodnocení efektu intervence (Diaz et al., 2018). Jelikož v literatuře neexistuje objektivní klasifikační škála, pro účely tohoto výzkumu a analýzy byla získaná data CPEI na podkladě expertního posouzení rozdělena na třetiny: dolní třetina výsledků (CPEI 10-24,9 %) odpovídala pronační funkci nohy, střední třetina (CPEI 25-34,9 %) normální funkci nohy a horní třetina (CPEI nad 35 %) supinační funkci nohy.

$$\text{CPEI [\%]} = (\text{cd}/\text{ab}) * 100$$



Obrázek 13 Grafické znázornění výpočtu CPEI. *COPe* – linie průběhu COP během chůze, *ab* – šíře nohy, *cd* – rozpětí COPe (zdroj vlastní)

10.3 Intervenční metody

Sestavená intervence použitá v této vědecké studii byla inspirována ověřenými terapeutickými metodami a koncepty, které se opírají o neurofyziologické základy, principy senzomotorického učení a vývojovou kineziologii, jako je Dynamická

neuromuskulární stabilizace (Frank et al., 2013; Kobesova & Kolar, 2014; Kolář, 2009), senzomotorická stimulace dle Jandy (Janda & Vávrová, 1992), konceptu fyzioterapie funkce (Lewitová, 2016) a principy využití balančních pomůcek. Tyto metody byly použity a ověřeny jako účinné v rámci výzkumné intervenční studie dětské ploché nohy u dětí ve věku 4-7 let (Kinclová, 2016). V rámci našeho výzkumu byl kladen důraz na komplexnost a cílenost intervence, individuální přístup, zapojení vědomého uvědomění si pohybu a na kvalitu držení těla a kvalitu provedení.

Vlastní cílená intervence byla nastavena jako individuální 45minutová fyzioterapie vedena jedním totožným akreditovaným fyzioterapeutem, a to 2x týdně v délce 4 týdnů, které byly shledány jako minimální dostatečná doba efektu terapie (Rothermel et al., 2004). Každý sledovaný chlapec absolvoval 8 individuálních terapií. Chlapec byl vyřazen z výzkumu, pokud vynechal jednu terapii nebo nebyl schopen následovat instrukce fyzioterapeuta, který terapeutickou lekci vedl. Lekce byla koncipována individuálně tak, aby chlapec nejprve zvládl dané pohybové prvky správně v jednodušším provedení s postupnou progresí ke ztíženému provedení. Jednotlivé dílčí cviky byly pro všechny intervenované chlapce stejné a byly cvičeny vždy ve stejném pořadí, jak jsou uvedeny níže (viz Postup intervence). Individualizovala se pouze intenzita provedení cviků s hlavním důrazem na kvalitní a správné provedení.

Intervence obsahovala přípravnou fázi a 4 bloky cvičení. Přípravná fáze probíhala formou exteroceptivní stimulace plosky nohy (Lewitová, 2016), po které následovalo vlastní cvičení. Intervence sestávala ze 4 bloků cvičení: I) cvičení na zvýšení svalové síly krátkých svalů a zlepšení koordinace prstů nohy, II) nácvik centrovaného postavení nohy, hlezenního, kolenního a kyčelního kloubu, III) cvičení ve vývojových pozicích, a IV) nácvik nášlapu a odvalování chodidla.

10.3.1 Popis průběhu intervence

Přípravná fáze

Exteroceptivní facilitace chodidla - 20 x každá noha, pozice vsedě, obousměrné tření plosky nohy oběma směry (střídavě hřbetem prstů a dlaňovou stranou prstů ruky), (Obrázek 20).



Obrázek 20 Exteroceptivní facilitace nohy (zdroj vlastní)

I. Cvičení na zvýšení svalové síly krátkých svalů nohy a zlepšení koordinace pohybu prstů (pozice vsedě, centrované postavení segmentů DKK):

- i. 15x „aktivní hrabání“ – prsty rytmicky a střední rychlostí hrabou do plantární flexe, do tzv. pěstičky nohy.
- ii. 10x střídavě rytmicky zvednout palec (s prstci na podložce) a vystřídat se zvednutím prstů (s palcem na podložce), (Obrázek 21).



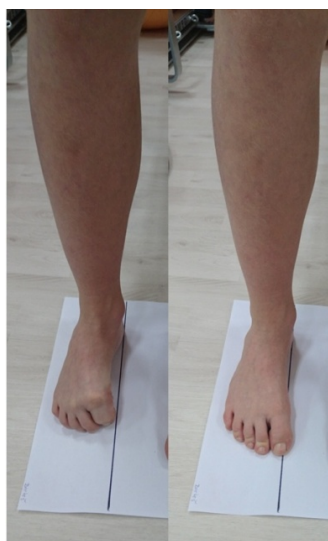
Obrázek 21 Střídavé zvedání palce a prstů nohy (zdroj vlastní)

- iii. 10x abdukce/addukce prstců – rytmicky střídavě roztáhnout prstce od sebe a opět k sobě.
- iv. 10x izolovaná abdukce palce – palec do strany a zpátky k prstcům (bez souhybu prstců).
- v. 15x „odrazová funkce prstů“ – ve stoji, dolní končetiny v nároku (jedna DK nakročena vpředu před druhou DK), prstce zadní nohy aktivně silou zaberou do plantární flexe a tím odrazí dynamicky celou nohu vpřed (pracují primárně svaly prstců, stehenní svaly jsou co nejvíce relaxované).

II. Návnik centrovaného postavení nohy, hlezenního, kolenního a kyčelního kloubu v ose dolní končetiny (každý cvik provést také pro druhostrannou DK):

Vsedě:

- i. 5x „4 body opory“ – „přilepit“ patu (2 body), palcový a malíkový MP kloub, centrovat kotník a koleno v ose DK, udržet 5 s (pomůcka: dvě čtvrtky měkkého papíru položit pod I. a pod V. MP kloub, chlapec musí udržet papírek kontaktem MP kloubů, aby mu je terapeut během aktivity nevytáhl).
- ii. 10x „dlouhý palec po čáře“ – palec nejprve ohnout do plantární flexe a poté narovnávat sunutím po čáře nakreslené na archu papíru tak, že směr čáry faciliteuje směr do dorsální flexe a abdukce (Obrázek 22).



Obrázek 22 Provedení cviku „dlouhý palec po čáře“ (zdroj vlastní)

- iii. 5x „velká noha“ – prstci položenými na podložce co nejvíce nohu natáhnout (bez zvedání prstců) do centrovaného postavení kloubů prstců v ose metatarsů (Obrázek 23).



Obrázek 23 Centrovaná pozice nohy a provedení cviku dlouhá noha (zdroj vlastní)

Vestoje:

- iv. 5x „4 body opory“ – „přilepit“ patu (2 body), palcový a malíkový MP kloub, centrovat kotník z pronace do neutrálního postavení, koleno v ose DKK, udržet 5 s.
- v. 5x „4 body opory“ – výchozí pozice viz 4. cvik, přenést váhu na 1 DK a udržet správné postavení 5 s (vzpřímený postoj celého těla, pánev v rovině, osa DK zachována), vrátit zpět a vystřídat na druhostrannou DK.

III. Cvičení ve vývojových pozicích (pauza 10 s mezi opakováním cviku, cvik provézt také pro druhostrannou DK):

- i. 5x „medvěd“ – z pozice vkleče na 4 (rovná páteř, ramena od uší, napřímená krční páteř) zvednout pánev nahoru aniž by se pozice segmentů trupu, hlavy a pánve změnila, kolena ve flexi, správná osa DKK, vydržet 10 s (nebo 5 s se zvednutou horní končetinou (HK), případně kontralaterální HK a DK zvednout zároveň), (Obrázek 24).



Obrázek 24 Cvičení v pozici „medvěd“ (zdroj vlastní)

- ii. 5x „tripod“ – z pozice vkleče na 4, přednožit 1 DK a položit chodidlem zevně vedle stejnostranné dlaně, stejnostrannou HK poté zvednout do cca 120° flexe v ramenním kloubu, ramena drží od uší, hlava se vytahuje do dálky v prodloužení páteře, centrace kloubů DKK, „4 body opory“ opěrné nohy, terapeut může dávat aproximací do kořene dlaně lehký odpor ve směru dlouhé osy HK, nebo jemnou aproximací do temene hlavy, čímž facilituje napřímění celé páteře, vydržet 10 s (Obrázek 25).



Obrázek 25 Cvičení v pozici „tripod“ (zdroj vlastní)

- iii. 5x „vysoký klek“ – z kleku na 2 DKK nakročit 1 DK do flexe 90 ° ve všech kloubech, centrace kloubů obou DKK, „4 body opory“ opěrné nohy, ruce volně podél těla nebo v bok, dýchat do spodního břicha a beder, přenést váhu

těla nad střed přední DK a zvednout se plynule, šikmo, dopředu, nahoru asi 10 cm nad podložku, vydržet 10 s, nezadržovat dech (Obrázek 26).



Obrázek 26 Cvičení v pozici „vysoký klek“ (zdroj vlastní)

- iv. 5x „balanční vysoký klek“ – nastavení viz předchozí pozice + pod přední chodilo a zadní špičku umístit balanční Senzo podložky (malé kulaté čočky), plynule se nadzvednout 10 cm nad podložku, vydržet 10 s a vrátit zpět (Obrázek 27).



Obrázek 27 Balanční cvičení v pozici „vysoký klek“ (zdroj vlastní)

- v. 5x „dřep (squat)“ – široký stoj, plynule pomalu provést hluboký dřep v centrovaném postavení kloubů a v ose DKK.

- vi. 5x „balanční polo-dřep (half-squat)“ – na balanční podložce „Dynair“ (kulatá čochka), (Obrázek 28).



Obrázek 28 Cvičení v pozici polo-dřep (zdroj vlastní)

IV. Nácvik nášlapu a odvalování chodidla:

„Lví chůze/chůze po čerstvém sněhu“ – Modifikovaná chůze s mírně pokrčenými koleny, důraz na plynulost a tichost došlapu, stejnou rychlost a plynulost pohybu těla vpřed s cílem omezit zrychlení a zpomalení chůze, důraz na pomalé, uvědomělé a plynulé odvalení chodidla přes patu, malíkovou hranu, palcový MP kloub a palec.

10.4 Organizace výzkumu

Postup měření Studie 1

Laboratorní měření probíhalo ve školním roce od jara po začátek letních prázdnin a na podzim pro vyloučení vlivu robustní zimní obuvi a omezení volného pohybu nohy.

Měření bylo zahájeno sběrem základních informací vyplněním **vstupního dotazníku a anamnézy**. Následovalo klinické vyšetření nohy dle šesti-položkového protokolu **Foot posture index (6-FPI)** za standardizovaných podmínek (normální klidný stoj zády k vyšetřujícímu, bez pohybu, s nohama na boso umístěnými na šíři pánve a špičkami směřujícími rovnoběžně dopředu, pohled směřující dopředu).

Vyšetření bylo provedeno jedním zkušeným akreditovaným fyzioterapeutem dle předepsaného protokolu 6-FPI.

Statické pedobarografické vyšetření posturální stability (celková dráha výchylek COP) a odebrání digitálního tlakového otisku nohy během stoje na jedné dolní končetině probíhalo podle standardizovaného postupu Rombergových testů stoje (Kapteyn et al., 1983): tiché podmínky, umístění desky ve vzdálenosti 1,7 m od stěny, stoj na boso s nohama na šíři pánve, špičkami kolmo dopředu, zvednutí a ohnutí netestované dolní končetiny nad podložkou do pozice 90° flexe v kolenním kloubu a neutrálním postavením v kyčelním kloubu, umístění a sledování vizuálního bodu na stěně ve výši očí pro zajištění vzpřímeného držení hlavy. Test stoje na jedné noze s otevřenými očima trval 60 s a byl 3x opakován pro každou dolní končetinu. Mezi testy byl vložen odpočinkový interval přibližně 60 s.

Dynamické pedobarografické vyšetření přirozené chůze na boso po tlakové desce proběhlo ve standardizované laboratoři. Byla použita metoda „dvou kroků“ (z angl. two-step method), ověřená reliabilní metoda i pro dětskou populaci, kdy se měří až druhý krok po iniciaci chůze (Oladeji, Stackhouse, Gracely, & Orlin, 2008). Proto byla tlaková deska umístěna v prostoru laboratoře tak, aby byl zajištěn dostatečný prostor pro zahájení chůze před deskou a pro zakončení chůze 1,5 m za deskou. Před samotným měřením bylo provedeno několik zkušebních pokusů. Test byl pro každou dolní končetinu (DK) opakován tak dlouho, dokud nebyly naměřeny alespoň 3 úspěšné pokusy, dostatečné pro vědeckou analýzu výsledků (Orlin & McPoil, 2000). Nejprve se vycházelo opakovaně levou DK, poté pravou DK, přičemž pohled směřoval do dále před sebe a ruce se volně pohybovaly podél těla.

Postup měření Studie 2

Měření probíhalo ve 3 po sobě jdoucích letech 2014-2016 vždy ve stejném období a to v letním přípravném období před začátkem sezóny daného roku. Každý hráč absolvoval celkem 3 měření, vždy jedno měření v jednom roce: v roce 2014 (T1), v roce 2015 (T2) a v roce 2016 (T3). Sběr dat probíhal v prostorách standardizované laboratoře a sestával z vyplnění dotazníku, zdravotní anamnézy a statického pedobarografického vyšetření, které probíhalo stejným způsobem popsáním v Postupu měření Studie 1.

Postup měření Studie 3

Časový plán měření Studie 3 byl dán časovým plánem intervence a skládalo se ze dvou měření: vstupního vyšetření před započítím intervence a kontrolního vyšetření po skončení intervence. Studie probíhala v období od začátku jara do letních prázdnin.

Měření sestávalo z vyplnění dotazníku a zdravotní anamnézy, zkráceného kineziologického rozboru, klinického vyšetření typu nohy dle FPI, a statického a dynamického pedobarografického vyšetření, které byly provedeny totožným způsobem popsáným v Postupu měření Studie 1. Na základě vstupních kritérií byly vybrány děti s přítomnou oboustrannou poruchou nohy typu pronovaná noha nebo plochá noha, které absolvovaly cílenou pohybovou intervenci.

Po absolvování cílené pohybové intervence bylo do dvou dnů provedeno výstupní kontrolní měření, které obsahovalo všechna stejná měření se stejným postupem jako při vstupním měření, vyjma vstupního dotazníku a anamnézy, které již nebyly odebírány.

10.5 Metody zpracování výzkumných údajů

Všechna data byla evidována, tříděná, filtrována a podrobena základním matematickým kalkulacím a deskriptivní statistické analýze v programu Excel (Microsoft Office, 2007). Pro výpočet indexů nohy CSI a CPEI byl využit volně dostupný software pro 2D video analýzu Kinovea (www.kinovea.org).

Pro výpočet CSI byl použit digitální tlakový otisk nohy pořízený během statického pedobarografického vyšetření stoje na 1 DK. Otisk byl podroben jednoduchým grafickým operacím: kalibrace aktuální délky zkoumaného probanda, vytvoření tečny k zevnímu okraji nohy a dvou kolmých linií – v nejširší části předonoží a v nejužší části středonoží. Naměřené délky těchto dvou linií byly doplněny do vzorce pro výpočet CSI (Queen, Mall, Hardaker, & Nunley, 2007). Celý postup byl opakován pro obě dolní končetiny.

Výpočet CPEI probíhal podobným způsobem jako CSI. Digitální otisk získaný během chůze byl kalibrován na délku nohy. K tečně vnitřního okraje nohy byla v distální třetině předonoží vedena kolmá linie, která protínala COPe. Po sestrojení spojnice začátku a konce linie COPe byly odečteny délky šířky nohy v předonoží

a vzdálenost mezi spojnicí COPe a konkavitou COPe. Tyto délky byly doplněny do vzorce pro CPEI (Song, Hillstrom, Secord, & Levitt, 1996a). Celý postup byl opakován pro obě dolní končetiny.

10.6 Statistická analýza dat

Všechny statistické analýzy byly provedeny v programu SPSS (IBM SPSS, Statistics for Windows, Version 24.0 Armonk, NY: IBM Corp., 2016). V grafických výstupech byla použita anglickou norma desetinné tečky.

Postup analýzy dat Studie 1

Školní děti ($n = 91$) byly na základě anamnestického údaje o pohybové aktivitě rozděleny do dvou skupin: sportující (65 dětí: 54 chlapců a 11 dívek) a nespportující (26 dětí: 18 chlapců a 8 dívek). Byly zkoumány 4 závislé proměnné: FPI, CSI, TTW a CPEI. Testy normality dat (Kolmogov-Smirnov test, Shapiro-Wilk test) neodhalily závažné odchylky od normálního rozdělení. Pomocí Pearsonova r nebyla prokázána odlišnost mezi chlapci a děvčaty v průměrných hodnotách tělesné výšky, hmotnosti a věku, proto jsme dále vliv pohlaví nebrali v úvahu. U všech proměnných jsme pomocí deskriptivní statistiky vypočítali průměr a směrodatnou odchylku (SD). Na základě analýzy dat jsme objevili 1 extrémní hodnotu (outlier) ve skupině sportujících v proměnné TTW pro obě nohy, která byla z další analýzy vyloučena. Jednalo se o chlapce. Pro hodnocení rozdílů mezi sportujícími a nespportujícími dětmi byla využita one-way ANOVA s adjustací na věk probandů. Tato analýza byla provedena samostatně pro levou a pravou končetinu. Pro ověření předpokladů one-way ANOVA s kovariační proměnnou byl použit Levenův test (stejnost rozptylů ve skupinách) a Whiteův test (homoskedasticita). Vzhledem k signifikantnímu interakčnímu efektu věku a hlavního efektu (skupina: sportující vs. nespportující) u proměnné TTW na levé i pravé noze, byly rozdíly mezi sportujícími a nespportujícími hodnoceny v homogennějších věkových kategoriích: 9-10,9 let, 11-12,9 let, 13-14 let, 15-16 let. U všech analýz byl za signifikantní považován výsledek $p < 0,05$. Dále jsme zkoumali věcnou významnost (effect size) pomocí Cohenovo d s tímto hodnocením velikosti účinku (Cohen, 1988): malý efekt (0,20); střední efekt (0,50); a velký efekt ($\geq 0,80$).

Postup analýzy dat Studie 2

Data byla analyzována pomocí deskriptivních a induktivních statistických metod. Pro všechna data byl vypočítán průměr a směrodatná odchylka pro každou dolní končetinu zvlášť ($n = 70$). Normalita dat byla ověřena pomocí Shapiro-Wilk testu. Pro ověření signifikance nezávislých proměnných (čas sledování) na závislých proměnných (CSI a TTW) byla použita RM ANOVA. Pro ověření sféricity dat jako podmínky pro RM ANOVA byl použit Mauchly test. Vícenásobné srovnání sledovaných proměnných bylo provedeno použitím Bonferroniho post hoc testu. Velikost účinku effect size byla vypočítána pomocí parciálního eta squared koeficientu (η_p^2) s tímto hodnocením velikosti účinku dle Cohena (Cohen, 1988; Richardson, 2011): malý efekt (0,01); střední efekt (0,06); a velký efekt (0,14 a více). Typ nohy v průběhu 3 sledovaných let byl analyzován neparametrickým Chi-square (χ^2) testem a Cramerovým V. U všech analýz byl za signifikantní považován výsledek $p < 0,05$. Pro posouzení klinického významu neaktivního efektu dlouhodobé pohybové zátěže jsme expertním posouzením určili minimální velikosti rozdílů průměrných hodnot parametrů mezi T1 a T3 takto: CSI – zvýší se minimálně o 2 %; TTW – zvýší se minimálně o 200 mm.

Postup analýzy dat Studie 3

Změny ve 4 závislých proměnných (FPI, CSI, TTW a CPEI) po intervenčním působení u skupiny chlapců 9-10 let organizovaně hrajících fotbal jsme hodnotili pomocí two-way RM ANOVA pro 2 opakující se faktory a jejich vzájemnou interakci: faktor čas (pre a post) a faktor končetina (levá noha a pravá noha). Vzhledem k vysokým hodnotám věcné významnosti interakčních efektů, jsme se rozhodli následně provést párový t-test hodnotící rozdíl před a po intervenci samostatně na levé a pravé končetině. U všech analýz byl za signifikantní považován výsledek $p < 0,05$. Velikost účinku effect size byla vypočítána pomocí Cohenova d . Pro posouzení klinického významu efektu cílené intervence jsme expertním posouzením určili minimální velikosti rozdílů průměrných hodnot parametrů mezi pre- a post-testem takto: FPI – 1 jednotka; TTW – 200 mm; CSI – 2 %; a CPEI – 5 (%).

11 VÝSLEDKY VÝZKUMU

11.1 Výsledky Studie 1

Výsledky statistické analýzy dat ukázaly statisticky významný rozdíl mezi 2 skupinami školních dětí sportující děti a nesportující děti v těchto parametrech: TTW pro levou i pravou nohu u věkové kategorie 9-10,9 let (TTW_L: $t = -2,98$, $p = 0,00$, $d = 1,5$; TTW_P: $t = -3,13$, $p = 0,00$, $d = 1,6$); a věkové kategorie 15-16 let (TTW_L: $t = 2,87$, $p = 0,00$, $d = 1,4$; TTW_P: $t = 2,97$, $p = 0,00$, $d = 1,5$); CPEI pouze pro levou nohu (CPEI_L: $F_{2,1} = 5,86$, $p = 0,02$, $\eta_p^2 = 0,06$).

Výsledky induktivní statistické analýzy dat pomocí RM ANOVA ukázaly nízký efekt interakce faktorů skupina a věk u všech proměnných s výjimkou TTW pro levou nohu a pravou nohu (Tabulka 1). Pro tuto proměnnou proto byly vypočítány jednoduché t-testy (Tabulka 2) s rozdělením obou skupin (sportující a nesportující děti) na dílčí věkové kategorie: 9-10,9 let; 11-12,9 let; 13-14 let a 15-16 let.

Tabulka 1 Výsledky two-way RM ANOVA pro 2 opakující se faktory (skupina a věk) s interakcí obou faktorů u sportujících dětí (n = 65) a nespportujících dětí (n = 26)

Efekt	Skupina (sportující a nespportující)			Věk			Interakce (skupina * věk)		
	F	<i>p</i>	η_p^2	F	<i>p</i>	η_p^2	F	<i>p</i>	η_p^2
FPI_L	0,30	0,59	0,00	1,88	0,17	0,02	0,15	0,70	0,00
FPI_P	0,04	0,85	0,00	6,17	0,02*	0,07	0,04	0,84	0,00
CSI_L (%)	1,70	0,20	0,02	0,04	0,83	0,00	1,68	0,20	0,02
CSI_P (%)	0,37	0,55	0,00	0,00	0,98	0,00	0,33	0,57	0,00
TTW_L (mm)	22,68	0,00**	0,21	29,54	0,00**	0,26	20,40	0,00**	0,19
TTW_P (mm)	18,55	0,00**	0,18	35,47	0,00**	0,29	18,11	0,00**	0,17
CPEI_L (%)	0,00	0,96	0,00	0,53	0,47	0,01	0,21	0,65	0,00
CPEI_P (%)	1,18	0,28	0,01	0,39	0,53	0,01	1,59	0,21	0,02

Legenda: *p* value – hodnota *p*; η_p^2 – effect size (partial eta squared); *L* – levá noha; *P* – pravá noha; *FPI* – foot posture index; *CSI* – Chippaux-Šmiřák index; *TTW* – celková dráha výchylek COP; *CPEI* – Centre of pressure excursion index, * – **signifikantní výsledek** ($p < 0,05$); ** – **výrazně signifikantní výsledek** ($p < 0,01$).

Tabulka 2 Výsledky jednoduchých t-testů 2 skupin (sportující a nespportující děti) pro parametr posturální stability TTW pro levou nohu a pravou nohu v rámci 4 věkových kategorií

TTW (mm)	Deskriptivní statistika						t-test		
	Sportující (N = 65)		Nespportující (N = 25)		95% CI interval		t	Sig. (two-tailed) <i>p</i>	Effect size <i>d</i>
	Průměr	SD	Průměr	SD	Dolní	Horní			
1. VĚK 9-10,9 let									
	n = 15		n = 6		df = 19				
L	1494,53	854,33	2809,00	1058,54	-1982,97	-152,33	2.98	0,01**	1,5
P	1589,47	770,81	2955,83	1201,55	-2024,22	-199,34	3.13	0,01**	1,6
2. VĚK 11-12,9 let									
	n = 20		n = 7		df = 25				
L	1567,05	508,45	1998,71	1230,55	-1573,09	709,76	1.31	0,40	0,6
P	1541,50	586,38	1498,29	1085,27	-623,88	710,31	0.13	0,90	0,1
3. VĚK 13-14 let									
	n = 14		n = 6		df = 18				
L	1260,14	548,65	1329,33	561,16	-635,23	496,84	0.26	0,80	0,1
P	1340,50	694,69	1126,00	547,73	-459,20	888,20	0.67	0,51	0,3
4. VĚK 15-16 let									
	n = 16		n = 6		df = 20				
L	1382,69	482,98	756,67	364,65	170,39	1081,65	2.87	0,01**	1,4
P	1277,69	505,66	632,17	233,88	192,90	1098,14	2.97	0,01**	1,5

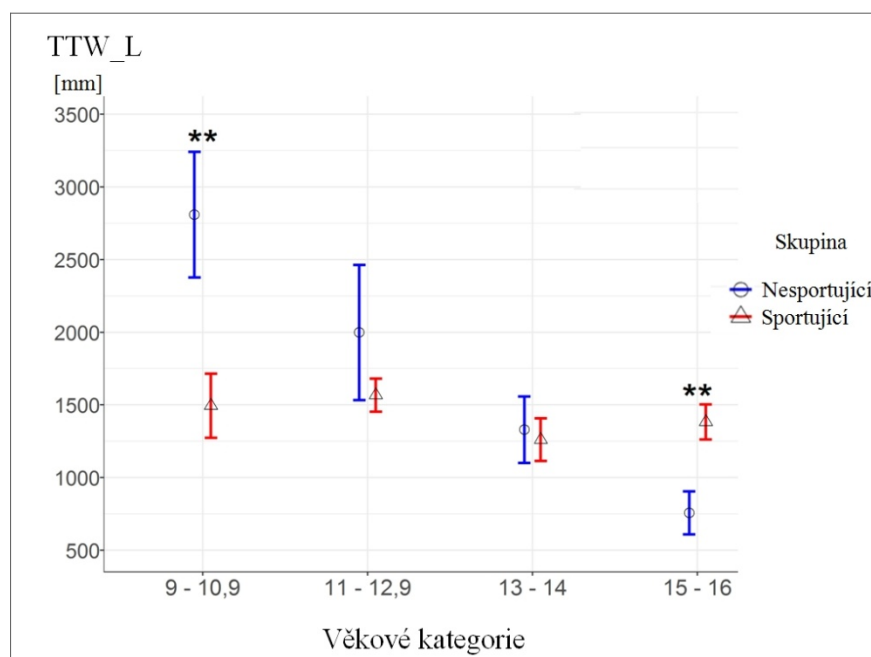
Legenda: *TTW* – celková dráha výchylek COP; *L* – levá noha; *P* – pravá noha; *n* – četnost; *CI* – konfidenční interval; *SD* – směrodatná odchylka, *df* – degrees of freedom; ** – výrazně signifikantní výsledek ($p < 0,01$).

Signifikantní rozdíl v parametru TTW mezi sportujícími a nespportujícími dětmi byl nalezen ve dvou věkových kategoriích pro levou nohu (TTW_L) i pro pravou nohu (TTW_P): nejmladší věková kategorie 9-10,9 let a nejstarší věková kategorie 15-16 let.

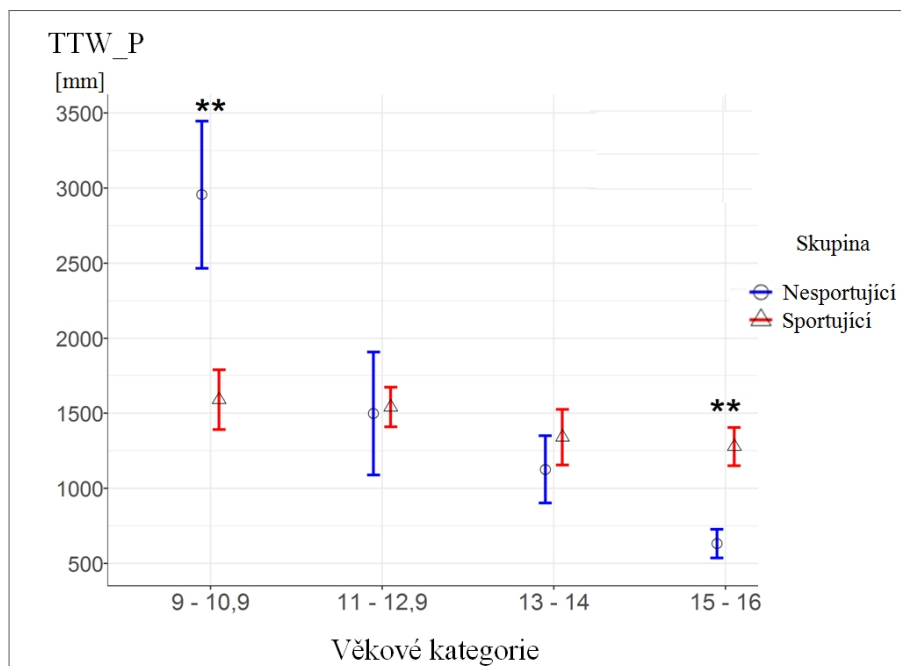
V nejmladší věkové kategorii 9-10,9 let byly hodnoty TTW signifikantně nižší pro sportující děti (s) v porovnání se nespportujícími dětmi (n) pro obě končetiny (Obrázek 29

a 30): levá končetina ($TTW_{L_S} = 1494,53 \pm 854,33$ mm, $TTW_{L_N} = 2809,00 \pm 1058,54$ mm, $p = 0,00$, $d = 1,5$) a pravá končetina ($TTW_{P_S} = 1589,47 \pm 770,81$ mm, $TTW_{P_N} = 2955,83 \pm 1201,55$ mm, $p = 0,00$, $d = 1,6$).

V nejstarší věkové kategorii 15-16 let byly hodnoty TTW signifikantně vyšší pro sportující děti (s) v porovnání se nespportujícími dětmi (N) pro obě končetiny (Obrázek 29 a 30): levá končetina ($TTW_{L_S} = 1382,69 \pm 482,98$ mm, $TTW_{L_N} = 756,67 \pm 364,65$ mm, $p = 0,00$, $d = 1,4$) a pravá končetina ($TTW_{P_S} = 1277,69 \pm 05,66$ mm, $TTW_{P_N} = 632,17 \pm 233,88$ mm, $p = 0,00$, $d = 1,5$).



Obrázek 29 Grafické znázornění rozdílů mezi 2 skupinami dětí – nespportující děti ($n = 26$) a sportující děti ($n = 65$) v parametru celková dráha (TTW) výchylek COP pro levou nohu a pro různé věkové kategorie (směrodatná odchylka je znázorněná úsečkou, výrazně signifikantní výsledek ($p < 0,01$) je označen dvěma hvězdičkami)



Obrázek 30 Grafické znázornění rozdílů mezi 2 skupinami dětí – nesportující děti (n = 26) a sportující děti (n = 65) v celkové dráze výchylek (TTW) středu tlakového působení (COP) pro pravou nohu a pro různé věkové kategorie (směrodatná odchylka je znázorněná úsečkou, výrazně signifikantní rozdíl ($p < 0,01$) je označen dvěma hvězdičkami)

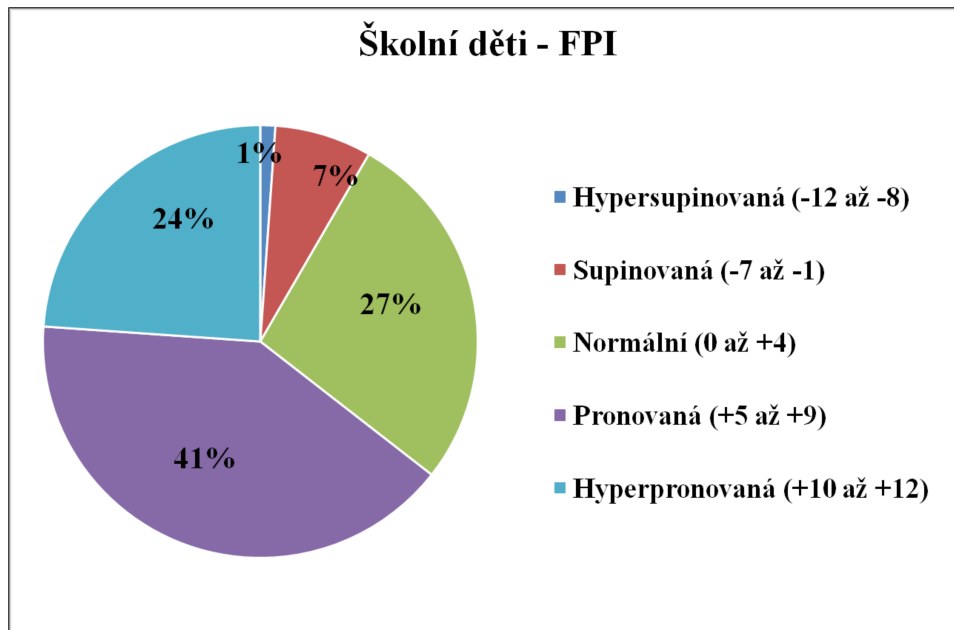
Deskriptivní charakteristiky proměnných obou skupin (sportující děti a nesportující děti) a výsledky RM ANOVA adjustované na věk pro proměnné FPI, CSI a CPEI jsou uvedeny v Tabulce 3.

Tabulka 3 Výsledky analýzy dat two-way RM ANOVA u sportujících a nespportujících dětí pro proměnné FPI, CSI a CPEI pro levou a pravou nohu

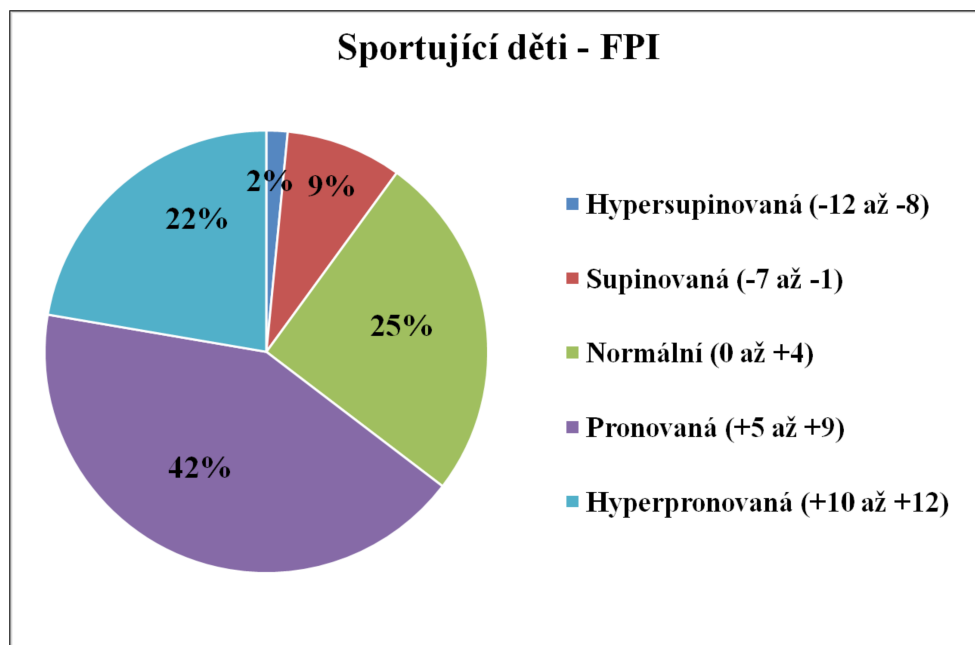
Proměnné	Deskriptivní statistika						RM ANOVA		
	Sportující (n = 65)		Nespportující (n = 25)		95% CI interval		F	Sig. (two-tailed)	Effect size
	Průměr	SD	Průměr	SD	Dolní	Horní		<i>p</i>	η_p^2
FPI_L	5,38	4,60	6,35	3,82	-1,10	2,97	1,04	0,31	0,01
FPI_P	6,00	5,00	5,92	4,23	-2,28	2,02	0,00	0,95	0,00
CSI_L (%)	48,77	8,76	48,99	7,69	-3,68	4,11	0,02	0,88	0,00
CSI_P (%)	48,95	8,61	49,46	8,23	-3,46	4,46	0,07	0,80	0,00
CPEI_L (%)	20,96	7,02	16,72	7,08	-7,47	-0,96	5,86	0,02*	0,06
CPEI_P (%)	21,86	7,00	20,06	7,56	-5,15	1,49	0,90	0,34	0,01

Legenda: L - levá noha; P – pravá noha; FPI – Foot posture index; CSI – Chippaux-Šmirák index; CPEI – centre of pressure excursion index; SD – směrodatná odchylka; CI – konfidenční interval; vs. – versus; * – **signifikantní výsledek ($p < 0,05$)**.

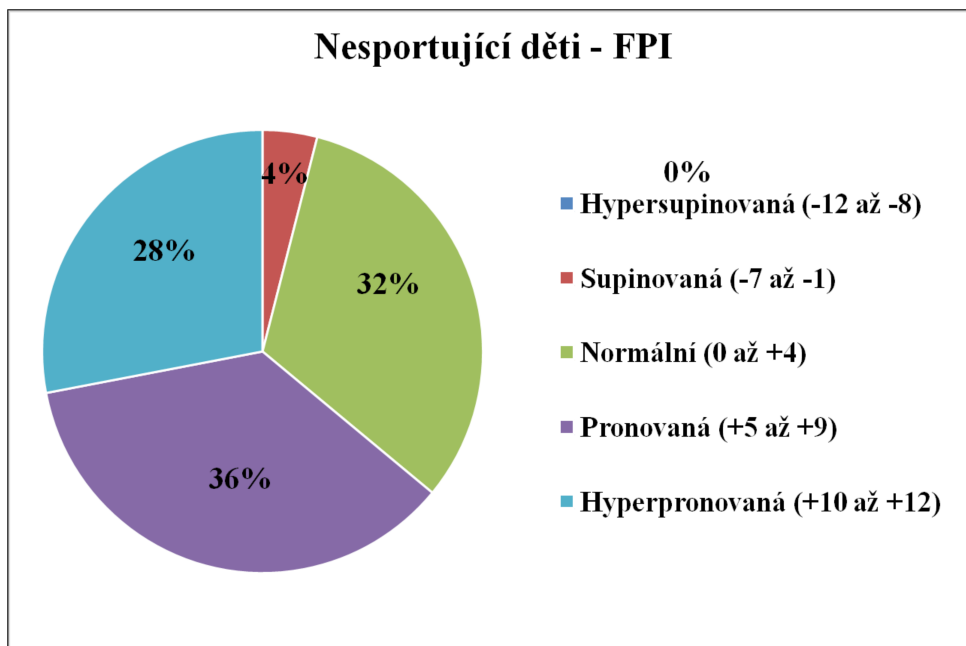
Výsledná průměrná hodnota Foot posture indexu (FPI) je u sportujících dětí nesignifikantně nižší pro levou nohu ($FPI_{L_S} = 5,38 \pm 4,60$) a nesignifikantně vyšší pro pravou nohu ($FPI_{P_S} = 6,00 \pm 5,00$) ve srovnání s nespportujícími dětmi ($FPI_{L_N} = 6,35 \pm 3,82$ a $FPI_{P_N} = 5,92 \pm 4,23$), (Obrázek 31-34).



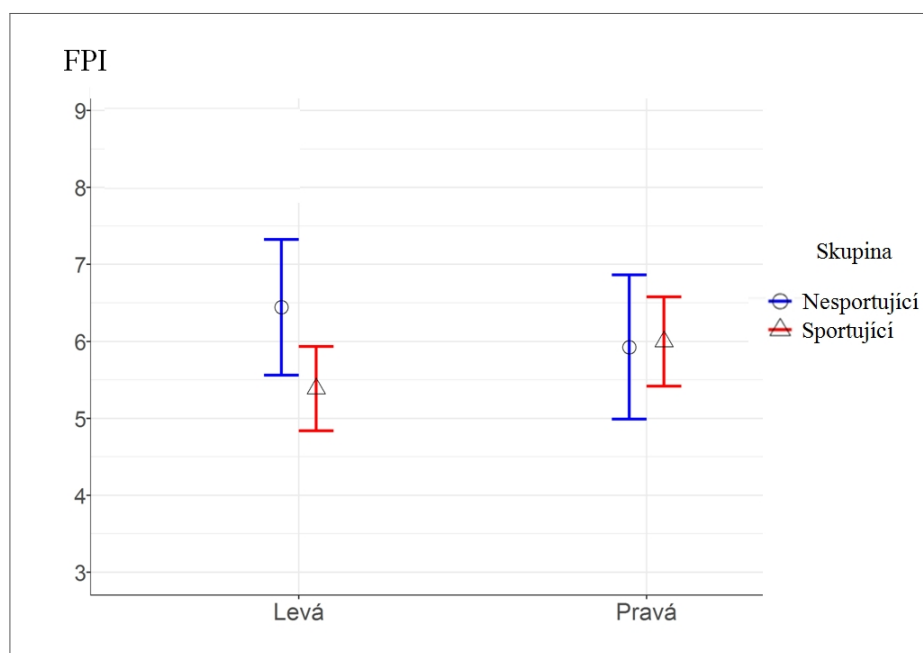
Obrázek 31 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle FPI u školních dětí (n = 91, 182 nohou)



Obrázek 32 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle FPI u sportujících dětí (n = 65, 130 nohou)

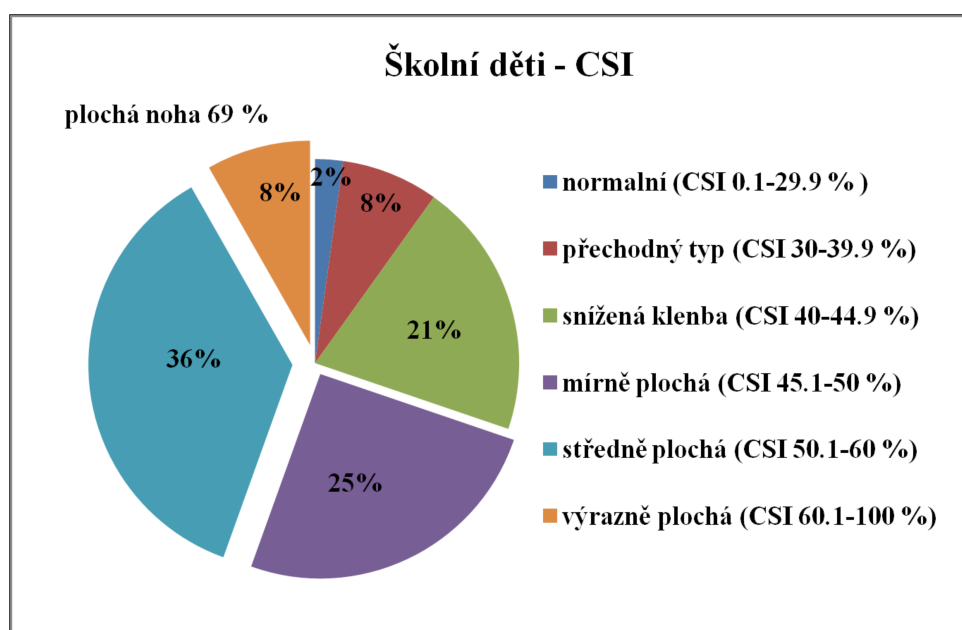


Obrázek 33 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle FPI u nesportujících dětí (n = 26, 52 nohou)

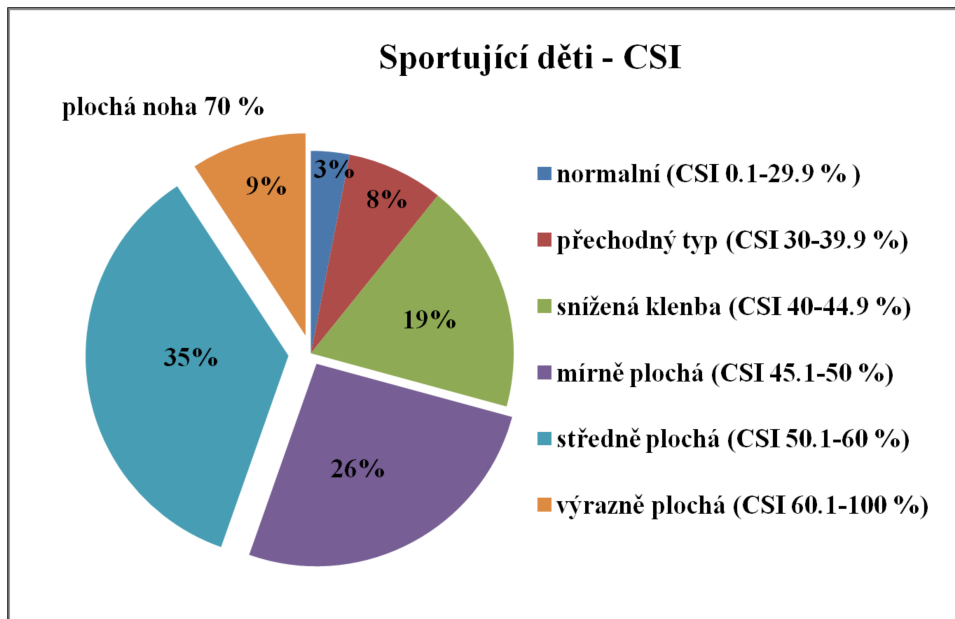


Obrázek 34 Grafické znázornění rozdílů mezi 2 skupinami dětí – nesportující děti (n = 26) a sportující děti (n = 65) v parametru FPI pro levou a pravou nohu (směrodatná odchylka je znázorněná úsečkou)

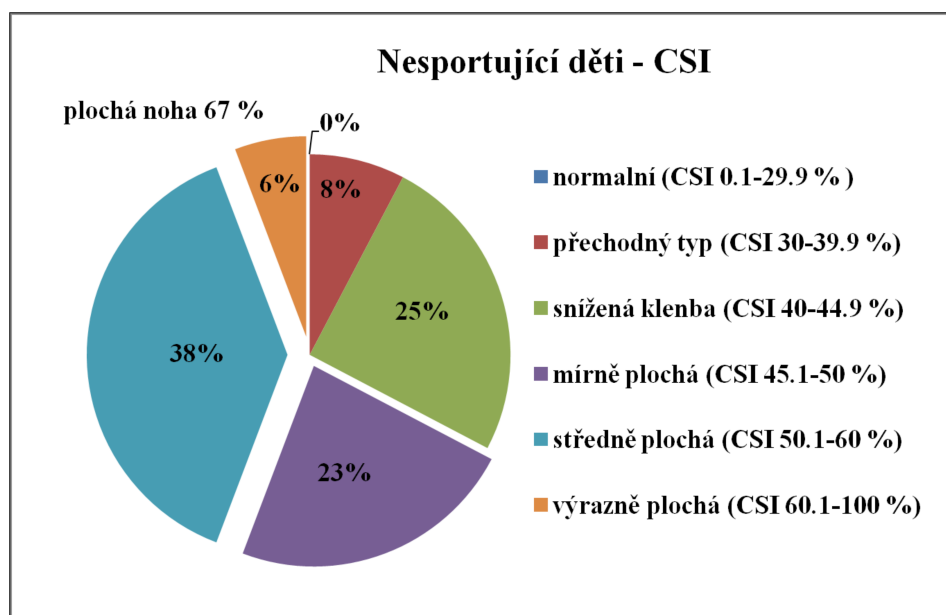
Distribuce četnosti typů nohy dle CSI pro celý výzkumný vzorek školních dětí, pro sportující skupinu dětí a pro nespportující skupinu dětí je znázorněná na Obrázku 35-37. Výsledná průměrná hodnota Chippaux-Šmiřák indexu (CSI) je u sportujících dětí nesignifikantně nižší pro levou nohu ($CSI_{L_S} = 48,77 \pm 8,76 \%$) i pro pravou nohu ($CSI_{P_S} = 48,95 \pm 8,61 \%$) ve srovnání s nespportujícími dětmi ($CSI_{L_N} = 48,99 \pm 7,69 \%$, $CSI_{P_N} = 49,46 \pm 8,23 \%$), (Obrázek 38).



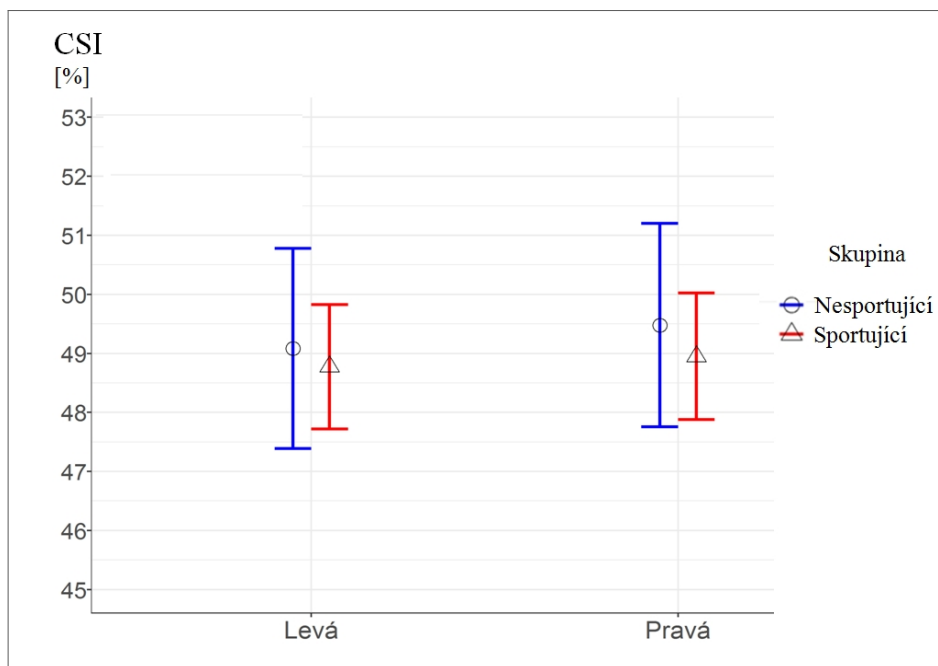
Obrázek 35 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI u školních dětí (n = 91, 182 nohou)



Obrázek 36 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI u sportujících dětí (n = 65, 130 nohou)

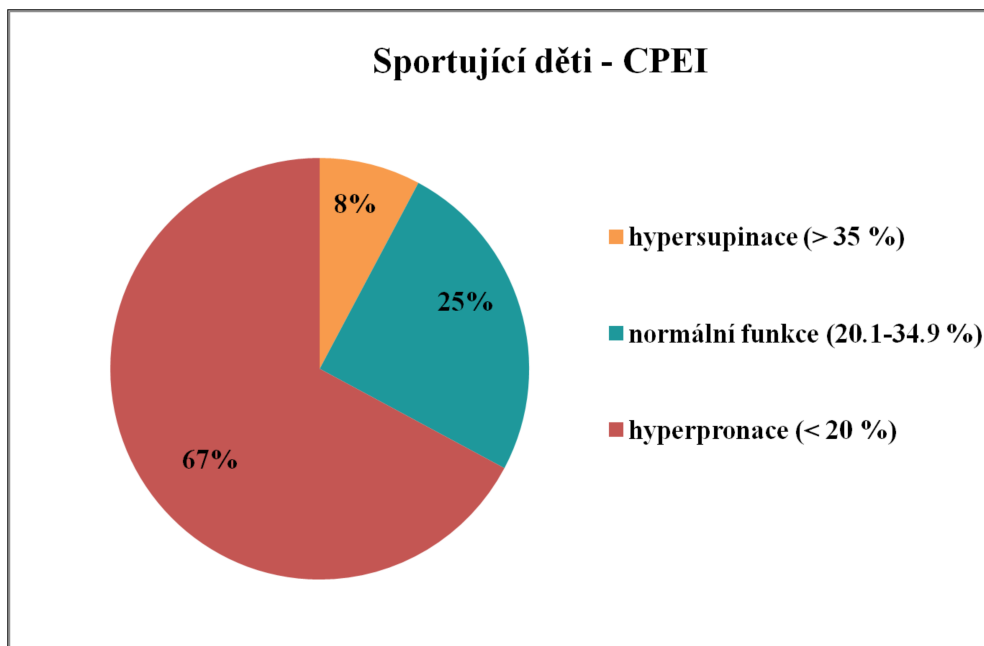


Obrázek 37 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI u nesportujících dětí (n = 26, 52 nohou)

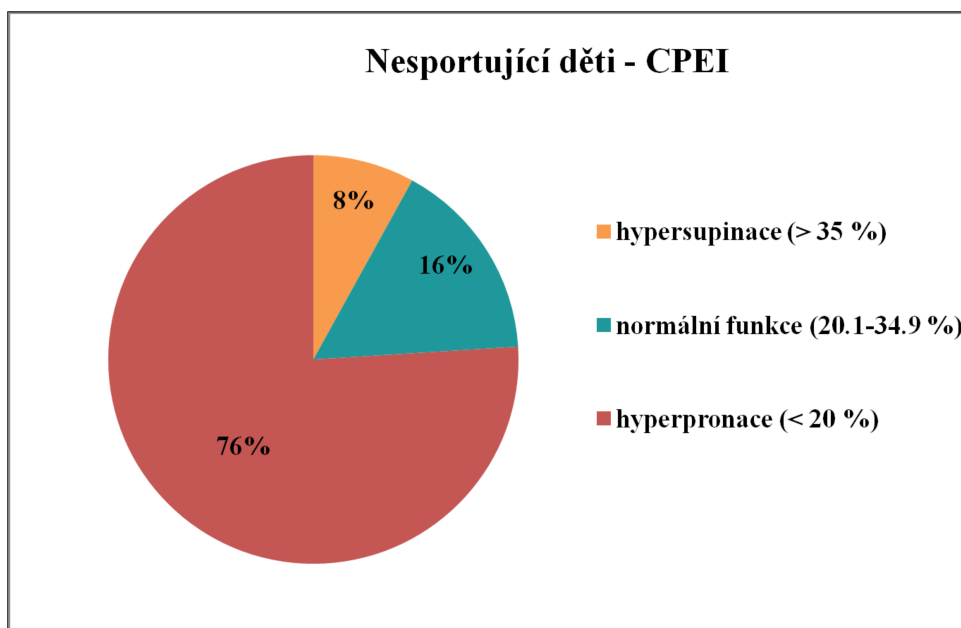


Obrázek 38 Grafické znázornění rozdílů mezi 2 skupinami dětí – sportující děti (n = 65) a nesportující děti (n = 26) v parametru CSI pro levou a pravou nohu (směrodatná odchylka je znázorněná úsečkou)

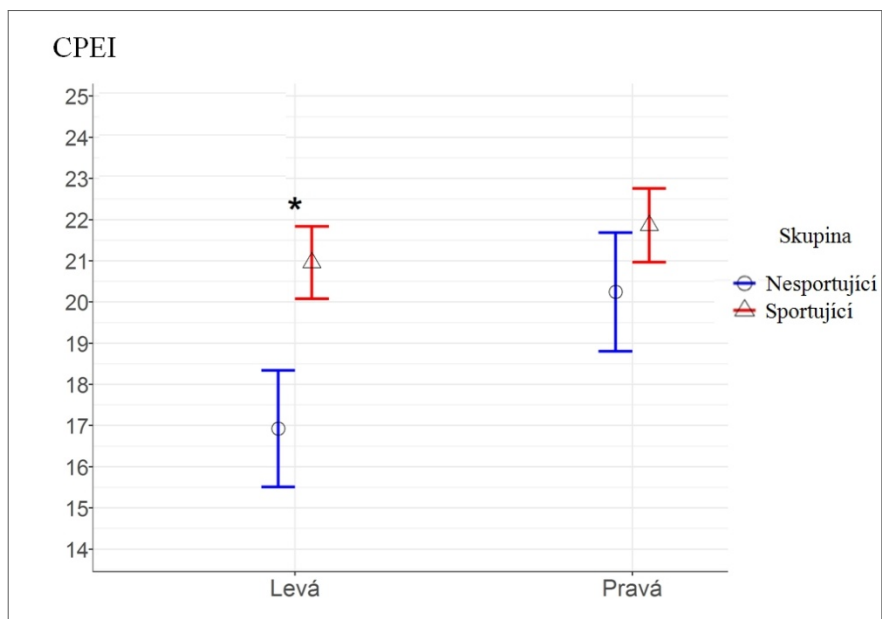
Výsledky ukázaly, že parametr Centre of pressure index (CPEI) má signifikantně vyšší průměrnou hodnotu u sportujících dětí v porovnání s nesportujícími dětmi pro levou nohu ($CPEI_{L_S} = 20,96 \pm 7,02 \%$, $CPEI_{L_N} = 16,72 \pm 7,08 \%$, $F_{2,1} = 5,68$, $p = 0,02$, $\eta_p^2 = 0,06$). U pravé nohy má CPEI nesignifikantně vyšší průměrnou hodnotu u sportujících dětí ($CPEI_{P_S} = 21,86 \pm 7,00 \%$) ve srovnání s nesportujícími dětmi ($CPEI_{P_N} = 20,06 \pm 7,56 \%$), (Obrázek 39-41).



Obrázek 39 Grafické znázornění distribuce četnosti funkce nohy dle CPEI u sportujících dětí (n = 65, 130 nohou)



Obrázek 40 Grafické znázornění distribuce četnosti funkce nohy dle CPEI u nesportujících dětí (n = 26, 52 nohou)



Obrázek 41 Grafické znázornění rozdílů mezi 2 skupinami dětí – sportující děti (n = 65) a nesportující děti (n = 26) v parametru CPEI pro levou a pravou nohu (směrodatná odchylka je znázorněná úsečkou, signifikantní rozdíl ($p < 0,05$) je označen hvězdičkou)

11.2 Výsledky Studie 2

Výsledky statistické analýzy dat ukázaly signifikantní rozdíly ve 3 po sobě jdoucích sledovaných letech (T1, T2, T3) pro oba sledované parametry a pro obě nohy: CSI_P ($F_{2,68} = 5,08, p = 0,00, \eta_p^2 = 0,13$); CSI_L ($F_{2,68} = 10,87, p = 0,00, \eta_p^2 = 0,24$); TTW_P ($F_{2,68} = 5,07, p = 0,00, \eta_p^2 = 0,13$); TTW_L ($F_{2,68} = 3,54, p = 0,04, \eta_p^2 = 0,09$).

Základní charakteristiky a typologie nohy

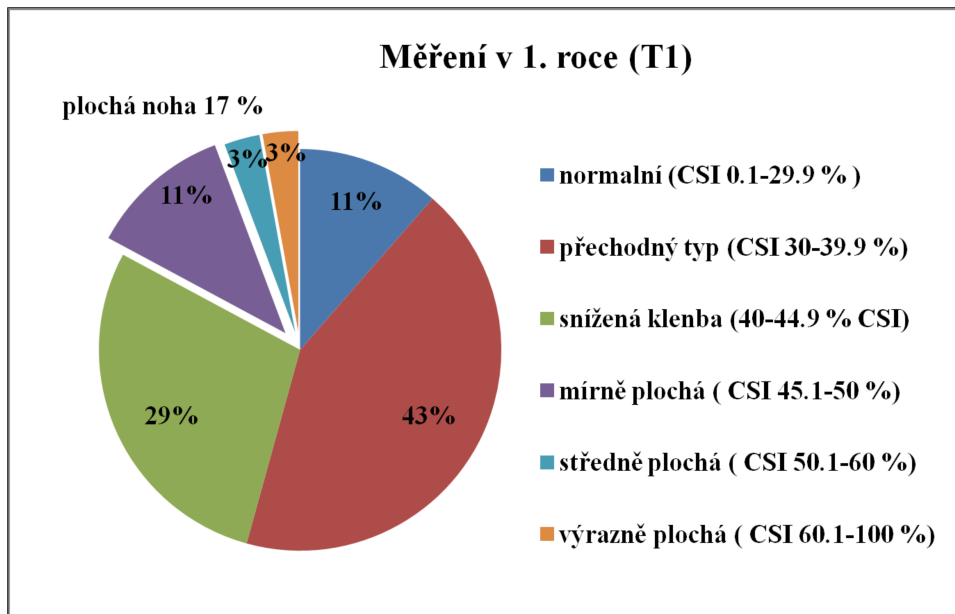
Základní charakteristiky sledovaného výzkumného souboru a typologie nohy prezentuje Tabulka 4. Analýza pomocí RM ANOVA odhalila signifikantní efekt hlavního faktoru času (T1, T2, T3) na hodnoty CSI pro obě dolní končetiny (CSI_P: $F_{2,68} = 5,08, p = 0,00, \eta_p^2 = 0,13$ a CSI_L: $F_{2,68} = 10,87, p = 0,00, \eta_p^2 = 0,24$), přičemž hodnoty CSI_P byly vyšší a to v průběhu celého sledování v porovnání s CSI_L. Signifikantní rozdíly mezi jednotlivými roky byly nalezeny pro hodnoty CSI_P mezi druhým ($CSI_{P_{T2}} = 38,99 \pm 9,10 \%$) a třetím rokem ($CSI_{P_{T3}} = 42,06 \pm 8,75 \%$; $p = 0,048$) a pro CSI_L mezi prvním ($CSI_{L_{T1}} = 38,01 \pm 7,85 \%$) a třetím ($CSI_{L_{T3}} = 41,91 \pm 8,98 \%$; $p = 0,01$) a mezi druhým ($CSI_{L_{T2}} = 37,04 \pm 9,36 \%$) a třetím rokem ($CSI_{L_{T3}} = 41,91 \pm 8,98 \%$; $p = 0,00$).

Tabulka 4 Základní charakteristiky výzkumného souboru (n = 70) a typologie nohy dle CSI pro levou a pravou nohu ve sledovaných letech T1, T2 a T3

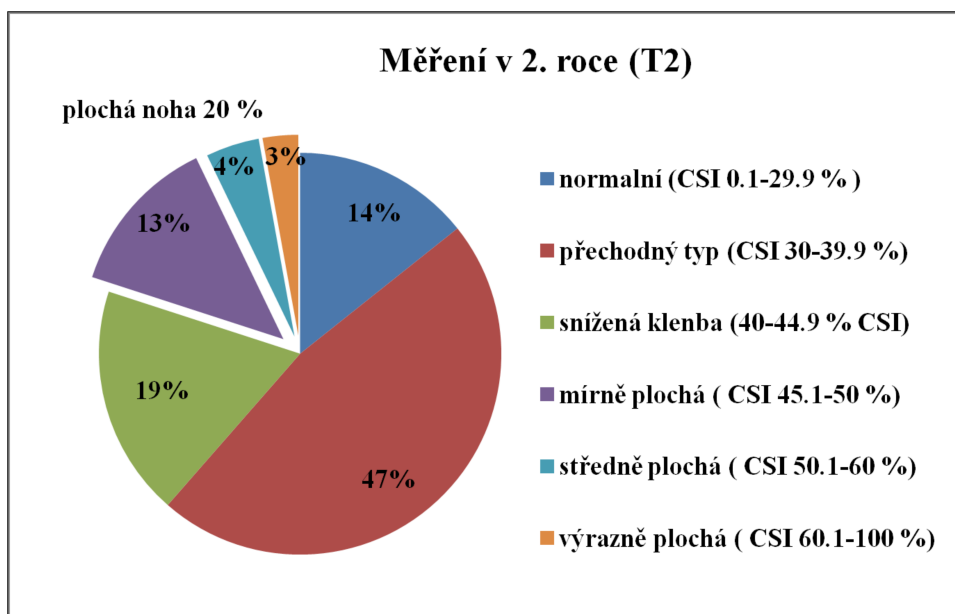
Parametry	Deskriptivní statistika					RM ANOVA			Bonferoni post-hoc test
	Průměr	SD	95% CI interval		F	p	η_p^2		
			Dolní	Horní					
Těl. výška (cm)	T1	174,63	5,71	172,67	176,59	70,79	0,00**	0,68	T1 vs. T2
	T2	175,90	5,74	173,93	177,87				T1 vs. T3
	T3	177,94	5,45	176,07	179,81				T2 vs. T3
Těl. hmotnost (kg)	T1	64,11	6,17	62,01	66,23	76,32	0,00**	0,69	T1 vs. T2
	T2	65,95	6,17	63,84	68,07				T1 vs. T3
	T3	70,09	6,45	67,89	72,31				T2 vs. T3
Velikost nohy (UK)	T1	8,63	1,03	8,23	8,98	11,68	0,00**	0,26	T1 vs. T2
	T2	8,87	1,00	8,53	9,22				T1 vs. T3
	T3	8,91	1,00	8,57	9,26				
CSI_L (%)	T1	38,01	7,85	35,31	40,70	10,87	0,00**	0,24	T1 vs. T3
	T2	37,04	9,36	33,82	40,25				T2 vs. T3
	T3	41,91	8,98	38,82	44,99				
CSI_P (%)	T1	39,50	8,35	36,63	42,37	5,08	0,00**	0,13	T2 vs. T3
	T2	38,99	9,10	35,86	42,11				
	T3	42,06	8,75	39,05	45,06				

Legenda: *CSI_P* – Chippaux-Šmiřák index pro pravou nohu, *CSI_L* –Chippaux-Šmiřák index pro levou nohu; *SD* – směrodatná odchylka; *CI* – konfidenční interval; *T* – čas; vs. – versus; ** – signifikantní výsledek ($p < 0,01$); **tučně** – velká věcná významnost.

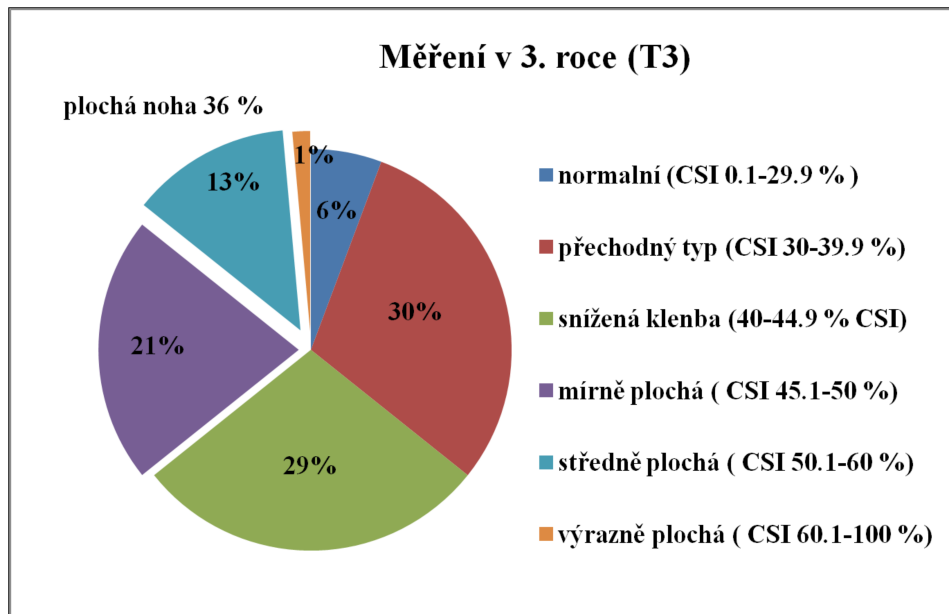
Četnost jednotlivých typů nohy ve výzkumném vzorku v čase T1, T2 a T3 ukazuje Obrázek 42-44. Byly nalezeny signifikantní rozdíly v typech nohou mezi sledovanými po sobě jdoucími lety T1, T2 a T3 ($\chi = 12,94$, $p < 0,05$, Cramerovo $V = 0,04$).



Obrázek 42 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI v čase T1 (n = 70)



Obrázek 43 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI v čase T2 (n = 70)



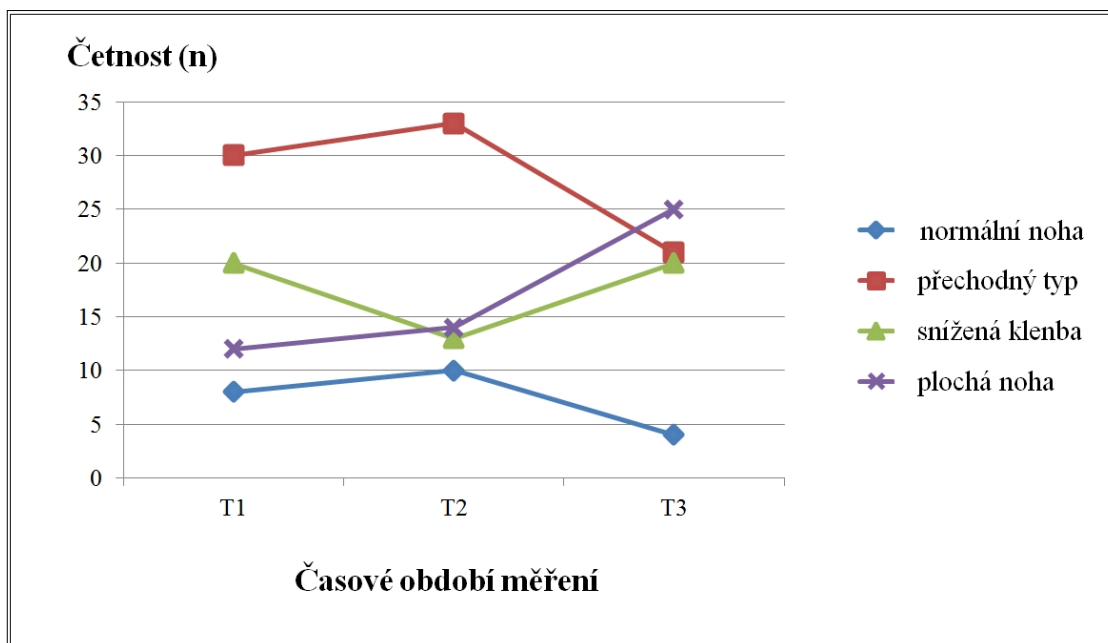
Obrázek 44 Grafické znázornění distribuce četnosti typů nohy dle CSI v čase T3 (n = 70)

Podle klasifikace CSI byly nejčastěji zastoupeným typem nohy v prvním roce T1 přechodný typ nohy (43 %), dále snížená nožní klenba (29 %) a plochá noha (17 %). Pouze 11% účastníků studie mělo normální typ nohy.

Ve druhém roce T2 měly četnosti typu přechodný typ nohy (47 %) a normální noha (14 %) mírně vzestupný trend. Typ nohy snížená nožní klenba měl v T2 naopak sestupný trend (19 %). Četnost typu plochá noha v T2 vzrostla (20 %).

Ve třetím roce sledování T3 výsledky ukázaly výrazné snížení četnosti typu přechodný typ nohy (30 %) a normální noha (6 %). Typ nohy snížená nožní klenba zaznamenal nárůst četnosti (29 %), přičemž se jednalo o návrat k původní hodnotě jako v T1. Typ plochá noha měl jednoznačně vzestupný trend v četnosti v T3 (36 %) i v průběhu celé doby sledování.

Změny v četnosti u jednotlivých podtypů ploché nohy v časech T1, T2 a T3 ukázaly nárůst v četnosti typu mírně plochá noha (T1 = 11%, T2 = 13 %, T3 = 21 %) a středně plochá noha (T1 = 3%, T2 = 4 %, T3 = 13 %) a pokles četnosti typu výrazně plochá noha (T1 = 3%, T2 = 3 %, T3 = 1 %), (Obrázek 45).



Obrázek 45 Změny distribuce četnosti jednotlivých typů nohy dle CSI v časech T1, T2 a T3 (n = 70)

Posturální stabilita

Hodnoty celkové dráhy výchylek (TTW) COP v čase T1, T2 a T3 pro sledovaný výzkumný soubor jsou zaznačeny v Tabulce 5. Výsledky ukázaly signifikantní klesající tendenci hodnot TTW pro obě dolní končetiny během 3 po sobě jdoucích let (TTW_P: $F_{2,68} = 5,07$, $p = 0,009$, $\eta_p^2 = 0,13$; TTW_L: $F_{2,68} = 3,54$, $p = 0,04$, $\eta_p^2 = 0,09$) i pro rozdíl mezi končetinami (TTW_Δ: $F = 3,34$, $p = 0,04$, $\eta_p^2 = 0,09$). Bonferroniho post-hoc analýza odhalila signifikantně vyšší úroveň posturální stability na pravé dolní končetině vzhledem ke sledovanému času (TTW_{T1} = 1617,11 ± 520,22 mm vs. TTW_{T2} = 1405,29 ± 462,76, $p = 0,02$; a TTW_{T1} = 1617,11 ± 520,22 mm vs. TTW_{T3} = 1370,46 ± 373,94, $p = 0,046$).

Tabulka 5 Celková dráha výchylek COP během stoje na jedné dolní končetině pro pravou a levou dolní končetinu a jejich rozdíl ve sledovaných letech T1, T2 a T3 (n = 70)

Parametry		Deskriptivní statistika				RM ANOVA			Bonferroni post-hoc test
		Průměr	SD	95% CI interval		F	p	η_p^2	
				Dolní	Horní				
TTW _P (mm)	T1	1617,11	520,2 2	1438,4 1	1795,82	5,07	0,009**	0,13	T1 vs. T2 T1 vs. T3
	T2	1405,29	462,7 6	1246,3 2	1564,25				
	T3	1370,46	373,9 4	1242,0 1	1298,91				
TTW _L (mm)	T1	1661,31	460,0 7	1503,2 7	1819,36	3,54	0,04*	0,09	T1 vs. T3
	T2	1562,31	523,5 5	1382,4 7	1742,16				
	T3	1414,69	534,6 9	1231,0 1	1598,36				
TTW _Δ (mm)	T1	333,69	229,7 1	254,78	412,59	3,34	0,04*	0,09	T1 vs. T3
	T2	283,03	287,1 4	184,39	381,66				
	T3	196,29	172,6 3	136,99	255,59				

Legenda: *SD* – směrodatná odchylka; *CI* – konfidenční interval; *TTW_L* – celková dráha výchylek středu tlakového působení pro levou dolní končetinu; *TTW_P* – celková dráha středu tlakového působení pro pravou dolní končetinu; *TTW_Δ* – absolutní rozdíl mezi končetinami; vs. – versus; mm – milimetry; * – signifikantní výsledek ($p < 0,05$); ** – výrazně signifikantní výsledek ($p < 0,01$).

11.3 Výsledky Studie 3

Deskriptivní charakteristiky parametrů nohy jsou popsány v Tabulce 6 a výsledky statistické analýzy RM ANOVA pro vnitro-skupinový efekt intervence pro 2 opakující se faktory (čas a končetina) a jejich interakce u sportujících chlapců 9-10 let jsou uvedeny v Tabulce 7. Výsledky statistické analýzy dat párovým t-testem ukázaly statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami vybraných charakteristik nohy u organizovaně sportujících chlapců 9-10 let hrajících fotbal s přítomnou poruchou nohy typu pronovaná noha a/nebo plochá noha před a po absolvování cílené intervence pro každou končetinu zvlášť pro tyto parametry (Tabulka 8): FPI pro levou nohu

(FPI_L: snížení o $0,86 \pm 1,46$, $t = 2,20$, $p = 0,047$, $d = 0,59$); FPI pro pravou nohu (FPI_P: snížení o $1,86 \pm 1,96$, $t = 3,55$, $p = 0,00$, $d = 0,95$); CSI pro pravou nohu (CSI_P: snížení o $3,16 \pm 4,99$ %, $t = 2,37$, $p = 0,03$, $d = 0,63$); CPEI pro levou nohu (CPEI_L: zvýšení o $8,89 \pm 5,65$ %, $t = -5,89$, $p = 0,00$, $d = 1,57$); a CEPI pro pravou nohu (CPEI_P: zvýšení o $8,03 \pm 9,61$ %, $t = -3,13$, $p = 0,00$, $d = 0,84$). Parametry nohy FPI, CSI a CPEI ukazují signifikantní efekt intervence ($p < 0,05$), u FPI a CPEI dokonce výrazně signifikantní ($p < 0,01$).

Tabulka 6 Deskriptivní charakteristika parametrů nohy před a po intervenci pro levou a pravou nohu u chlapců 9-10 let ($n = 14$)

Parametry		PŘED		PO	
		Průměr	SD	Průměr	SD
FPI	L	8,29	3,38	7,43	2,59
	P	8,71	2,67	6,86	2,38
CSI (%)	L	54,84	11,01	53,66	10,62
	P	53,79	10,86	50,63	8,81
TTW (mm)	L	1176,71	489,60	1406,5	502,15
	P	1222,57	557,32	1231,86	454,01
CPEI (%)	L	18,87	6,00	27,76	7,30
	P	18,68	7,43	26,71	5,41

Legenda: *L* – levá noha; *P* – pravá noha; *FPI* – foot posture index; *CSI* – Chippaux-Šmiřák index; *TTW* – total traveled way; *CPEI* – Centre of pressure excursion index; *SD* – směrodatná odchylka.

Tabulka 7 Výsledky two-way RM ANOVA pro vnitro-skupinový efekt intervence pro 2 opakující se faktory a jejich interakci u chlapců 9-10 let ($n = 14$)

Efekt	Čas (pre a post)			Končetina (levá a pravá)			Interakce (čas * končetina)		
	F	<i>p</i> value	η_p^2	F	<i>p</i> value	η_p^2	F	<i>p</i> value	η_p^2
FPI	12,55	0,00**	0,49	0,02	0,88	0,00	3,79	0,07	0,23
CSI (%)	3,87	0,07	0,23	2,12	0,17	0,14	1,47	0,25	0,10

TTW (mm)	1,04	0,33	0,07	0,48	0,50	0,04	4,10	0,06	0,24
CPEI (%)	35,88	0,00**	0,73	0,14	0,72	0,01	0,08	0,79	0,01

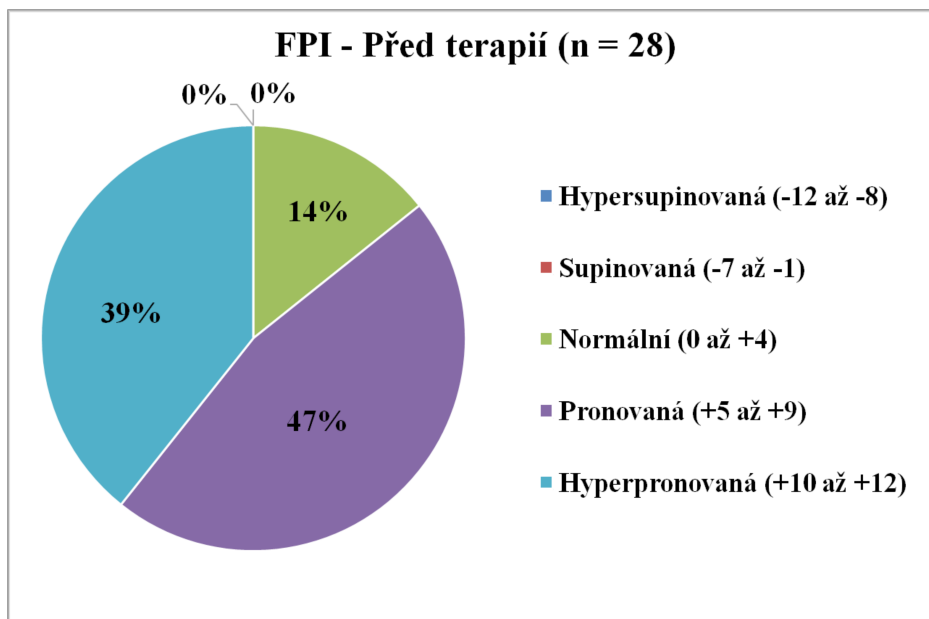
Legenda: p value – hodnota p ; η_p^2 – effect size (partial eta squared); FPI – foot posture index; CSI – Chippaux-Šmirák index; TTW – total traveled way; $CPEI$ – Centre of pressure excursion index, ** – **signifikační výsledek** ($p < 0,01$).

Tabulka 8 Deskriptivní párové charakteristiky a výsledky párových t-testů zkoumaných proměnných před a po absolvování intervence u chlapců 9-10 let (n = 14)

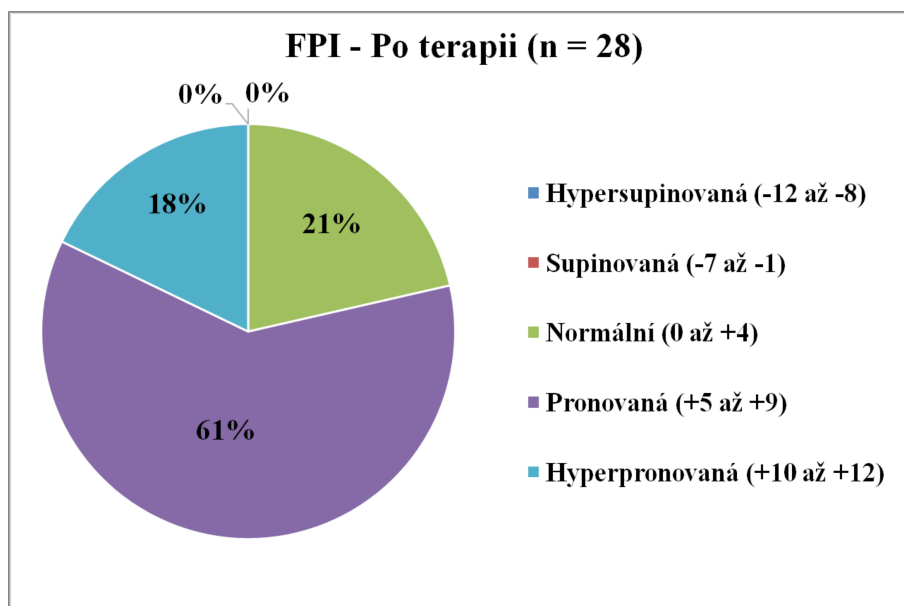
PŘED - PO	Deskriptivní statistika párových proměnných					t-test			
	Průměr	SD	SEM	95% CI interval		t	df	Sig. (two-tailed)	Effect size
				Dolní	Horní			p	d
FPI_L	0,86	1,46	0,39	0,01	1,70	2,20	13	0,047*	0,59
FPI_P	1,86	1,96	0,52	0,73	2,99	3,55	13	0,00**	0,95
CSI_L (%)	1,19	5,27	1,41	-1,86	4,23	0,84	13	0,41	0,23
CSI_P (%)	3,16	4,99	1,33	0,28	6,04	2,37	13	0,03*	0,63
TTW_L (mm)	-229,79	418,99	111,98	-471,70	12,13	-2,05	13	0,06	0,55
TTW_P (mm)	-9,29	542,06	144,87	-322,26	303,69	-0,06	13	0,95	0,02
CPEI_L (%)	-8,89	5,65	1,51	-12,15	-5,63	-5,89	13	0,00**	1,57
CPEI_P (%)	-8,03	9,61	2,57	-13,58	-2,49	-3,13	13	0,00**	0,84

Legenda: *FPI* – foot posture index; *CSI* – Chippaux-Šmirák index; *TTW* – total traveled way; *CPEI* – Centre of pressure excursion index; *SD* – směrodatná odchylka; *SEM* – standardní chyba průměru; * – **signifikantní výsledek** ($p < 0,05$); ** – **výrazně signifikantní výsledek** ($p < 0,01$).

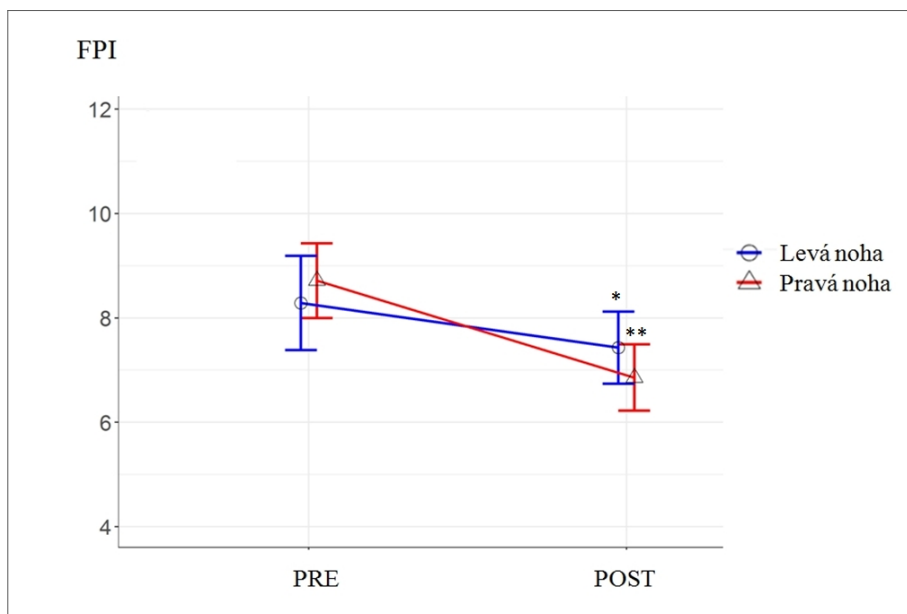
Distribuce četnosti typu nohy dle Foot posture indexu (FPI) před a po terapii je znázorněna na Obrázku 46 a 47. Průměrná hodnota FPI byla před zahájením intervence pro levou nohu nižší ($8,29 \pm 3,38$) než pro pravou nohu ($8,71 \pm 2,67$). Po absolvování intervence průměrná hodnota signifikantně klesla u obou nohou (FPI_L: $p = 0,047$, $d = 0,59$); FPI_P, $p = 0,00$, $d = 0,95$), ale u pravé nohy výrazněji ($6,86 \pm 2,38$) než u levé nohy ($7,43 \pm 2,59$), (Obrázek 48).



Obrázek 46 Grafické znázornění distribuce typu nohy dle FPI před terapií

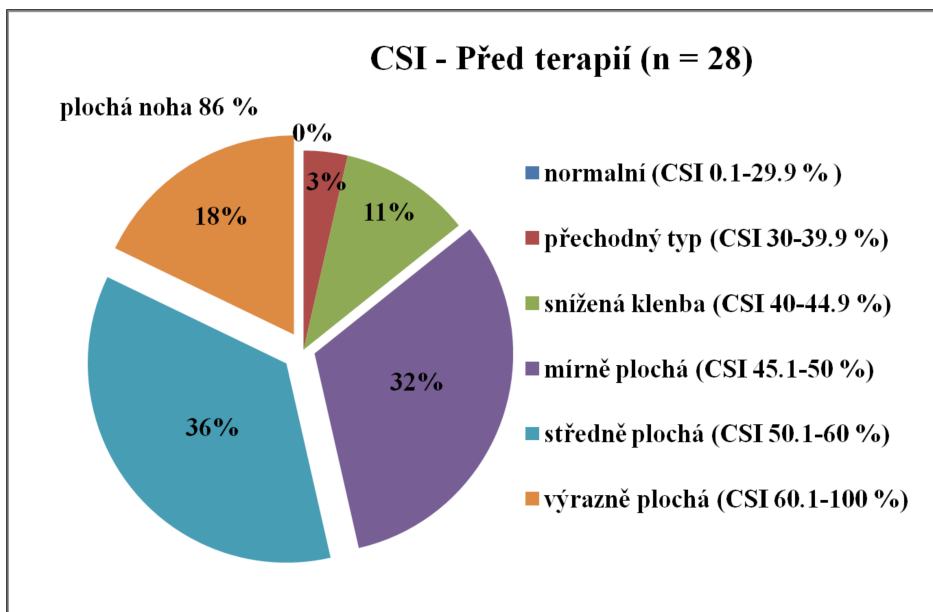


Obrázek 47 Grafické znázornění distribuce typu nohy dle FPI po terapii

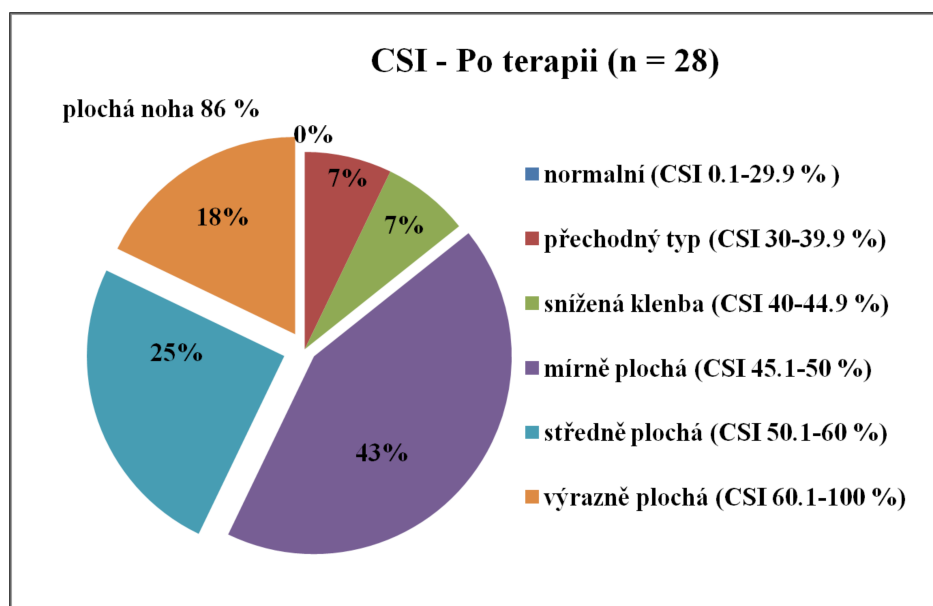


Obrázek 48 Grafické znázornění změn parametru FPI před (PRE) a po (POST) intervenci pro levou a pravou nohu (směrodatná odchylka znázorněná úsečkou, signifikantní výsledek ($p < 0,05$) hvězdičkou, výrazně signifikantní výsledek ($p < 0,01$) dvěma hvězdičkami)

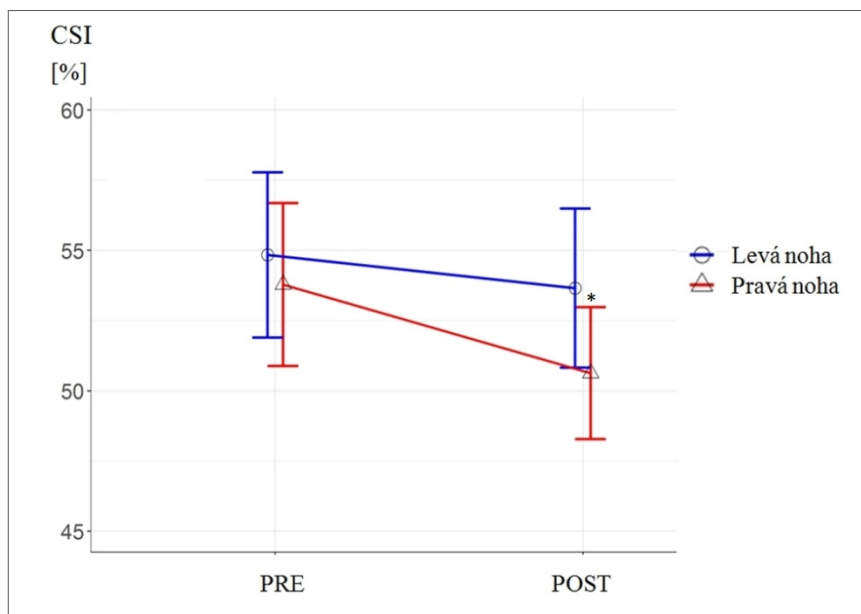
Distribuce četnosti typu nohy dle Chippaux-Šmiřák indexu (CSI) před a po terapii je znázorněna na Obrázku 49 a 50. Průměrná hodnota CSI byla před zahájením intervence pro levou nohu vyšší ($54,84 \pm 11,01$ %) než pro pravou nohu ($53,79 \pm 10,86$ %). Po absolvování intervence průměrná hodnota klesla u obou nohou (CSI_L: $53,66 \pm 10,62$ %; CSI_P: $50,63 \pm 8,81$ %), avšak pouze u pravé nohy se jednalo o signifikantně významnou změnu (CSI_P: $p = 0,03$, $d = 0,63$), (Obrázek 51).



Obrázek 49 Grafické znázornění distribuce typu nohy dle CSI před terapií

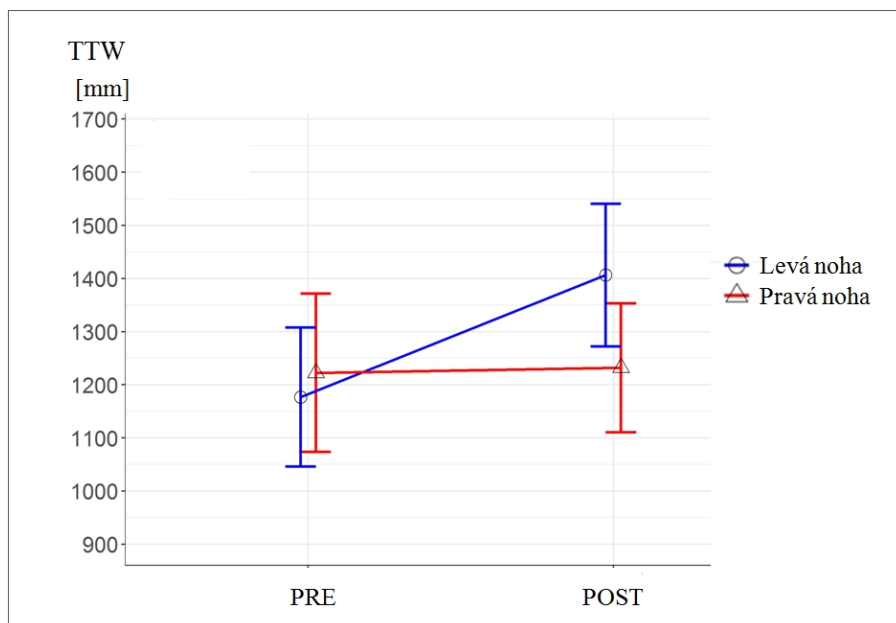


Obrázek 50 Grafické znázornění distribuce typu nohy dle CSI po terapii



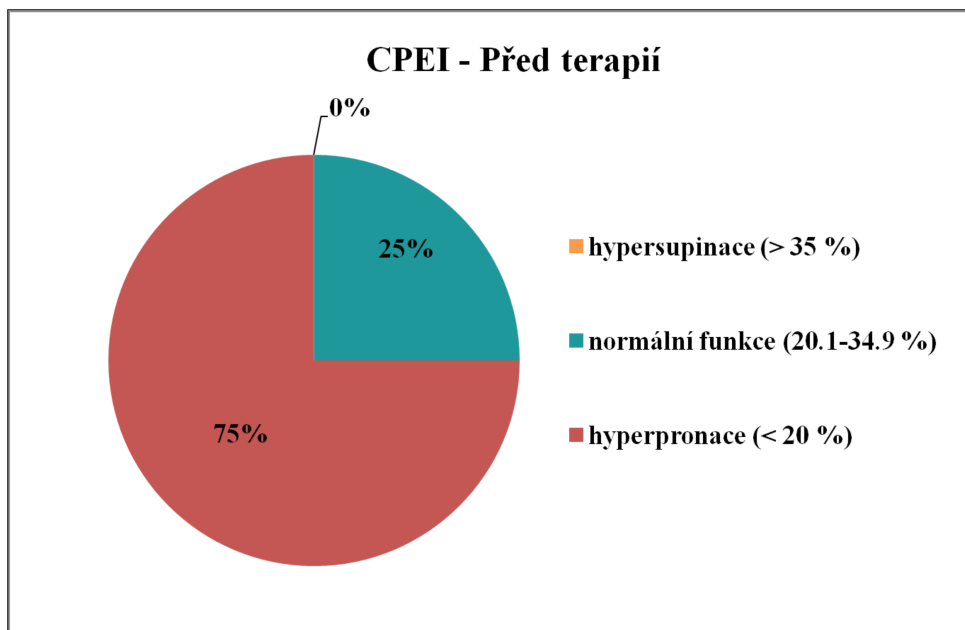
Obrázek 51 Grafické znázornění změn parametru CSI před (PRE) a po (POST) intervenci pro levou a pravou nohu (směrodatná odchylka znázorněná úsečkou, signifikantní výsledek ($p < 0,05$) hvězdičkou)

Průměrná hodnota celkové dráhy (TTW) středu tlakového působení COP byla před zahájením intervence pro levou nohu nižší ($1176,71 \pm 489,60$ mm) než pro pravou nohu ($1222,57 \pm 557,32$ mm). Po absolvování intervence se průměrná hodnota TTW pro levou nohu zvýšila ($1406,50 \pm 502,15$ mm), avšak nesignifikantně. Na rozdíl od pravé nohy, u které zůstala průměrná hodnota téměř beze změny ($1231,86 \pm 454,01$ mm), (Obrázek 52).

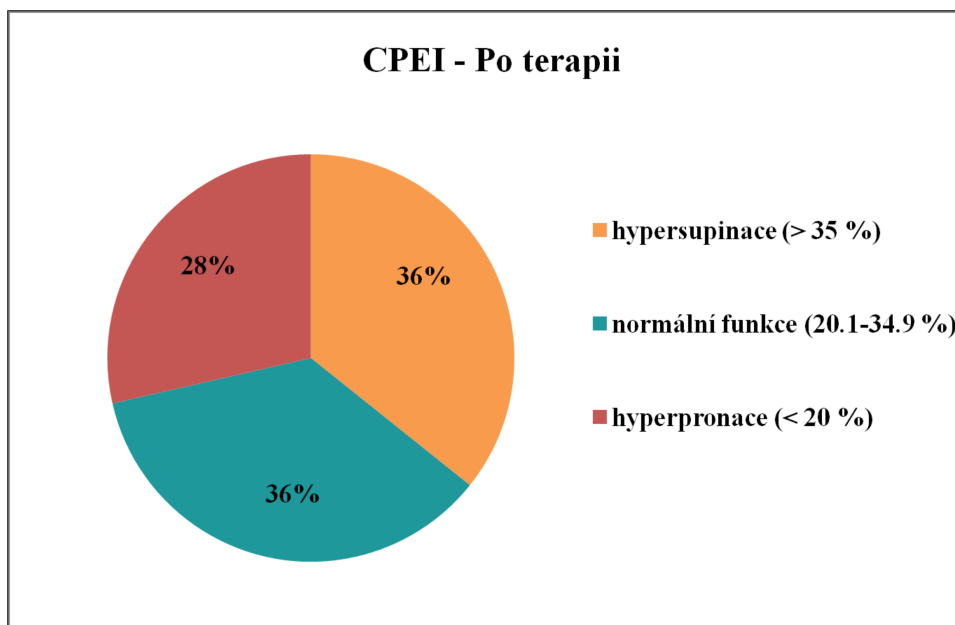


Obrázek 52 Grafické znázornění změn parametru TTW před (PRE) a po (POST) intervenci pro levou a pravou nohu (směrodatná odchylka znázorněná úsečkou)

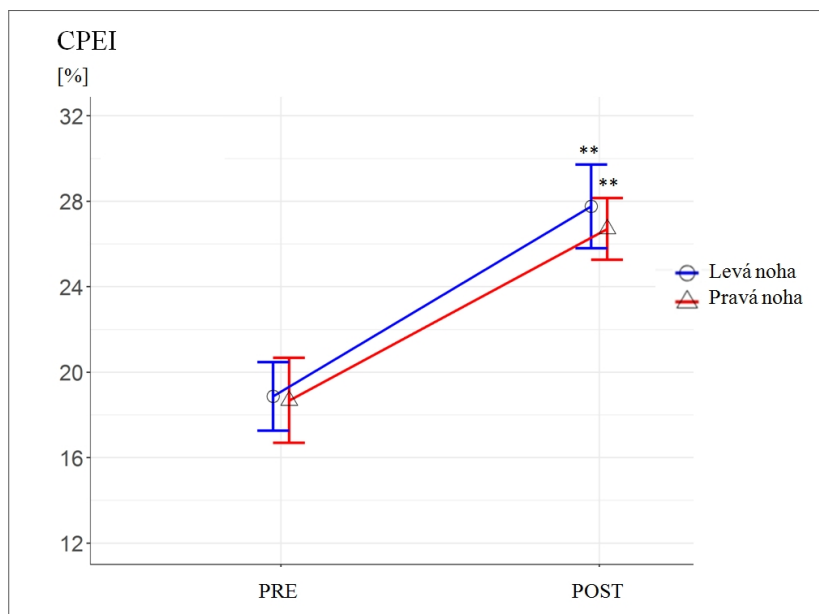
Distribuce četnosti dynamické funkce nohy dle Centre of pressure excursion indexu (CPEI) je znázorněna na Obrázku 53 a 54. Průměrná hodnota CPEI byla před zahájením intervence pro levou nohu nepatrně vyšší ($CPEI_{L_{PRE}} = 18,87 \pm 6,00 \%$) než pro pravou nohu ($CPEI_{P_{PRE}} = 18,68 \pm 7,43 \%$). Po absolvování intervence se průměrná hodnota signifikantně významně zvýšila u obou nohou ($CPEI_{L_{POST}} = 27,76 \pm 7,30 \%$, $p = 0,00$, $d = 1,57$; a $CPEI_{P_{POST}} = 26,71 \pm 5,41 \%$, $p = 0,00$, $d = 0,84$), přičemž u levé se zvýšila výrazněji (Obrázek 55).



Obrázek 53 Grafické znázornění distribuce četnosti funkce nohy dle CPEI před terapií (n = 28)



Obrázek 54 Grafické znázornění distribuce četnosti funkce nohy dle CPEI po terapii (n = 28)



Obrázek 55 Grafické znázornění změn v parametru CPEI před (PRE) a po (POST) intervenci pro levou a pravou nohu (směrodatná odchylka znázorněná úsečkou, výrazně signifikantní výsledek ($p < 0,01$) dvěma hvězdičkami)

12 DISKUZE

Výzkumná práce se zabývala charakteristikou nohy u školních dětí a působením zevního faktoru pohybové aktivity a její intenzity ve smyslu dvou extrémních případů – výrazná pohybová aktivita a pohybová neaktivita na morfologii a funkci dětské vyvíjející se nohy. Výrazná pohybová aktivita byla definovaná jako sportovní zátěž při organizovaném sportu jednoho druhu s minimální intenzitou provozování 2 x týdně. Pohybová neaktivita byla definovaná jako neprovozování organizovaného sportu jednoho druhu, ani jiné pravidelné sportovní aktivity v intenzitě 2x týdně. Na základě těchto definic byly školní děti rozděleny na sportující děti a nespportující děti. Předpokládali jsme, že sportující děti budou více ohroženy výskytem poruch nohy než nespportující děti, ačkoliv oba tyto extrémy považujeme za negativní zevní faktory vzniku poruch nohy. Výzkumná práce byla rozdělena na tři navazující studie, které se zabývaly charakteristikou nohy u sportujících a nespportujících dětí, vlivem dlouhodobého působení sportovní zátěže na morfologii a funkci nohy během dospívání a efektem cílené pohybové intervence poruch nohy u sportujících dětí.

12.1 Diskuze k hypotéze H1

Studie 1 zkoumala skupinově specifické rozdíly ve funkčních charakteristikách nohy hodnotících typologii nohy, posturální stabilitu a dynamickou funkci nohy u školních dětí ve vztahu k intenzitě pohybové aktivity – sportující děti a nespportující děti. Výsledky statistické analýzy dat ukázaly statisticky významné rozdíly mezi 2 skupinami dětí v posturální stabilitě (TTW) a dynamické funkci nohy (CPEI) při chůzi. Ostatní funkční charakteristiky nohy (FPI a CSI) nebyly signifikantně odlišné, avšak ukázaly na vyšší výskyt poruch nohy u nespportujících dětí než u sportujících.

Předpokládali jsme, že sportující děti budou mít horší hodnoty funkčních charakteristik nohy než nespportující děti vzhledem k působení výrazné sportovní zátěže. To se nepotvrdilo. Sportující děti měly významně lepší výsledky ve srovnání s nespportujícími dětmi až na jednu výjimku. Sportující děti měly lepší funkci posturální stability (TTW) ve věkové kategorii 9-10,9 let než nespportující vrstevníci, avšak ve starší věkové kategorii 15-16 let sportující děti vykázaly horší funkci posturální stability než nespportující vrstevníci. Sportující děti bez ohledu na věk měly lepší výsledky také

v dynamické funkci nohy (CPEI) v porovnání se skupinou nesportujících dětí, přičemž obě skupiny prezentovaly vysokou četnost poruchy funkce nohy.

Typologie nohy

Typologický výzkum nohy podle klasifikace FPI pro sportující a nesportující děti neprokázal signifikantní rozdíly mezi sledovanými skupinami. Průměrná hodnota FPI typu nohy pro celou zkoumanou skupinu školních dětí ($n = 91, 182$ nohou) byla v naší studii $+6 \pm 5$, což klinicky znamená, že 68 % dětí bude mít buď normální nohu (+1 až +5) nebo pronovanou nohu (+6 až +9) anebo až hyperpronovanou nohu (+10 až +11). To odpovídá převaze pronační postury nohy v našem vzorku, která byla v porovnání s jiným výzkumem (4 ± 3) vyšší (Martínez-Nova et al., 2018). Jiná studie referuje průměrnou hodnotu pro FPI u 140 školních dětí 7-10 let pro levou nohu $4,12 \pm 2,23$ a pro pravou nohu $3,74 \pm 2,34$ (Evans, 2011). To může být dáno tím, že náš vzorek byl ve větším věkovém rozmezí (9-16 let) a specificky výběrový ve vztahu k pohybové aktivitě – sportující a nesportující děti.

Četnost typu nohy dle FPI pro náš výzkumný vzorek školních dětí byla skutečně největší pro typ nohy pronovaná noha, která se vyskytovala u 41 % nohou. Druhým nejpočetnějším typem nohy byla normální noha (27 %), dále hyperpronovaná noha (24 %), supinovaná noha (7 %) a s nejmenším zastoupením hypersupinovaná noha (1 %).

Po rozdělení do skupin bylo pořadí typů nohou od nejpočetnějšího po nejméně početně zastoupeného stejné u obou skupin, avšak ve skupině sportujících dětí měly typy pronovaná, hypersupinovaná a supinovaná noha větší procentuální zastoupení v porovnání s nesportujícími dětmi, u kterých naopak bylo větší zastoupení normální nohy a hyperpronované nohy. Rozložení vypadalo takto: pronovaná noha (42 % u sportujících a 36 % u nesportujících), normální noha (25 % u sportujících a 32 % u nesportujících), hyperpronovaná noha (22 % u sportujících a 28 % u nesportujících), supinovaná noha (9 % u sportujících a 4 % u nesportujících) a hypersupinovaná noha (2 % u sportujících a 0 % u nesportujících).

Pronovaná noha celkově (pronovaná noha včetně hyperpronované) byla přítomna u 64 % nohou v obou sledovaných skupinách. Toto vysoké zastoupení pronované nohy ve srovnání s výskytem normální nohy mezi 25-32 %, vypovídá o převládající pronační

poruše u vybraných školních dětí na základě specifické intenzity pohybové aktivity. Na druhou stranu se objevuje vědecky podložený názor, že pronovaná noha u běžné populace dětí může být brána jako normální projev během vývoje nohy v dětství, především u mladších dětí okolo 10 let (Martínez-Nova et al., 2018). Nutno ale podotknout, že tato porucha nohy je spojená se zvýšeným rizikem vzniku úrazu u běžeckých sportů (Pérez-Morcillo et al., 2019). Ve studii Pérez-Morcillo et al. (2019) zkoumající typologii nohy u dospělých sportovců – běžců (n = 600) byla nejpočetnějším typem nohy normální noha (74,9 %). Po ní následovala supinovaná (39,9 %) a pronovaná noha (40 %). Ve skupině běžců s prodělaným úrazem ve zdravotní anamnéze byla převaha pronovaných (60,8 %) a supinovaných nohou (60 %), oproti normální noze (25,1 %). Můžeme tedy říci, že dětská vyvíjející se noha se dá vzdáleně připodobnit dospělé noze, která prodělala úraz a je tak náchylnější k výskytu poruchy nohy. Když porovnáme sportující děti a nespportující děti, tak větší výskyt pronované nohy byl nalezen u nespportujících dětí.

Supinovaná noha (supinovaná noha včetně hypersupinované) byla u výzkumného vzorku všech dětí přítomna v menší míře než pronovaná noha. U sportujících dětí se vyskytovala u 11 % nohou a u nespportujících pouze u 4 % nohou. Četnost supinované nohy u nespportujících dětí je ve shodě se studií typů nohy u 1032 španělských dětí ve věku 5-15 let, kde byla supinovaná noha přítomna jen ve 4 % a hypersupinovaná noha nebyla přítomna vůbec. Tady lze tedy vidět malou odlišnost, ač nesignifikantní, v rámci skupiny dětí s výraznou pohybovou aktivitou v našem výzkumu, které mají vyšší výskyt poruchy supinovaná noha.

Typologický výzkum nohy podle klasifikace CSI pro sportující a nespportující děti také neprokázal signifikantní rozdíly mezi sledovanými skupinami. Četnost typu nohy dle CSI pro celý výzkumný vzorek školních dětí (n = 91, 182 nohou) byla největší u typu nohy středně plochá noha – 36 % nohou, a nejmenší u typu normální noha – 2 % nohou. Druhým nejpočetnějším typem nohy byla mírně plochá noha (25 %), dále pak snížená klenba (21 %), přechodný typ nohy (8 %) a výrazně plochá noha (8 %).

Výskyt ploché nohy (bez rozdělení na její podtypy) v rámci celého výzkumného vzorku školních dětí byl 69 %, což je v rámci rozmezí, které uvádí světová literatura (0,6-77,9 %), (MacKenzie et al., 2012). Podle studie Shih et al. (2012) však byla prevalence ploché nohy u školních dětí evidována v rozmezí 13,4-27,6 %. Musíme však

podotknout, že výzkum byl proveden na populaci taiwanských dětí a výsledky se proto mohou výrazně lišit. Studie postury nohy u 1676 španělských dětí ve věku 3-17 let autorů Forriol a Pascual (1991) uvádí výsledky četnosti výskytu ploché nohy podle CSI pro obě pohlaví a věkové skupiny zvlášť. U chlapců ve věku 9-17 let ($n = 663$) uvádí četnost ploché nohy (CSI nad 45,1 %) v rozmezí 4,25-6,73 % pro pravou i levou nohu a pro děvčata 9-17 let jsou uvedené hodnoty četnosti ploché nohy ještě nižší (0,8-2,2 %), přičemž s věkem měla hodnota CSI klesající trend pro obě pohlaví. Onodera a kol. (2008) uvádí průměrné hodnoty četnosti ploché nohy u dětí ve věku 9-10 let v rozmezí 42,9-56,6 % a četnost pro normální nohu v rozmezí 34,3-52,9 %. Literatura, podle našich znalostí, bohužel neuvádí hodnoty CSI pro školní děti na základě pohybové aktivity. Naše výsledky jsou nové a originální.

Zastoupení typů nohy a jejich uspořádání po rozdělení dětí do skupin na základě intenzity prováděné pohybové aktivity bylo pro každou skupinu jiné. Pro sportující děti ($n = 65$, 130 nohou) bylo zastoupení typů nohy od nejpočetnějšího sestupně podobné jako pro celý zkoumaný vzorek: středně plochá noha (35 %), mírně plochá noha (26 %), snížená klenba (19 %), výrazně plochá noha (9 %), přechodný typ nohy (8 %) a normální noha (3 %).

Pro nespportující děti ($n = 26$) bylo rozložení četnosti typů nohy shodné se sportujícími dětmi pouze v nejpočetnějším a nejméně početném typu (středně plochá noha a normální noha), jinak se pořadí zastoupení typů nohou lišilo. Rozložení typů nohy bylo následující: středně plochá noha (38 %), snížená klenba (25 %), mírně plochá noha (23 %), přechodný typ nohy (8 %), výrazně plochá noha (6 %) a normální noha (0 %).

Výskyt ploché nohy (bez rozdělení na její podtypy) byl po rozdělení do skupin nepatrně vyšší u sportujících dětí (70 %) v porovnání s nespportujícími dětmi (67 %). Rozdíly mezi skupinami sportujících a nespportujících dětí však nebyly signifikantně významné.

Posturální stabilita

Analýza parametru posturální stability – celková dráha výchylek středu tlakového působení (TTW) identifikovala signifikantní rozdíl mezi sportujícími a nespportujícími

děťmi pro obě končetiny, a to ve 2 věkových kategoriích ze 4: nejmladší věková kategorie (9-10,9 let) a nejstarší věková kategorie (15-16 let).

V nejmladší věkové kategorii 9-10,9 let byly hodnoty TTW signifikantně vyšší pro nesportující děti (N) v porovnání se sportujícími dětmi (S). U obou skupin dětí byla průměrná hodnota TTW pro levou končetinu nižší ($TTW_{L_N} = 2809,00 \pm 1058,54$ mm, $TTW_{L_S} = 1494,53 \pm 854,33$ mm) než pro pravou končetinu ($TTW_{P_N} = 2955,83 \pm 1201,55$ mm, $TTW_{P_S} = 1589,47 \pm 770,81$ mm). Výsledky ukazují, že ve věku 9-10,9 let mají sportující děti signifikantně lepší kvalitu funkce posturální stability, tzn. nižší hodnoty TTW, než jejich vrstevníci, kteří nesportují.

Toto tvrzení však v závislosti na rostoucím věku dětí neplatí. V rámci nejstarší zkoumané věkové kategorie 15-16 let byl tento jev analogicky opačný: sportující děti měly signifikantně vyšší hodnoty TTW pro obě končetiny: levá končetina ($TTW_{L_S} = 1382,69 \pm 482,98$ mm, $TTW_{L_N} = 756,67 \pm 364,65$ mm) a pravá končetina ($TTW_{P_S} = 1277,69 \pm 05,66$ mm, $TTW_{P_N} = 632,17 \pm 233,88$ mm). To znamená, že ve věku 15-16 let mají nesportující děti signifikantně lepší kvalitu funkce posturální stability (nižší hodnoty TTW) než jejich vrstevníci, kteří sportují.

Ostatní věkové skupiny neprokázaly signifikantní rozdíly v parametru posturální stability mezi sportujícími a nesportujícími dětmi. Hodnoty TTW se mezi sportujícími a nesportujícími dětmi v rámci jedné věkové kategorie lišily jinak pro levou a pro pravou končetinu, přičemž platilo, že pro levou končetinu byly hodnoty TTW vyšší pro nesportující, ale pro pravou končetinu to bylo přesně naopak. Na tento jev může mít vliv asymetrie nejen dolních končetin, ale také asymetrie celého pohybového systému, která se zřejmě v období 11-14 let může u dětí s nástupem hormonálních změn více manifestovat. Pokud vezmeme v úvahu sportovní specifčnost sledovaných skupin dětí a lateralitu dolních končetin, u které je obecně převládající pravá strana, tj. preferovaná dolní končetina ke kopnutí do míče, tak nám to nabízí jedno z možných logických vysvětlení. Ačkoli nebyla lateralita v rámci výzkumu evidovaná, můžeme při předpokladu pravostranné lateralitě dětí usuzovat, že u nesportujících dětí je horší stabilita (vyšší hodnoty TTW) na levé končetině způsobená tím, že je u nich opěrná funkce netrénovaná v rámci sportovních aktivit tak, jako u sportujících dětí, které jí více využívají během sportovních aktivit pro odraz. Naproti tomu pak je horší posturální stabilita (vyšší hodnoty TTW) u sportujících dětí na pravé končetině způsobená tím, že

ji využívají preferovaně ke kopu do míče a k jiné fyzické činnosti (oproti levé opěrné končetině) a výraznou sportovní aktivitou tuto asymetrii více prohlubují (Mala, Maly, & Zahalka, 2017; Maly, Zahalka, Mala, & Cech, 2015). U nesportujících dětí není asymetrie dolních končetin vzhledem k pohybové neaktivitě tolik významná. To se ve výsledku mohlo projevit v rozdílu mezi sportujícími a nesportujícími dětmi v našem výzkumu v rámci rozdílu TTW u levé a pravé dolní končetiny.

Podíváme-li se na vliv věku na posturální stabilitu v našem výzkumu, vidíme, že se liší pro mladší a starší děti. Jedna výzkumná studie uvádí, že posturální stabilita není ovlivněna věkem u běžné populace dětí ve věku 7-18 let (Lebiedowska & Syczewska, 2000). Jiné studie oproti tomu vliv věku na výchylky COP, prokázaly. Referují, že výchylky COP se s věkem u školních dětí zmenšují, tedy že s rostoucím věkem dochází k dozrání kvality posturální stability (Nolan, Grigorenko, & Thorstensson, 2005; Rival, Ceyte, & Olivier, 2005). Výsledky naší studie na to ukazují také a ozřejmují vliv faktoru výrazné pohybové aktivity a pohybové neaktivity během vývoje posturální stability u dětí.

U mladších dětí (9-10,9 let) se ukazuje, že výrazná sportovní aktivita může být výhodou pro rozvoj kvality procesů zajišťujících posturální stabilitu. To potvrzuje také studie somatotypu a funkce posturální stability u dětí 9-11 let, která zjistila lepší hodnoty parametrů posturální stability pro muskulaturní typy v porovnání s dětmi vyššího štíhlého typu anebo s dětmi s nadváhou (Lee & Lin, 2007).

Naopak u starších školních dětí (15-16 let) v období dospívání se ukazuje, jako by výrazná pohybová aktivita měla negativní dopad na funkce posturální stability. Důvodem můžou být morfologické a hormonální změny typické pro toto období, na které se musí pohybový aparát a nervové mechanismy řízení adaptovat. Můžeme usuzovat, že vliv biologických změn v období adolescence ve spojení s výraznou sportovní aktivitou, která v období dospívání bývá již velmi úzce specializovaná (Merkel, 2013), oproti mladším dětem, u kterých je tréninková náplň zaměřená na rozvíjení spíše obecných pohybových schopností, kam se řadí i rovnováhová schopnost (Měkota & Novosad, 2005), může klást zvýšené nároky na koordinaci procesů posturální stability.

Dynamická funkce nohy

Výzkum dynamické funkce nohy pomocí parametru Centre of pressure excursion indexu (CPEI) při chůzi u školních dětí rozdělených na sportující a nesportující děti ukázal signifikantní skupinový rozdíl pouze pro hodnotu CPEI pro levou končetinu, pro kterou měly sportující děti oproti nesportujícím dětem vyšší hodnotu, tzn. lepší dynamickou funkci nohy. Pro pravou dolní končetinu však rozdíl v hodnotě CPEI mezi sledovanými skupinami dětí signifikantní nebyl, přičemž u sportujících dětí byla hodnota CPEI pro pravou nohu opět vyšší než u nesportujících.

U skupiny sportujících dětí ($n = 65$) převažovala pronační až hyperpronační funkce nohy u 67 % nohou. Normální funkci mělo 25 % nohou a 8 % nohou mělo supinační až hypersupinační funkci.

U skupiny nesportujících dětí ($n = 26$) byla pronační a hyperpronační funkce ve větším zastoupení než u sportujících (76 % nohou), přičemž normální funkci mělo naopak méně nohou (16 %) v porovnání se sportujícími dětmi. Supinační až hypersupinační funkci měl shodný počet nohou nesportujících dětí jako ve sportující skupině (8 %).

Vysoká početnost pronační až hyperpronační funkce nohy u obou skupin dětí může vyznívat jako alarmující, vzhledem ke známým negativním vlivům poruchy funkce nohy. Na jednu stranu to může být dáno specifitami vybraných dětí – v podstatě se jedná o dva extrémní případy pohybově aktivních, resp. neaktivních dětí, a ne o běžnou populaci dětí. Na druhou stranu vysoká míra pronační funkce v dětském věku může být přirozenou součástí vývoje dětské nohy v dospělou, plně vyvinutou a funkční.

Při podrobnější analýze s ohledem na každou dolní končetinu zvlášť, průměrná hodnota CPEI pro levou dolní končetinu byla u sportujících dětí vyšší ($20,96 \pm 7,02$ %) než u nesportujících ($16,72 \pm 7,08$ %). CPEI pro pravou dolní končetinu byla hodnota také vyšší u sportujících dětí ($21,86 \pm 7,00$ %) než u nesportujících ($20,06 \pm 7,56$ %), ale ne tak výrazně.

Studie CPEI ve vztahu k typu nohy (plochá, normální a vysoká) autorů Hillstrom et al. (2013) uvádí průměrné hodnoty CPEI u ploché nohy $18,57 \pm 4,97$ % a pro normální nohu $21,65 \pm 5,47$ %. Jiná studie uvádí podobné průměrné hodnoty CPEI pro

plochou nohu 16,23 % a pro normální nohu 20,17 % (Ledoux & Hillstrom, 2002). Tyto hodnoty však nemůžeme přesně porovnávat s výsledky naší studie, jelikož se jednalo o dospělou populaci. Můžeme si však všimnout, že u dospělé populace jsou nižší hodnoty směrodatné odchylky než u našich výsledků pro školní děti. To ukazuje na vyšší variabilitu vzoru kroku v odvalování chodidla při chůzi u dětí v porovnání s dospělými. Je známo, že chůze u dětí dozrává okolo 7 let věku (Sutherland, Olsen, Cooper, Woo, & Diego, 1980), ale vzory jednotlivých kroků prezentují velkou variabilitu ještě v období okolo 11-12 let věku dítěte, ve kterém bylo zjištěno, že pouze 33 % kroků dítěte vykazuje stejný vzor odvalování chodidla při chůzi u sledovaného parametru CPEI (Latour, Latour, Arlet, Adach, & Bohatyrewicz, 2011). Z důvodu této vysoké variability je nutné brát v úvahu, že naměřené hodnoty nejsou absolutní hodnotou.

12.2 Diskuze k hypotéze H2

Cílem Studie 2 bylo progresivní longitudinální sledování změn typologie nohy a vybraného parametru posturální stability u 35 elitních sportovců – hráčů fotbalu, po dobu 3 let v období dospívání (15-18 let). Výsledky statistické analýzy dat ukázaly signifikantní rozdíly v typologii nohy i v posturální stabilitě v závislosti na čase (rok T1, rok T2, rok T3).

Významné rozdíly v typologii nohy, která byla charakterizována četností výskytu jednotlivých typů nohy, jsme našli mezi druhým (T2) a třetím (T3) rokem a prvním (T1) a třetím (T3) rokem měření. Pro levou nohu byly průměrné hodnoty CSI v jednotlivých letech následující: $38,01 \pm 7,85$ % v T1, $37,04 \pm 9,36$ % v T2 a $41,91 \pm 8,98$ % v T3. Pro pravou nohu byly hodnoty velmi podobné: $39,50 \pm 8,35$ % v T1, $39,50 \pm 8,35$ % v T2 a $38,99 \pm 9,10$ % v T3.

Četnosti typu nohy a jejich změny v jednotlivých letech se pro jednotlivé typy nohy (normální noha, přechodný typ, snížená klenba, mírně plochá noha, středně plochá noha a výrazně plochá noha) vyvíjely odlišně.

Typ nohy normální noha nejprve zaznamenal mezi T1 vs. T2 nárůst četnosti (o 3 %) a poté mezi T2 vs. T3 pokles četnosti (o 8 %) s tímto zastoupením normální nohy v jednotlivých letech: 11 % v T1, 14 % v T2, 6 % v T3.

Přechodný typ nohy měl totožný trend změny četnosti jako normální typ nohy. Nejprve došlo mezi T1 vs. T2 k nárůstu četnosti (o 4 %) a poté mezi T2 vs. T3 k poklesu četnosti (o 17 %) s tímto zastoupením: 43 % v T1, 47 % v T2 a 30 % v T3.

Na rozdíl od předchozích dvou typů nohy, typ nohy snížená klenba zaznamenal mezi T1 vs. T2 pokles četnosti (o 10 %), který byl mezi T2 vs. T3 následován opětovným nárůstem četnosti (o 10 %) s následujícím zastoupením v jednotlivých letech: 29 % v T1, 19 % v T2 a 29 % v T3.

Typ nohy plochá noha (bez rozdělení na jednotlivé podtypy) ukázal významný vzestup v četnosti v celém průběhu sledování s tímto zastoupením v jednotlivých letech: 17 % v T1, 20 % v T2 a 36 % v T3. Statisticky významný nárůst četnosti typu plochá noha byl zjištěn mezi T2 vs. T3 (16% nárůst) a T1 vs. T3 (19% nárůst).

Když se podrobněji podíváme na 3 podtypy ploché nohy (mírně plochá, středně plochá a výrazně plochá noha), u dvou z nich četnost také kontinuálně rostla (mírně plochá a středně plochá noha), zatímco u typu výrazně plochá noha četnost mezi T2 vs. T3 poklesla oproti T1 vs. T2, kdy zůstala na stejné hodnotě. Četnost mírně ploché nohy v průběhu sledování ukázala 2% nárůst mezi T1 vs. T2 a 8% nárůst mezi T2 vs. T3 s tímto zastoupením v jednotlivých sledovaných letech: 11 % v T1, 13 % v T2, 21 % v T3. Četnost středně ploché nohy prezentovala 1% nárůst mezi T1 vs. T2 a 7% nárůst mezi T2 a T3, přičemž měla toto zastoupení v jednotlivých letech: 3 % v T1, 4 % v T2, 13 % v T3. Výrazně plochá noha v průběhu sledování zaznamenala pokles četnosti (o 2 %), ale pouze mezi T2 vs. T3. V jednotlivých letech měla toto zastoupení: 3 % v T1 a v T2, 1 % v T3.

Z výše uvedených výsledků typologie nohy můžeme říci, že poruchy nohy typu plochá noha u elitních fotbalistů se automaticky neupraví s dospíváním a vyzráváním tělesné morfologie, jak bylo sledováno u běžné populace dětí (Adamec, 2005), ale naopak s dlouhodobým a opakovaným působením výrazné sportovní zátěže dochází k novému vzniku ploché nohy a ke zhoršení stupně poruch nohy, které stoupá s narůstající dobou působení sportovní zátěže, tedy s trváním přetěžování v neoptimálním nastavení (postuře) a funkci nohy, kterou statická porucha nohy vyvolává. Toto zjištění je ve shodě s teorií „Tissue stress theory“, která definuje zátěž (z angl. stress) jako sílu aplikovanou na materiál. Odezvou materiálu na cyklicky se opakující dlouhodobý stress je únava materiálu (Niek Van Dijk et al., 2017). Teorie

vysvětluje, že zatížení tkání musí být pro jedince tolerovatelné, jinak dochází k mechanickému přetížení, které se projevuje poruchou postury a funkce nohy, např. hyperpronace nohy (Earls, 2014; Haendlmayer & Harris, 2009; Harradine et al., 2003), která je přítomná u ploché nohy středního a výrazného stupně. Další výzkum potvrzuje, že hyperpronace nohy je rizikovým faktorem pro vznik tendinopatií, které jsou v úzké spojitosti s postupným narůstajícím zatížením šlachy a úponu (úraz na podkladě opakující se zátěže, z angl. repetitive strain injury) a nebo s akutním jednorázovým zapůsobením výrazné zátěže (Niek Van Dijk et al., 2017). To podporuje tvrzení autorů Nery, Raduan a Baumfeld (2016), kteří referují, že přetížení je hned na druhém místě z nejčastějších mechanismů vzniku zranění dolních končetin u fotbalistů za mechanismem zranění při kontaktu s protihráčem. Novodobé paradigma naproti tomu ukazuje impaktové síly při zátěži jako pozitivní a nutný input pro tonizaci svalů a šlach. Tyto impaktové síly působící na nohu a dolní končetinu během chůze a především běhu však mohou být změněny geometrií (resp. morfologií) nohy, ztuhlostí kotníku a kolene nebo funkční změnou – zřetěžením měkkých a kostních struktur končetiny (Nigg, 2001).

Posturální stabilita

Sledovaným parametrem posturální stability byla i v této studii celková dráha (TTW) středu tlakového působení ve stoji na 1 DK. Výsledky studie ukázaly signifikantní rozdíly v TTW parametru pro obě dolní končetiny a pro rozdíl mezi dolními končetinami (TTW_{Δ}), přičemž TTW hodnoty pro levou dolní končetinu byly vyšší se signifikantním rozdílem mezi roky T1 vs. T3. Pro pravou DK byl nalezen signifikantní rozdíl mezi měřeními T1 vs. T2 a T1 vs. T3. S rostoucím časem a potažmo věkem se průměrná hodnota TTW u obou dolních končetin i rozdíl TTW_{Δ} mezi končetinami snižovaly, přičemž signifikantní rozdíl v TTW_{Δ} byl zaznamenán mezi měřeními T1 vs. T3. Toto snížení hodnot TTW v průběhu sledování svědčí o pozitivním vlivu dospívání a zrání tělesných funkcí na funkce posturální stability, které zároveň s výraznou sportovní zátěží trénují posturální stabilitu do vyšší úrovně kvality. To dokládá i studie Paillard et al. (2006), podle které snížení hodnoty TTW_{Δ} reflektuje úpravu stranové asymetrie posturální stability v rámci stoje na jedné noze, která může být dána například snížením asymetrie svalové síly dolních končetin v součinnosti s dobou v profesionálním sportovním tréninku (Fousekis, Tsepis, & Vagenas, 2010).

Čím delší dobu je hráč v profesionálním sportovním tréninku a ve vyšší úrovni, tím je zlepšení úrovně posturální stability markantnější (Paillard et al., 2006).

Současný výzkum také uvádí, že profesionální hráč úrovně senior má signifikantně lepší schopnost posturální stability než junior (21 let) a mládežník (16 let), (Mala et al., 2017). Z toho vyplývá, že vliv dlouhodobé zátěže vysoké intenzity neomezí nárůst kvality posturální stability vyvolaný dozráváním funkcí pohybového systému a sportovním tréninkem v období dospívání.

Pokud se podíváme na vztah mezi úrovní posturální stability a typologie nohy, byla u populace zdravých mladých lidí nalezena excelentní korelace mezi plochou nohou a úrovní posturální stability v tomto smyslu (Harrison & Littlewood, 2010a): čím závažnější úroveň ploché nohy, resp. čím vyšší hodnota CSI pro plochou nohu, tím vyšší hodnota TTW, resp. horší úroveň posturální stability. Avšak naše výsledky ukázaly opačný trend znázorněný zvýšením úrovně posturální stability, tedy snížením hodnoty TTW, současně s nárůstem hodnoty CSI pro plochou nohu. To ukazuje, že sportující populace školních dětí (elitních fotbalistů) specificky reaguje na enormní zátěž. Pomocí dlouhodobého tréninku se u nich projevuje výrazný nárůst kvality posturální stability, ale zároveň se přetížením z působení dlouhodobé opakované výrazné zátěže mohou rozvinout poruchy nohy, či může dojít ke zhoršení již přítomných poruch nohy.

12.3 Diskuze k hypotéze H3

Cílem Studie 3 bylo ověřit efekt cílené pohybové intervence u výrazně sportujících dětí – chlapců fotbalistů ve věku 9-10 let s přítomnou poruchou nohy typu pronovaná noha a/nebo plochá noha pomocí vybraných funkčních charakteristik nohy hodnotících typologii nohy, posturální stabilitu a dynamickou funkci nohy.

Výsledky statistické analýzy dat ukázaly statisticky významné rozdíly před a po absolvování terapie v parametrech typologie nohy (FPI a CSI) a dynamické funkce nohy (CPEI). Konkrétně se jednalo o pozitivní efekt terapie formou zlepšení hodnot těchto parametrů. Výsledky pro parametr posturální stability (TTW) neprokázaly signifikantní efekt intervence, ale z porovnání hodnot před a po terapii je zřejmé,

že došlo ke zhoršení funkce posturální stability, tedy k negativnímu efektu terapie na kvalitu posturálních funkcí.

Typologie nohy

Typologický výzkum nohy podle klasifikace FPI prokázal signifikantní rozdíly mezi hodnotami před absolvováním a po absolvování terapie pro obě nohy. Průměrná hodnota FPI pro levou nohu byla po terapii nižší ($7,43 \pm 2,59$) průměrně o $0,86 \pm 1,46$ v porovnání s hodnotou před terapií ($8,29 \pm 3,38$). FPI pro pravou nohu měla před terapií vyšší hodnotu ($8,71 \pm 2,67$) v porovnání s levou nohou, ale po terapii se snížila výrazněji (o $1,86 \pm 1,96$) na hodnotu $6,86 \pm 2,38$. Klasifikace FPI pro tyto hodnoty odpovídá typu nohy pronovaná noha (+5 až +9). Podle velikosti hodnoty rozdílu pro pravou nohu můžeme říci, že pravá noha reagovala na terapii v parametru FPI lépe v porovnání s levou nohou. Navíc směrodatná odchylka průměrné hodnoty FPI po terapii pro pravou nohu ukazuje, že některé případy u pravé nohy mohou podle klasifikace zapadat i do typu normální noha. Normální asymetrický rozdíl v FPI mezi pravou a levou nohou byl v literatuře stanoven na rozmezí $\pm 1SD$ (1 směrodatná odchylka), (Rokkedal-Lausch, Lykke, Hansen, & Nielsen, 2013), což naše výsledky splňují.

Podle procentuálních četností rozložení typů nohy dle FPI byla u výzkumného vzorku před terapií nejčastěji zastoupena pronovaná noha (47 %), dále hyperpronovaná noha (39 %) a normální noha (14 %). Po terapii byla četnost pronované nohy vyšší (61 %) než před terapií, ale došlo k signifikantnímu snížení četnosti hyperpronované nohy (18 %) a navýšení počtu typu normální noha (21 %). Supinované formy typu nohy se ve výzkumném vzorku nevyskytovaly před terapií ani po terapii, neboť nebyly součástí výzkumu.

Typologický výzkum nohy podle CSI také prokázal pozitivní vliv cílené terapie u sportujících chlapců s poruchou nohy plochá noha a pronovaná noha. Výsledky ukázaly signifikantní snížení v průměrné hodnotě CSI mezi měřeními před a po absolvování terapie pro pravou nohu. U pravé nohy došlo k průměrné změně v CSI o $3,16 \pm 4,99$ %, zatímco u levé nohy o pouhých $1,19 \pm 5,27$ %. Hodnota CSI byla před zahájením intervence pro levou nohu vyšší ($54,84 \pm 11,01$ %) než pro pravou ($53,79 \pm 10,86$ %). Po absolvování terapie klesla hodnota CSI pro obě nohy

(CSI_L = 53,66 ± 10,62 %; CSI_P = 50,63 ± 8,81 %), ale signifikantně pouze pro pravou.

Na základě procentuálních četností rozložení typů nohy podle CSI klasifikace byla nejpočetnějším typem nohy noha středně plochá (36 %), dále mírně plochá (32 %), výrazně plochá (18 %), snížená klenba (11 %), přechodný typ nohy (3 %) a normální noha (0 %).

Po terapii se rozložení změnilo. Nejpočetnějším typem nohy byl typ mírně plochá noha, u které došlo k nárůstu četnosti (43 %). Na druhé straně však významně klesla četnost středně ploché nohy (25 %). Výrazně plochá noha zůstala ve stejném počtu jako před terapií (18 %). U snížené klenby došlo k mírnému poklesu četnosti (7 %) a u přechodného typu nohy došlo k nárůstu četnosti (7 %). Nulový výskyt normální nohy se vlivem terapie nezměnil. Z toho vyplývá, že cílená terapie má pozitivní vliv pouze na mírnější formy ploché nohy (mírně plochá a středně plochá noha) a může upravit snížený typ klenby na typ přechodný, který má nejbliže k normální noze. Cílená neurofyziologická intervence tedy může, avšak omezeně, ovlivnit posturální nastavení a tím nepřímo ovlivnit i funkci nohy.

Intervence použitá v této výzkumné práci kombinovala nepoužívanější přístupy v terapii nohy, dolních končetin a potažmo celého pohybového systému. Přesto, že terapie trvala pouze 4 týdny, tedy nejkratší možnou dobu s prokázaným efektem terapie, která je v rámci intervenčních výzkumných studií evidovaná, byl prokázán její pozitivní vliv na poruchy nohou u výrazně sportujících dětí.

V naší studii jsme aplikovali cvičení 2x týdně pod individuálním vedením jednoho fyzioterapeuta. Autoři Mulligan a Cook (2013) zkoumali vliv 4týdenního senzomotorického tréninku na posturu nohy (navicular drop) a balanci (star excursion balance test) formou domácího každodenního progresivního cvičení senzomotorického tréninku a našli pozitivní zlepšení ve smyslu míry snížení klenby měřené poklesem os naviculare a zlepšení vzdáleností dosahu v testu balance.

Naše studie obsahovala podstatné prvky a progresivní charakter senzomotorického tréninku v kombinaci se specifickým cvičením krátkých vnitřních svalů nohy inspirovaného cvičením „velké nohy“ dle Lewitové (2016) a cvičení v pozicích z vývojové kineziologie, které byly již v podobném složení prezentovány

studii Kinclové (2016) jako efektivní v terapii dětské ploché nohy. Studie však na rozdíl od té naší zkoumala obecnou skupinu mladších dětí ve věku 4-7 let, chlapce i dívky dohromady, s přítomnou poruchou nohy flexibilní plochá noha po absolvování 5 týdnů trvající individuální terapie 2x týdně. K hodnocení efektu terapie využívala parametry hodnotící posturu nohy CSI a FPI (stejně jako v naší studii), dále navicular drop test a pro dynamickou funkci nohy hodnotila tlakové parametry distribuce tlaku nohy na podložku ve stoji a při chůzi. Některé děti byly hodnoceny také 3D metodou profilového mapovacího zařízení sestaveného na pracovišti, které evaluovali. Naše studie zkoumala skupinu výrazně sportujících chlapců 9-10 let s přítomnou poruchou nohy pronovaná noha a/nebo plochá noha pomocí podobných metod, avšak s využitím jiných vědecky ověřených parametrů hodnotících dynamickou funkci nohy. Studie tak na sebe navazují a doplňují jednotlivé deficitní ve výzkumu funkčních poruch nohy. Autorka uvádí hodnoty CSI vyjádřené desetinným číslem, které po vynásobení 100 odpovídá hodnotě procentuálního vyjádření použitého v naší studii. Kinclová (2006) zjistila tyto hodnoty CSI: pravá noha před terapií $0,57 \pm 0,15$ a po terapii $0,41 \pm 0,10$; levá noha před terapií $0,63 \pm 0,13$ a po terapii $0,43 \pm 0,12$. Pro hodnoty FPI referuje tyto hodnoty: pravá noha před terapií $9,95 \pm 1,85$ a po terapii $4,70 \pm 2,15$ a levá noha před terapií $10,90 \pm 1,62$ a po terapii $6,55 \pm 2,39$. Terapie měla prokazatelně pozitivní vliv u těchto mladších dětí. Ve srovnání s našimi výsledky jsou hodnoty před terapií i po terapii u mladších dětí vyšší než u starších dětí výrazně sportujících. To potvrzuje poznatky výzkumu poruch nohy, které uvádějí pokles hodnot CSI i FPI s věkem dítěte (Evans, 2011; Forriol & Pascual, 1990).

Posturální stabilita

Výzkum vlivu cílené terapie na funkce posturální stability vyjádřené celkovou dráhou výchylek (TTW) středu tlakového působení neukázal signifikantní rozdíl v hodnotě TTW před a po absolvování terapie. Průměrná hodnota TTW byla před zahájením intervence pro levou končetinu nižší ($1176,71 \pm 489,60$ mm) než pro pravou končetinu ($1222,57 \pm 557,32$ mm). Po absolvování intervence se průměrná hodnota TTW pro levou končetinu zvýšila ($1406,50 \pm 502,15$ mm), avšak nesignifikantně. U pravé končetiny zůstala průměrná hodnota téměř beze změny ($1231,86 \pm 454,01$ mm).

Zvýšení hodnoty TTW po intervenci znamená zhoršení funkce posturální stability, které bylo přítomné výrazně pro levou končetinu. Což je v rozporu s výsledky studie Harrison a Littlewood (2010), kteří uvádějí, že čím je horší stupeň ploché nohy (vyšší CSI), tím je vyšší hodnota posturálních výchylek. Jiný výzkum uvádí okamžitý pozitivní efekt terapie krátkých svalů na dynamickou posturální stabilitu u typu nohy pronovaná noha měřenou dosahy do různých směrů, které se po terapii okamžitě pozitivně zvětšily (Moon, Kim, & Lee, 2014). Námi zjištěné mírné zhoršení hodnot parametru posturální stability TTW pro levou končetinu mohla zapříčinit například krátká délka intervence, která v naší studii trvala pouze 4 týdny, ačkoli jsme se inspirovali jinými podobnými intervenčními studii, které tuto délku terapie potvrdily jako dostatečnou pro projevení efektu terapie. Je známo, že adaptace pohybového systému na zátěž probíhá až okolo 6 týdnů, přičemž jako normální fyziologický proces reakce na zátěž může být počáteční zhoršení funkcí. Proto naše zhoršené výsledky pro TTW mohou reflektovat právě období prvotního zhoršení, na které by mohlo navazovat zlepšení, kdyby byla intervence nastavena na delší dobu trvání.

Dynamická funkce nohy

Výzkum dynamické funkce nohy pomocí parametru Centre of pressure excursion indexu (CPEI) při chůzi u skupiny sportujících chlapců před a po absolvování terapie ukázal signifikantní zvýšení hodnoty CPEI pro obě nohy, což znamená pozitivní efekt terapie na funkci nohy.

Průměrná hodnota CPEI před zahájením intervence byla pro levou nohu nepatrně vyšší ($18,87 \pm 6,00$ %) než pro pravou nohu ($18,68 \pm 7,43$ %) a po intervenci se hodnota CPEI pro levou nohu zvýšila výrazněji ($27,76 \pm 7,30$ %) než pro pravou nohu ($26,71 \pm 5,41$ %). Jedná se ale o fyziologickou symetrii dolních končetin. Naše výsledky se shodují s výsledky studie autorů Hillstrom et al. (2013), kteří uvádí průměrné hodnoty CPEI u ploché nohy $18,57 \pm 4,97$ %, i když pro dospělé populaci.

Analýza rozložení četnosti typů nohou před terapií ukázala 75% zastoupení pronované až hyperpronované funkce nohy a 25% zastoupení normální funkce nohy. Nebyly přítomny žádné nohy s poruchou supinační funkce nohy, jelikož se jednalo o výběr probandů pouze s pronovanou nohou a/nebo plochou nohou.

Po terapii se četnost pronované až hyperpronované funkce nohy snížila o 47 % a četnost normální funkce nohy se zvýšila o 11 %. Po terapii byla dokonce zjištěna přítomnost supinované až hypersupinované funkce nohy a to ve 36 % nohou. Toto zajímavé zjištění může ukazovat na vysoký efekt cvičení. Jiným vysvětlením může být také klasifikační stupnice, která byla u výzkumného vzorku po inspiraci jinou výzkumnou studií určena expertně na základě rozdělení škály výsledků na třetiny. Spodní třetina výsledků (CPEI 10-24,9 %) odpovídala pronační funkci nohy, střední třetina (CPEI 25-34,9 %) normální funkci nohy a horní třetina (CPEI nad 35 %) supinační funkci nohy. Množství výzkumných studií používajících CPEI je omezené a výzkumné studie, které CPEI použily, uvádí buďto kvalitativní hodnocení výsledků trajektorie COP anebo průměrné hodnoty pro jednotlivé typy nohou pouze pro dospělou populaci. Například Ledoux a Hillstrom (2002) uvádí průměrnou hodnotu CPEI pro normální nohu 20,17 % a pozdější výzkum Hillstrom et al. (2013) o něco vyšší hodnotu CPEI pro normální nohu $21,65 \pm 5,47$ %. Vzhledem k vysoké variabilitě vzoru kroku u dětí (Latour et al., 2011) nelze tyto hodnoty s dospělými porovnávat. I přes nejasnost příčiny přítomnosti supinační funkce nohy u chlapců po absolvování terapie, naše výsledky prokázaly pozitivní efekt cílené intervence na dynamickou funkci nohy.

Limity výzkumu

Výsledky Studie 1 mohou být ovlivněny výběrovou chybou systematickou, kdy byl výzkumný vzorek dětí z cílové skupiny školních dětí vybrán na základě dostupnosti a ne náhodně. Limitujícím faktorem také může být malý výzkumný vzorek nesportujících dětí.

Výsledky Studie 2 mohou být ovlivněny různými pro fotbal specifickými i běžnými faktory, zevními a vnitřními, které jsme v různé míře byli nebo nebyli schopni v rámci sledování kontrolovat. Z praktického hlediska, nebylo možné přesně kontrolovat tréninkové zatížení sledovaných hráčů vzhledem k tomu, že se jednalo o hráče 3 různých elitních fotbalových týmů. V naší studii jsme nemohli kontrolovat typ nošené denní obuvi. Zároveň samotná fotbalová obuv, která je typicky rigidnější a má omezený prostor pro prstce nohy, má významný vliv na poruchy nohy (Earls, 2014). Z vnitřních faktorů mohlo výsledky ovlivnit především psychické rozpoložení hráčů, aktuální zdravotní stav a jiné (Niek Van Dijk et al., 2017).

Výsledky Studie 3 mohly být ovlivněny krátkodobým trváním cílené intervence a malým výzkumným vzorkem s nemožností výsledky pozitivního vlivu cílené intervence generalizovat na celou populaci organizovaně sportujících chlapců 9-10 let s přítomnou poruchou nohy pronovaná a/nebo plochá noha hrajících fotbal.

Vyjádření k hypotézám výzkumu

Hypotéza 1 zjišťovala skupinové rozdíly ve vybraných funkčních charakteristikách nohy u sportujících a nespportujících dětí.

H1: Existují signifikantní skupinově specifické rozdíly ($p < 0,05$, $d > 0,50$, $\eta_p^2 \geq 0,06$) alespoň ve dvou parametrech z vybraných funkčních charakteristik nohy pro skupinu organizovaně sportujících a pro skupinu nespportujících dětí školního věku:

- četnost výskytu pronované a výrazně pronované nohy podle Foot posture indexu (FPI),
- četnost výskytu ploché nohy a jejich podskupin podle Chippaux-Šmiřák indexu (CSI),
- hodnota celkové dráhy výchylek (total traveled way, TTW) středu tlakového působení (COP),
- funkce nohy během chůze podle Centre of pressure excursion indexu (CPEI).

Výsledky statistické analýzy dat ukázaly signifikantní rozdíly mezi sportujícími a nespportujícími školními dětmi ve 2 parametrech – posturální stabilita (TTW) pro věkovou kategorii dětí 9-10,9 let a 15-16 let a dynamická funkce nohy dle CPEI. Sportující děti měly v porovnání s nespportujícími lepší dynamickou funkci nohy bez ohledu na věk a lepší hodnoty posturální funkce ve věkové kategorii 9-10,9 let. Ve starší věkové kategorii měly sportující děti horší funkci posturální stability než nespportující vrstevníci. Výsledky výzkumu splnily podmínky pro přijetí vědecké hypotézy H1.

Hypotéza 2 zkoumala vliv dlouhodobé zátěže na vybrané charakteristiky nohy u sportujících dětí v období dospívání.

H2: Pomocí vybraných funkčních charakteristik nohy lze identifikovat signifikantní ($p < 0,05$, $\eta_p^2 \geq 0,06$) negativní vliv dlouhodobé zátěže trvajících alespoň 3 roky alespoň v jednom parametru nohy u organizovaně sportujících školních dětí – elitních fotbalistů kategorie U15-U18 s poruchou nohy typu pronovaná noha a/nebo plochá noha:

- zvýší se průměrná hodnota CSI minimálně o 2%,
- zvýší se průměrná hodnota TTW minimálně o 200 mm.

Výsledky statistické analýzy dat tříletého sledování ukázaly signifikantní rozdíly ve 2 sledovaných parametrech – typ nohy dle CSI a posturální stabilita (TTW), přičemž se ukázalo, že na základě dlouhodobého působení sportovní zátěže v období dospívání se typ nohy plochá noha zhoršují, a dokonce narůstá jejich četnost z nově vznikajících poruch v průběhu sledovaných let. Posturální stabilita se však na rozdíl od poruch nohy nijak nezhoršila, dokonce došlo k jejímu výraznému zlepšení. Výsledky výzkumu splnily podmínky pro přijetí vědecké hypotézy H2.

Hypotéza 3 ověřovala efekt cílené pohybové intervence na funkční charakteristiky nohy u sportujících dětí.

H3: Cílená pohybová intervence signifikantně ($p < 0,05$, $d > 0,50$) pozitivně ovlivní minimálně dva parametry z vybraných funkčních charakteristik nohy u chlapců organizovaně hrajících fotbal ve věku 9-10 let s poruchou nohy typu pronovaná a/nebo plochá noha:

- sníží se průměrná hodnota FPI alespoň o 1 jednotku,
- sníží se průměrná hodnota CSI alespoň o 2 %,
- sníží se průměrná hodnota TTW alespoň o 200 mm,
- zvýší se průměrná hodnota CPEI alespoň o 5 (%).

Výsledky statistické analýzy dat ukázaly signifikantní rozdíly před a po absolvování terapie ve 3 sledovaných parametrech – typ nohy dle FPI, typ nohy dle CSI a dynamická funkce nohy dle CPEI, přičemž intervence měla prokazatelně pozitivní efekt. U typu nohy dle FPI pronovaná noha a hyperpronovaná noha se vlivem intervence snížila její četnost. U typu nohy dle CSI se četnost typu plochá noha sice nesnížila, ale změnilo se rozložení jejích podtypů, a to ze středně ploché nohy na mírnější stupeň mírně plochou nohu. Navíc došlo ke snížení četnosti typu snížená klenba, které se projevilo zvýšením četnosti přechodného typu nohy, který je nejmírnějším podtypem normální nohy. Zjištěným typem dynamické funkce nohy dle CPEI byla u dětí před terapií pronovaná až hyperpronovaná funkce. Po terapii došlo k úpravě směrem k normální dynamické funkci nohy. Dokonce se projevil posun k supinační funkci nohy. Výsledky výzkumu splnily podmínky pro přijetí vědecké hypotézy H3.

13 ZÁVĚRY VÝZKUMU

Pohybová aktivita a její intenzita je jedním ze zevních faktorů působících na morfologii a funkci nohy. Naše studie prokázala, že působení pohybové aktivity v její nejvyšší intenzitě (výrazná sportovní zátěž) a naopak v její nejnižší intenzitě (pohybová neaktivita) je rizikovým faktorem vzniku poruch morfologie a funkce nohy u školních dětí ve věku 9-18 let.

Obě skupiny prokázaly vysoký výskyt poruch nohy oproti výsledkům obecné populace školních dětí uvedených v dostupné literatuře. Byly identifikovány významné rozdíly mezi sportujícími a nespportujícími dětmi. Předpoklad, že sportující děti budou mít v porovnání s nespportujícími horší funkční charakteristiky nohy z hlediska působení výrazné sportovní zátěže, se naplnil pouze pro starší děti věku 15-16 let a pouze pro funkci posturální stability. V ostatních parametrech typologie nohy, posturální stability i dynamické funkce nohy měly sportující děti bez ohledu na věk výsledky lepší než děti nespportující. Z toho vyplývá, že nespportující děti jsou obecně náchylnější k výskytu poruch nohy na základě působení nedostatku pohybové aktivity než sportující děti k výskytu poruch nohy na základě působení výrazné sportovní zátěže.

Situace se mění, pokud výrazná sportovní zátěž působí dlouhodobě a v období dospívání. Na základě výsledků dlouholetého sledování parametrů typologie nohy a posturální stability můžeme konstatovat, že sportující děti, resp. elitní hráči fotbalu ve věku 15-18 let jsou vystaveni riziku vzniku a zhoršení statických poruch nohy, které s sebou nesou negativní vliv na celkovou funkci nohy v zátěži a tím zvýšené riziko vzniku dalších poruch v oblasti pohybového aparátu z přetížení. Pouze funkce posturální stability s přechodem do dospělosti vyžívá a dlouhodobým tréninkem dále zlepšuje kvalitu své funkce i u výrazně sportujících dětí.

Pomocí cílené neurofyziologické intervence lze pozitivně ovlivnit poruchy nohy typu pronovaná noha a plochá noha u dětí výrazně sportujících ve věku 9-10 let, aniž by přidáním této pohybové intervence k výrazné sportovní zátěži, které jsou vystaveny, došlo k přetížení dětí. Naše studie prokázala, že aplikovaná krátkodobá, ale komplexní pohybová intervence může pozitivně ovlivnit parametry morfologie nohy i dynamické funkce nohy, avšak ne funkce posturální stability, u které se kvalita funkce mírně zhoršila. Intervence na ovlivnění posturální stability s největší pravděpodobností vyžaduje delší trvání než pouhé 4 týdny. Cílená komplexní intervence

na neurofyziologickém základu nabízí vhodné řešení ke zmírnění stupně již vzniklých poruch nohy u výrazně sportujících dětí.

Vzhledem k našim výsledkům vyvstává doporučení důrazné prevence ve sledování postury a funkce nohy u dětí, především u dětí nesportujících a výrazně sportujících, které jsou prokazatelně náchylné na základě působení výrazně pohybové zátěže či deprivace pohybové aktivity k výskytu a vzniku funkčních poruch v oblasti nohy a tím zvýšenému riziku zranění z přetížení a únavy.

Sportovní či kondiční trenéři a sportovní zdravotníci by měli kontrolovat a brát v úvahu typ nohy u adolescentních elitních hráčů fotbalu a preventivně kompenzačně zasáhnout tak, aby se předešlo vzniku ploché nohy či zhoršení její úrovně a tím minimalizovat riziko vzniku návazných muskulo-skeletálních dysfunkcí na různých etážích pohybového aparátu, zvýšení únavy nohou a následnému riziku vzniku zranění.

Další výzkum by měl směřovat ke studiu větších výzkumných vzorků dětí pro možnost generalizace výsledků, s důkladnou evidencí typu a délky trvání sportovní zátěže a pohybové neaktivity u školních dětí. Dále by se výzkum mohl věnovat porovnání sportujících a nesportujících dětí s normálním vzorkem dětí pro přesnější definici normálního výskytu poruch nohy u vyvíjející se dětské nohy. V neposlední řadě by bylo vhodné identifikovat specifické funkční charakteristiky nohy také vzhledem k jednotlivým sportovním odvětvím.

SOUHRN

Komplexní struktura nohy a její funkce vyžaduje komplexní pohled i přístup odborníků. Dětská noha je v období vývoje do dospělosti více náchylná k působení různých vnitřních i vnějších vlivů. Jedním z rizikových vnějších faktorů může být také pohybová aktivita a její intenzita v její extrémní míře – výrazná sportovní zátěž a pohybová neaktivita.

Výzkumná práce se zabývala komplexním zkoumáním problematiky dětské nohy a jejich posturálních a funkčních poruch u sportujících a nesportujících školních dětí, zjišťovala vliv dlouhodobého působení výrazné sportovní zátěže na dětskou nohu v období dospívání a ověřovala možnosti ovlivnění poruch nohy u výrazně sportujících dětí pomocí cílené terapie.

Výsledky ukázaly, že obě skupiny dětí mají zvýšený výskyt poruch nohy, přičemž u nesportujících dětí je výskyt poruch nohy větší než u sportujících dětí. Další sledování potvrdilo předpoklad negativního vlivu dlouhodobé výrazné pohybové zátěže u sportujících dětí v období dospívání na morfologii i funkci nohy. Dlouhodobá výrazná sportovní zátěž je rizikovým faktorem pro vznik nových poruch nohy a zhoršení již existujících poruch nohy u sportujících dětí. Výzkumná práce ověřila pozitivní efekt cílené pohybové neurofyziologické intervence na poruchy nohy pronovaná a plochá noha u výrazně sportujících dětí. Po absolvování čtyřtýdenní terapie došlo ke snížení výskytu středně ploché a mírně ploché nohy, zmírnění pronačního držení nohy a zlepšení dynamické funkce z výrazně pronované na normální až supinovanou funkci. Funkce postrální stability však nebyla terapií pozitivně ovlivněna, naopak došlo k mírnému počátečnímu zhoršení, které zřejmě bylo způsobeno nedostatečným časem pro dokončení adaptačních procesů efektu terapie na posturální funkce, které představují složitější mechanismus a součinnost více tělesných systémů.

Výzkumná práce přinesla nové ucelené poznatky výzkumu typologie a funkce nohy, jejich poruch a následných možností terapeutického ovlivnění u 2 specifických skupin školních dětí vybraných na základě prováděné pohybové aktivity výrazné intenzity a nízké intenzity. Presentované výsledky mohou sloužit jako podklad a opodstatnění pro zavedení důsledných diagnostických, preventivních a kompenzačních strategií ve sportovních klubech, zdravotnických a pedagogických

zařízeních, kde se věnují školním dětem a jejich pohybovým a zdravotním potřebám. Studie také nastiňuje směr dalšího výzkumu problematiky nohy v dětském věku.

SUMMARY

The complex structure of the foot and its function requires a comprehensive view and approach of professionals. A children foot is more prone to the effects of various internal and external influences during the development to adulthood. One of the risk factors may be physical activity and its intensity in extreme levels – high-performance sports activity and physical inactivity.

Research study was dealing with complex examination of problems of paediatric feet and it's dysfunction in two specific groups of school children – sporting children and non-sporting children, determination of long-term influence of high-performance sport activity during adolescence on foot characteristics, and evaluation the effect of targeted neurophysiologic intervention on foot disorders in sporting children.

Results show that both groups of school children have a high prevalence of foot dysfunctions, but they were more presented in the group of non-sporting children in comparison with sporting children. Thy hypothesis about negative influence of long-term high-performance sport activity on the functional foot characteristics in actively sporting adolescents was proved. Lastly, the study evaluated the positive effect of targeted neurophysiologic intervention on pronated foot and flatfoot disorders in sporting children. After a four-week therapy, there was a significant improvement in foot morphology and dynamic foot function - reducing the level of moderate and mild flatfoot types, changing the pronated foot posture to more normal posture and improving pronated function to normal and supinated foot function. However, the postural stability functions were slightly worse after the therapy. It might be due to the adaptation processes were not completed during just 4 weeks of the therapy duration, as the postural stability is a complex function of more body systems.

This research study has brought new insights into research and development of foot typology and function, foot disorders and the intervention possibilities of the foot disorders in sporting school children and non-sporting school children. Presented results can serve as a basis for the determination of consistent diagnostic, preventive and compensatory strategies in sports clubs, medical and pedagogical facilities working with children. The study outlines the direction of further research into the issue of children foot.

REFERENČNÍ SEZNAM

(Citováno dle citační normy APA 6 softwarem Mendeley 1.19.4)

- Adamec, O. (2005). Plochá noha v dětském věku – diagnostika a terapie. *Pediatric pro Praxi*, 4, 194–196.
- Aenumulapalli, A., Kulkarni, M. M., & Gandotra, A. R. (2017). Prevalence of flexible flat foot in adults: A Cross-sectional study. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 11(6), 1159–1165.
- Aydog, S. T., Tetik, O., Demirel, A. H., & Doral, M. N. (2005). Differences in sole arch indices in various sports. *British Journal of Sports Medicine*, 39(2), 1–3.
- Banwell, H. A., Paris, M. E., Mackintosh, S., & Williams, C. M. (2018). Paediatric flexible flat foot: How are we measuring it and are we getting it right? A systematic review. *Journal of Foot & Ankle Research*, 11(1), 1–13.
- Bartoníček, J., & Heřt, J. (2004). *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Praha: Maxdorf Jesenius.
- Billis, E., Katsakiori, E., Kapodistrias, C., & Kapreli, E. (2007). Assessment of foot posture: Correlation between different clinical techniques. *The Foot*, 17(2), 65–72.
- Bonanno, D. R., Landorf, K. B., Munteanu, S. E., Murley, G. S., & Menz, H. B. (2017). Effectiveness of foot orthoses and shock-absorbing insoles for the prevention of injury: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(2), 86–96.
- Booth, B. G., Keijsers, N. L. W., Sijbers, J., & Huysmans, T. (2018). STAPP: Spatiotemporal analysis of plantar pressure measurements using statistical parametric mapping. *Gait & Posture*, 63, 268–275.
- Bourdet, C., Seringe, R., Adamsbaum, C., Glorion, C., & Wicart, P. (2013). Flatfoot in children and adolescents. Analysis of imaging findings and therapeutic implications. *Orthopaedics and Traumatology: Surgery & Research*, 99(1), 80–87.
- Brushøj, C., Langberg, H., Larsen, K., Nielsen, M. B., & Hölmich, P. (2007). Reliability and normative values of the foot line test: A technique to assess foot posture. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 37(11), 703–707.
- Bubeníčková, K. (2016). Nohy a v nich ukryté reflexní zóny. *Umění Fyzioterapie*, 2, 39–42.

- Buchanan, K. R., & Davis, I. (2013). The relationship between forefoot, midfoot, and rearfoot static alignment in pain-free individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 35(9), 559–566.
- Buldt, A. K., Forghany, S., Landorf, K. B., Levinger, P., Murley, G. S., & Menz, H. B. (2018). Foot posture is associated with plantar pressure during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait & Posture*, 62, 235–240.
- Buldt, A. K., Levinger, P., Murley, G. S., Menz, H. B., Nester, C. J., & Landorf, K. B. (2015). Foot posture is associated with kinematics of the foot during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait & Posture*, 42(1), 42–48.
- Carr, J. B., Yang, S., & Lather, L. A. (2016). Pediatric pes planus: A state-of-the-art review. *Pediatrics*, 137(3).
- Chang, H. W., Chieh, H. F., Lin, C. J., Su, F. C., & Tsai, M. J. (2014). The relationships between foot arch volumes and dynamic plantar pressure during midstance of walking in preschool children. *PLoS ONE*, 9(4), 1-7.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cooper, A., & Jones, S. (2014). Foot disorders in childhood. *Surgery (Oxford)*, 32(1), 46–49.
- Cranage, S., Banwell, H., & Williams, C. M. (2016). Gait and lower limb observation of paediatrics (GALLOP): Development of a consensus based paediatric podiatry and physiotherapy standardised recording proforma. *Journal of Foot & Ankle Research*, 9(1), 1–10.
- Dahle, K., Mueller, M., Delitto, A., & Diamond, E. (1991). Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 14(2), 70–75.
- Daniel, P., & Colda, A. (2012). Foot Functioning Paradigms. *The Medicine Proceedings of Romanian Academy, series B*, 14(3), 212–217.
- Dare, D. M., & Dodwell, E. R. (2014). Pediatric flatfoot. *Current Opinion in Pediatrics*, 26(1), 93–100.
- De Cock, A., Vanrenterghem, J., Willems, T., Witvrouw, E., & De Clercq, D. (2008).

- The trajectory of the centre of pressure during barefoot running as a potential measure for foot function. *Gait & Posture*, 27(4), 669–675.
- Deschamps, K., Roosen, P., Bruyninckx, H., Desloovere, K., Deleu, P.-A., Matricali, G. A., ... Staes, F. (2013). Pattern description and reliability parameters of six force–time related indices measured with plantar pressure measurements. *Gait & Posture*, 38(4), 824–829.
- Deschamps, K., Staes, F., Peerlinck, K., Van Geet, C., Hermans, C., Matricali, G. A., & Lobet, S. (2017). 3D Multi-segment foot kinematics in children: A developmental study in typically developing boys. *Gait & Posture*, 52, 40–44.
- Diaz, M. A., Gibbons, M. W., Song, J., Hillstrom, H. J., Choe, K. H., & Pasquale, M. R. (2018). Concurrent validity of an automated algorithm for computing the center of pressure excursion index (CPEI). *Gait & Posture*, 59, 7–10.
- Dordević, S., Jorgić, B., & Stanojević, I. (2015). Effects of exercise programs on pes planus in children under 18 years of age: a systematic review. *Acta Kinesiologica*, 9(2), 7–11.
- Dowling, G. J., Murley, G. S., Munteanu, S. E., Franettovich Smith, M. M., Neal, B. S., Griffiths, I. B., ... Collins, N. J. (2015). Dynamic foot function as a risk factor for lower limb overuse injury: A systematic review. *Journal of Foot & Ankle Research*, 7(1), 1–13.
- Dungl, P. (2005). *Ortopedie*. Praha: Grada.
- Dylevský, I. (2009). *Speciální kineziologie*. Praha: Grada.
- Earls, J. (2014). *Born to walk*. Berkeley, California: North Atlantic Books.
- Evans, A. M. (2011). The paediatric flat foot and general anthropometry in 140 Australian school children aged 7 - 10 years. *Journal of Foot & Ankle Research*, 4(1), 12.
- Evans, A. M., Rome, K., & Peet, L. (2012). The foot posture index, ankle lunge test, Beighton scale and the lower limb assessment score in healthy children: A reliability study. *Journal of Foot & Ankle Research*, 5(1), 1–5.
- Forriol, F., & Pascual, J. (1990). Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot & Ankle*, 11(2), 101–104.

- Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010). Lower limb strength in professional soccer players: profile, asymmetry, and training age. *Journal of Sports Science & Medicine, 9*, 364–373.
- Frank, C., Kobesova, A., & Kolar, P. (2013). Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy, 8*(1), 62–73.
- Giannini, S., Buda, R. E., Parma, A., Ramponi, L., Mazzotti, A., & Vannini, F. (2014). Ankle and foot: Foot abnormalities and pathologies. In *Pediatric & Adolescent Sports Traumatology*, 223–235. Milano: Springer.
- Gibson, V., & Prieskorn, D. (2007). The Valgus Ankle. *Foot & Ankle Clinics, 12*, 15–27.
- Gill, S. V., Keimig, S., Kelty-Stephen, D., Hung, Y. C., & DeSilva, J. M. (2016). The relationship between foot arch measurements and walking parameters in children. *BMC Pediatrics, 16*(1), 2.
- Golightly, Y. M., Hannan, M. T., Dufour, A. B., Hillstrom, H. J., & Jordan, J. M. (2014). Foot disorders associated with overpronated and oversupinated foot function: The Johnston county osteoarthritis project. *Foot & Ankle International, 35*(11), 1159–1165.
- Gray, H., & Lewis, W. H. (1918). *Anatomy of the human body*. Philadelphia: Lea & Febiger. Dostupné z <https://www.bartleby.com/107/>
- Gross, J. M., Fetto, J., & Rosen, E. (2005). *Vyšetření pohybového aparátu*. Praha: TRITON.
- Haendlmayer, K. T., & Harris, N. J. (2009). Flatfoot deformity: an overview. *Orthopaedics & Trauma, 23*(6), 395–403.
- Halabchi, F., Mazaheri, R., Mirshahi, M., & Abbasian, L. (2013). Pediatric flexible flatfoot; clinical aspects and algorithmic approach. *Iranian Journal of Pediatrics, 23*(3), 247–260.
- Harradine, P. D., Lead, C., Bevan, L. S., & Carter, N. (2003). Gait dysfunction and podiatric therapy – Part 1: Foot-based models and orthotic management. *British Journal of Podiatry, 6*(1), 5–11.

- Harris, E. J., Vanore, J. V., Thomas, J. L., Kravitz, S. R., Mendelson, S. A., Mendicino, R. W., ... Gassen, S. C. (2004). Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot. *Journal of Foot & Ankle Surgery*, 43(6), 341–373.
- Harrison, P.-L., & Littlewood, C. (2010a). Relationship between pes planus foot type and postural stability. *Indian Journal of Physiotherapy & Occupational Therapy*, 4(3), 21–24.
- Headlee, D. L., Leonard, J. L., Hart, J. M., Ingersoll, C. D., & Hertel, J. (2008). Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. *Journal of Electromyography & Kinesiology*, 18(3), 420–425.
- Hillstrom, H. J., Song, J., Kraszewski, A. P., Hafer, J. F., Mootanah, R., Dufour, A. B., ... Deland, J. T. (2013). Foot type biomechanics part 1: Structure and function of the asymptomatic foot. *Gait & Posture*, 37(3), 445–451.
- Honzíková, L., Svoboda, Z., Janura, M., Rosický, J., & Martinasková, E. (2013). Vztah valgozity paty, typologie a biomechaniky nohy u dětí. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 20(2), 71–76.
- Houck, J. R., Tome, J. M., & Nawoczenski, D. A. (2007). Subtalar neutral position as an offset for a kinematic. *Gait & Posture*, 28(1), 29–37.
- Inamdar, P., Fatnani, D., Rajiwate, F., Shaikh, B., Deshpande, B., Shaikh, S., ... Dhansay, S. (2018). Prevalence of flat foot and high arched foot in normal working individuals using footprint method. *International Journal of Physiotherapy & Research*, 6(3), 2754–2758.
- Jameson, E. G., Davids, J. R., Anderson, J. P., Davis, R. B., Blackhurst, D. W., & Christopher, L. M. (2008). Dynamic pedobarography for children: Use of the Center of pressure progression. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2, 254–258.
- Janda, V. (1983). On the concept of postural muscles and posture in man. *Australian Journal of Physiotherapy*, 29(3), 83–84.
- Janda, V., & Vávrová, M. (1992). Senzomotorická stimulace. *Rehabilitácia*, 25(3), 14–34.
- Jarvis, H. L., Nester, C. J., Jones, R. K., Williams, A., & Bowden, P. D. (2012). Inter-assessor reliability of practice based biomechanical assessment of the foot and ankle. *Journal of Foot & Ankle Research*, 5(1), 1–10.

- Jung, D. Y., Koh, E. K., & Kwon, O. Y. (2011). Effect of foot orthoses and short-foot exercise on the cross-sectional area of the abductor hallucis muscle in subjects with pes planus: A randomized controlled trial. *Journal of Back & Musculoskeletal Rehabilitation*, 24(4), 225–231.
- Kapandji, I. A. (1987). *The physiology of the joints: lower limb: Volume 2*. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Kaplan, J. R. M., Aiyer, A., Cerrato, R. A., Jeng, C. L., & Campbell, J. T. (2018). Operative treatment of the cavovarus foot. *Foot & Ankle International*, 39, 1370–1382.
- Kapteyn, T. S., Bles, W., Njiokiktjien, C. J., Kodde, L., Massen, C. H., & Mol, J. M. (1983). Standardization in platform stabilometry being a part of posturography. *Agressologie: Revue Internationale de Physio-Biologie et de Pharmacologie Appliquees Aux Effets de l'agression*, 24(7), 321–326.
- Kaufman, K. R., Brodine, S. K., Shaffer, R. A., Johnson, C. W., & Cullison, T. R. (1999). The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 27(5), 585–593.
- Kazmarová, L. (2014). *Odborný kurz Noha - aktivní a zdravá*. Praha.
- Kinclová, L. (2016). *Diagnostika a terapie dětské ploché nohy*. (Disertační práce, Masarykova Univerzita, Brno, Česká republika). Dostupné z https://is.muni.cz/th/btictf/Disertace_Kinclova.pdf
- Kirby, K. (2000). Biomechanics of normal and abnormal foot. *Journal of American Podiatry & Medical Association*, 90(1), 30–34.
- Kirby, K. A. (2017). Longitudinal arch load-sharing system of the foot. *Revista Española de Podología*, 28(1), 18–26.
- Kobesova, A., & Kolar, P. (2014). Developmental kinesiology: Three levels of motor control in the assessment and treatment of the motor system. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 18(1), 23–33.
- Kodithuwakku, A., Sachini, N. K., Chander, H., & Knight, A. (2019). Flat feet: Biomechanical implications, assessment and management. *The Foot*, 38, 81–85.
- Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén.

- Kothari, A., Dixon, P. C., Stebbins, J., Zavatsky, A. B., & Theologis, T. (2016). Are flexible flat feet associated with proximal joint problems in children? *Gait & Posture*, *45*, 204–210.
- Kothari, A., Theologis, T., Bhuva, S., Stebbins, J., & Zavatsky, A. B. (2016). An investigation into the aetiology of flexible flat feet: The role of subtalar joint morphology. *Bone & Joint Journal*, *98B*(4), 564–568.
- Král, M. (2016). *Odborný kurz O nohách*. Praha.
- Kyvelidou, A., Harbourne, R. T., Haworth, J., Schmid, K. K., & Stergiou, N. (2017). Children with moderate to severe cerebral palsy may not benefit from stochastic vibration when developing independent sitting. *Developmental Neurorehabilitation*, *21*(6), 362–370.
- Laowattanatham, N., Chitsakul, K., Tretriluxana, S., & Hansasuta, C. (2014). Smart digital podoscope for foot deformity assessment. *BMEiCON 2014 - 7th Biomedical Engineering International Conference*, 1–5.
- Latour, E., Latour, M., Arlet, J., Adach, Z., & Bohatyrewicz, A. (2011). Gait functional assessment: Spatio-temporal analysis and classification of barefoot plantar pressure in a group of 11–12-year-old children. *Gait & Posture*, *34*(3), 415–420.
- Laurá, M., Singh, D., Ramdharry, G., Morrow, J., Skorupinska, M., Pareyson, D., ... Reilly, M. M. (2018). Prevalence and orthopedic management of foot and ankle deformities in Charcot–Marie–Tooth disease. *Muscle & Nerve*, *57*(2), 255–259.
- Lebiedowska, M. K., & Syczewska, M. (2000). Invariant sway properties in children. *Gait & Posture*, *12*(3), 200–204.
- Ledoux, W. R., & Hillstrom, H. J. (2002). The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet. *Gait & Posture*, *15*(1), 1–9.
- Lee, A. J. Y., & Lin, W. H. (2007). The influence of gender and somatotype on single-leg upright standing postural stability in children. *Journal of Applied Biomechanics*, *23*(3), 173–179.
- Lee, M. S., Vanore, J. V, Thomas, J. L., Catanzariti, A. R., Kogler, G., Kravitz, S. R., ... Gassen, S. C. (2005). Diagnosis and treatment of adult flatfoot. *Journal of Foot & Ankle Surgery*, *44*(2), 78–113.

- Levine, D., Richards, J., & Whittle, M. (2012). *Whittle's gait analysis*. London: Elsevier Health Science.
- Lewit, K., & Lepšíková, M. (2008). Chodidlo—významná část stabilizačního systému. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 15(3), 99–104.
- Lewitová, C. H. (2016). O dospělých nohách. *Umění Fyzioterapie*, 2, 5–8.
- López, N., Albuquerque, F., Santos, M., Sánchez, M., & Domínguez, R. (2005). Evaluation and analysis of the footprint of young individuals. A comparative study between football players and non-players. *European Journal of Anatomy*, 9(3), 135–142.
- Lugade, V., & Kaufman, K. (2014). Center of pressure trajectory during gait: A comparison of four foot positions. *Gait & Posture*, 40(4), 719–722.
- Luque-Suarez, A., Gijon-Nogueron, G., Baron-Lopez, F. J., Labajos-Manzanares, M. T., Hush, J., & Hancock, M. J. (2014). Effects of kinesiotaping on foot posture in participants with pronated foot: A quasi-randomised, double-blind study. *Physiotherapy (United Kingdom)*, 100(1), 36–40.
- Lynn, S. K., Padilla, R. A., & Tsang, K. K. W. (2012). Differences in static- and dynamic-balance task performance after 4 weeks of intrinsic-foot-muscle training: the short-foot exercise versus the towel-curl exercise. *Journal of Sport Rehabilitation*, 21(4), 327–333.
- MacKenzie, A. J., Rome, K., & Evans, A. M. (2012). The efficacy of nonsurgical interventions for pediatric flexible flat foot: A critical review. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 32(8), 830–834.
- Maharaj, J. N., Cresswell, A. G., & Lichtwark, G. A. (2018). The immediate effect of foot orthoses on subtalar joint mechanics and energetics. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 50(7), 1449–1456.
- Mala, L., Maly, T., & Zahalka, F. (2017). Postural performance in the bipedal and unipedal stance of elite soccer players in different age categories. *Acta Kinesiologica*, 11, 101-105.
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Cech, P. (2015). The bilateral strength and power asymmetries in untrained boys. *Open Medicine*, 10(1), 224–232.

- Marencakova, J., Price, C., Maly, T., Zahalka, F., & Nester, C. (2019). How do novice and improver walkers move in their home environments? An open-sourced infant's gait video analysis. *PLoS One*, *14*(6), 1-12.
- Marencakova, J., Svoboda, Z., Vareka, I., & Zahalka, F. (2016). Functional clinical typology of the foot and kinematic gait parameters. *Acta Gymnica*, *46*(2), 74–81.
- Mareňáková, J., Svoboda, Z., & Zahálka, F. (2016). Varózní předonoží a jeho vliv na pohybový stereotyp pánve během chůze. *Česká Kinantropologie*, *20*(1), 111–117.
- Maršáková, K., & Pavlů, D. (2012). Diagnostika funkce nohy v denní praxi. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, *19*(4), 177–180.
- Martínez-Nova, A., Gijón-Noguerón, G., Alfageme-García, P., Montes-Alguacil, J., & Evans, A. M. (2018). Foot posture development in children aged 5 to 11 years: A three-year prospective study. *Gait & Posture*, *62*, 280–284.
- Matějíček, & Matějovský. (2002). Doporučené postupy pro praktické lékaře. Statické deformity přednoží. *Česká Lékařská společnost J.E. Purkyně*, 1–9. Dostupné z <https://cls.cz/dp>
- McKeon, P. O., Hertel, J., Bramble, D., & Davis, I. (2015). The foot core system: A new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(5), 290.
- McPoil, T. G., Cornwall, M. W., Medoff, L., Vicenzino, B., Forsberg, K., & Hiltz, D. (2008). Arch height change during sit-to-stand: An alternative for the navicular drop test. *Journal of Foot & Ankle Research*, *1*(1), 1-11.
- Medek, V. (2003). Plochá noha dospělých. *Interní Medicína pro Praxi*, *3*, 315–316.
- Měkota, K., & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Merkel, D. (2013). Youth sport: positive and negative impact on young athletes. *Open Access Journal of Sports Medicine*, *4*, 151–160.
- Michaud, T. C. (1993). *Foot orthoses and other forms of conservative foot care*. Lippincott: Williams and Wilkins.
- Michaud, T. C. (2011). *Human locomotion: the conservative management of gait-related disorders*. Newton, MA: Newton Biomechanics.

- Milford, J., Sole, C. C., & Sole, G. (2016). Plantar pressure profiles of athletes with and without ankle sprains while walking barefoot and in sport shoes. *Footwear Science*, 8(1), 41–48.
- Miller, M., & McGuire, J. (2000). Literature reveals no consensus on subtalar neutral. *Biomechanics*, 7, 63–74.
- Moon, D.-C., Kim, K., & Lee, S.-K. (2014). Immediate effect of short-foot exercise on dynamic balance of subjects with excessively pronated feet. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(1), 117–119.
- Mootanah, R., Song, J., Lenhoff, M. W., Hafer, J. F., Backus, S. I., Gagnon, D., ... Hillstrom, H. J. (2013). Foot Type Biomechanics Part 2: Are structure and anthropometrics related to function? *Gait & Posture*, 37(3), 452–456.
- Morrin, N., & Redding, E. (2013). Acute Effects of Warm-up Stretch Protocols on Balance, Vertical Jump Height, and Range of Motion in Dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 17(1), 34–40.
- Morrison, S. C., & Ferrari, J. (2009). Inter-rater reliability of the Foot Posture Index (FPI-6) in the assessment of the paediatric foot. *Journal of Foot & Ankle Research*, 2(1), 1–5.
- Morrison, S. C., McClymont, J., Price, C., & Nester, C. (2017). Time to revise our dialogue: How flat is the paediatric flatfoot? *Journal of Foot & Ankle Research*, 10(1), 1–2.
- Mosca, V. S. (2010). Flexible flatfoot in children and adolescents. *Journal of Children's Orthopaedics*, 4(2), 1–15.
- Mulligan, E. P., & Cook, P. G. (2013). Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. *Manual Therapy*, 18(5), 425–430.
- Murray, K. J. (2006, April). Hypermobility disorders in children and adolescents. *Best Practice & Research: Clinical Rheumatology*, 20, 329–351.
- Neal, B. S., Griffiths, I. B., Dowling, G. J., Murley, G. S., Munteanu, S. E., Franettovich Smith, M. M., ... Barton, C. J. (2014). Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Foot & Ankle Research*, 7(1), 1-13.

- Nery, C., Raduan, F., & Baumfeld, D. (2016). Foot and ankle injuries in professional soccer players. diagnosis, treatment, and expectations. *Foot & Ankle Clinics*, *21*(2), 391–403.
- Neumann, D. A. (2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system. Foundation for rehabilitation*. Missouri: MOSBY Elsevier.
- Niek Van Dijk, C., Neyret, P., Cohen, M., Della Villa, S., Pereira, H., & Oliveira, J. M. (2017). *Injuries and health problems in football. What everyone should know*. Berlin: Springer. Dostupné z <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-662-53924-8.pdf>
- Nigg, B. M. (2001). The role of impact forces and foot pronation: A new paradigm. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *11*(1), 2–9.
- Nikolaidou, M. E., & Boudolos, K. D. (2006). A footprint-based approach for the rational classification of foot types in young schoolchildren. *The Foot*, *16*(2), 82–90.
- Nolan, L., Grigorenko, A., & Thorstensson, A. (2005). Balance control: sex and age differences in 9-to 16-year-olds. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *47*, 449–454.
- Oladeji, O., Stackhouse, C., Gracely, E., & Orlin, M. (2008). Comparison of the two-step and midgait methods of plantar pressure measurement in children. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, *98*(4), 268–277.
- Onodera, A. N., Sacco, I. C. N., Morioka, E. H., Souza, P. S., Sá, M. R. de, & Amadio, A. C. (2008). What is the best method for child longitudinal plantar arch assessment and when does arch maturation occur? *The Foot*, *18*(3), 142–149.
- Orlin, M. N., & McPoil, T. G. (2000). Plantar pressure assessment. *Physical Therapy*, *80*(4), 399–409.
- Ozer, C. M. (2012). Evaluation of the sole morphology of professional football players. *International Sport Med Journal*, *13*(1), 8–17.
- Page, P. (2006). Sensorimotor training: A “global” approach for balance training. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, *10*(1), 77–84.
- Paillard, T., Noe, F., Riviere, T., Marion, V., Montoya, R., & Dupui, P. (2006). Postural

- performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *Journal of Athletic Training*, 41(2), 172–176.
- Passmore, E., Graham, H. K., Pandy, M. G., & Sangeux, M. (2018). Hip- and patellofemoral-joint loading during gait are increased in children with idiopathic torsional deformities. *Gait & Posture*, 63, 228–235.
- Pérez-Morcillo, A., Gómez-Bernal, A., Gil-Guillen, V. F., Alfaro-Santafé, J., Alfaro-Santafé, J. V., Quesada, J. A., ... Carratalá-Munuera, C. (2019). Association between the Foot Posture Index and running related injuries: A case-control study. *Clinical Biomechanics*, 61, 217–221.
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait analysis. Normal and pathological function*. Thorofare, NJ: SLACK Incorporated.
- Queen, R. M., Mall, N. A., Hardaker, W. M., & Nunley, J. A. (2007). Describing the medial longitudinal arch using footprint indices and a clinical grading system. *Foot & Ankle International*, 28(4), 456–462.
- Queen, R. M., Mall, N. A., Nunley, J. A., & Chuckpaiwong, B. (2009). Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. *Gait & Posture*, 29(4), 582–586.
- Razeghi, M., & Batt, M. E. (2002). Foot type classification: A critical review of current methods. *Gait & Posture*, 15(3), 282–291.
- Redmond, A. C., Crane, Y. Z., & Menz, H. B. (2008). Normative values for the Foot Posture Index. *Journal of Foot & Ankle Research*, 1(1), 1–9.
- Redmond, A. C., Crosbie, J., & Ouvrier, R. A. (2006). Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics*, 21(1), 89–98.
- Redmont, A. (2005). *Foot posture index. User guide and manual*. Dostupné z <https://studylib.net/doc/8078879/the-foot-posture-index>
- Rhea, C. K., Kiefer, A. W., Haran, F. J., Glass, S. M., & Warren, W. H. (2014). A new measure of the CoP trajectory in postural sway: Dynamics of heading change. *Medical Engineering & Physics*, 36(11), 1473–1479.
- Riad, J., Coleman, S., Henley, J., & Miller, F. (2007). Reliability of pediobarographs for

- paediatric foot deformity. *Journal of Children's Orthopaedics*, 1(5), 307–312.
- Richards, Jim. (2018). *The comprehensive textbook of clinical biomechanics*. Elsevier Health Sciences.
- Richardson, J. T. E. (2011). Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research. *Educational Research Review*, 6, 135–147.
- Ridge, S. T., Olsen, M. T., Bruening, D. A., Jurgensmeier, K., Griffin, D., Davis, I. S., & Johnson, A. W. (2019). Walking in minimalist shoes is effective for strengthening foot muscles. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 51(1), 104–113.
- Rival, C., Ceyte, H., & Olivier, I. (2005). Developmental changes of static standing balance in children. *Neuroscience Letters*, 376(2), 133–136.
- Rokkedal-Lausch, T., Lykke, M., Hansen, M. S., & Nielsen, R. O. (2013). Normative values for the foot posture index between right and left foot: A descriptive study. *Gait & Posture*, 38(4), 843–846.
- Rolian, C., Lieberman, D. E., & Hallgrímsson, B. (2010). The coevolution of human hands and feet. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 64(6), 1558–1568.
- Rothermel, S. A., Hale, S. A., Hertel, J., & Denegar, C. R. (2004). Effect of active foot positioning on the outcome of a balance training program. *Physical Therapy in Sport*, 5(2), 98–103.
- Saghazadeh, M., Kitano, N., & Okura, T. (2015). Gender differences of foot characteristics in older Japanese adults using a 3D foot scanner. *Journal of Foot & Ankle Research*, 8(29), 1–7.
- Saraswat, P., MacWilliams, B. A., Davis, R. B., & D'Astous, J. L. (2014). Kinematics and kinetics of normal and planovalgus feet during walking. *Gait & Posture*, 39(1), 339–345.
- Scott, G., Menz, H. B., & Newcombe, L. (2007). Age-related differences in foot structure and function. *Gait & Posture*, 26, 68–75.
- Sherman, K. P. (1999). The foot in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 33(1), 6–13.

- Shih, Y. F., Chen, C. Y., Chen, W. Y., & Lin, H. C. (2012). Lower extremity kinematics in children with and without flexible flatfoot: A comparative study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *13*, 1–9.
- Sims, E. L., Hardaker, W. M., & Queen, R. M. (2008). Gender differences in plantar loading during three soccer-specific tasks. *British Journal of Sports Medicine*, *42*(4), 272–277.
- Song, J., Hillstrom, H., Secord, D., & Levitt, J. (1996). Foot type biomechanics. comparison of planus and rectus foot types. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, *86*(1), 16–23.
- Stovitz, S. D., & Coetzee, J. C. (2010). Hyperpronation and foot pain. *The Physician & Sportsmedicine*, *32*(8), 19–26.
- Sutherland, D., Olsen, R., Cooper, L., Woo, S., & Diego, S. (1980). The development of mature gait. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, *62*(3), 336–337.
- Teyhen, D. S., Nelson, L., Koppenhaver, S., Honan, L., McKay, A., Young, A., & Christie, D. (2012). Impact of foot type on cost of lower extremity injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical*, *42*(1), 1–13.
- Teyhen, Deydre S., Stoltenberg, B. E., Eckard, T. G., Doyle, P. M., Boland, D. M., Feldtmann, J. J., ... Goffar, S. L. (2011). Static foot posture associated with dynamic plantar pressure parameters. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *41*(2), 100–107.
- Tong, J. W. K., & Kong, P. W. (2013). Association between foot type and lower extremity injuries: Systematic literature review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *43*(10), 700–714.
- Toro, B., Nester, C. J., & Farren, P. C. (2003). The status of gait Assessment among physiotherapists in the United Kingdom. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation*, *84*(12), 1878–1884.
- Tsai, L.-C., Yu, B., Mercer, V. S., & Gross, M. T. (2006). Comparison of different structural foot types for measures of standing postural control. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *36*(12), 942–953.
- Tsung, B. Y. S., Zhang, M., Fan, Y. B., & Boone, D. A. (2007). Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions. *The*

- Journal of Rehabilitation Research and Development*, 40(6), 517.
- Unver, B., Erdem, E. U., & Akbas, E. (2019). Effects of short-foot exercises on foot posture, pain, disability and plantar pressure in pes planus. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1–16.
- Valderrabano, V., Barg, A., Paul, J., Pagenstert, G., & Wiewiorski, M. (2014). Foot and ankle injuries in professional soccer players. *Sport-Orthopadie - Sport-Traumatologie*, 30(2), 98–105.
- Van den Herrewegen, I., Cuppens, K., Broeckx, M., Barisch-Fritz, B., Vander Sloten, J., Leardini, A., & Peeraer, L. (2014). Dynamic 3D scanning as a markerless method to calculate multi-segment foot kinematics during stance phase: Methodology and first application. *Journal of Biomechanics*, 47(11), 2531–2539.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2003). Klinická typologie nohy. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 10(3), 94–102.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2009). *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Vaughan, C. L., Davis, B. L., & O'Connor, J. C. (1992). *Dynamics of human gait*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Véle, F. (2006). *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. (2. vyd.) Praha: TRITON.
- Vinicombe, A., Raspovic, A., & Menz, H. B. (2001). Reliability of navicular displacement measurement as a clinical indicator of foot posture. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 91(15), 262–268.
- Vláčilová, I. (2016). Funkční stav klenby nohy a posturální zajištění trupu dívek závodní složky sportovního aerobiku. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 23(3), 157–160.
- Willems, T. M., De Clercq, D., Delbaere, K., Vanderstraeten, G., De Cock, A., & Witvrouw, E. (2006). A prospective study of gait related risk factors for exercise-related lower leg pain. *Gait & Posture*, 23(1), 91–98.
- Williams, A. E. (2018). Special theme article: science and sociology of footwear. *Journal of Foot & Ankle Research*, 11(1), 10–11.

- Williams, D. S., & McClay, I. S. (2000). Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Physical Therapy, 80*(9), 864–871.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture, 3*(4), 193–214.
- Witana, C. P., Xiong, S., Zhao, J., & Goonetilleke, R. S. (2006). Foot measurements from three-dimensional scans: A comparison and evaluation of different methods. *International Journal of Industrial Ergonomics, 36*(9), 789–807.
- Wolff, D. R., Rose, J., Jones, V. K., Bloch, D. A., Oehlert, J. W., & Gamble, J. G. (1998). Postural balance measurements for children and adolescents. *Journal of Orthopaedic Research, 16*(2), 271–275.
- Wright, W. G., Ivanenko, Y. P., & Gurfinkel, V. S. (2011). Foot anatomy specialization for postural sensation and control. *Journal of Neurophysiology, 107*(5), 1513–1521.
- Xu, C., Wen, X.-X., Huang, L.-Y., Shang, L., Yang, Z., Yan, Y.-B., & Lei, W. (2017). Reliability of the Footscan® platform system in healthy subjects: A comparison of without top-layer and with top-layer protocols. *BioMed Research International, 1*, 1–9.
- Xu, C., Wen, X. X., Huang, L. Y., Shang, L., Cheng, X. X., Yan, Y. B., & Lei, W. (2017). Normal foot loading parameters and repeatability of the Footscan® platform system. *Journal of Foot & Ankle Research, 10*(1), 1–10.
- Yeh, T. T., Cinelli, M. E., Lyons, J. L., & Lee, T. D. (2015). Age-related changes in postural control to the demands of a precision task. *Human Movement Science, 44*, 134–142.
- Zhai, J. N., Qiu, Y. S., & Wang, J. (2016). Effects of orthotic insoles on adults with flexible flatfoot under different walking conditions. *Journal of Physical Therapy Science, 28*(11), 3078–3083.
- Zhao, X., Tsujimoto, T., Kim, B., Katayama, Y., & Tanaka, K. (2018). Association of foot structure with the strength of muscles that move the ankle and physical performance. *Journal of Foot & Ankle Surgery, 57*(6), 1143–1147.
- Zuil-Escobar, J. C., Martínez-Cepa, C. B., Martín-Urrialde, J. A., & Gómez-Conesa, A.

(2016). Reliability and accuracy of static parameters obtained from ink and pressure platform footprints. *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics*, 39(7), 510–517.

PŘÍLOHY

Příloha 1 Schválení Etické komise UK FTVS



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavín
tel.: 220 171 111
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

Název: Změny funkčních charakteristik nohy cílenou neurofyziologickou intervencí u školních dětí

Forma projektu: doktorská práce

Autor (hlavní řešitel): Mgr. Jitka Marenčáková

Školitel (v případě studentské práce): Doc. Ing. František Zahálka, Ph.D.

Popis projektu

Jedná se o intervenční výzkumnou studii, která má za cíl zjistit, zda je možné pozitivně ovlivnit stav ploché nohy u sportujících dětí školního věku pomocí fyzioterapeutických technik založených na neurofyziologickém podkladě – senzomotorické cvičení a kineziotaping. Studie je neinvazivního charakteru a je bezpečná. Výzkum bude obnášet vstupní kineziologické vyšetření, klinické vyšetření ploché nohy, plantogram nohy a měření na tlakové plošině Footscan (stoj a nárok). Terapeutická část bude trvat 3 měsíce. Po jejím skončení proběhne 1. kontrolní vyšetření a měření a po 6 měsících 2. kontrolní vyšetření a měření zmíněné výše. Výsledky budou publikovány a terapeutické technikou mohou být případně zařazeny do preventivního programu sportujících dětí.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:

O případných rizicích (alergická reakce na složky lepidla kineziotapu, vznik úrazu z nepozornosti dítěte) budou zákonní zástupci i účastníci informováni a edukováni. Při alergické reakci bude aplikace kineziotapu okamžitě ukončena. Pro minimalizaci vzniku úrazu poslouží instrukce a odborný dohled fyzioterapeuta při cvičení.

Etické aspekty výzkumu

Do výzkumu budou zařazeny sportující děti školního věku. Účelem je získání poznatků mající vztah ke zdravotním potřebám těchto dětí.

Informovaný souhlas (přiložen)

V Praze dne 10.10. 2014

Podpis autora:

Vyjádření etické komise UK FTVS

Složení komise: Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.
Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 203/2014

dne: 16. 12. 2014

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodní směrnice pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

UNIVERZITA KARLOVA v Praze
razítko školy Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

podpis předsedy EK

Příloha 2 Dohoda o poskytnutí dat 1

Dohoda o poskytnutí dat ke zpracování

Název projektu, v rámci něhož budou data zpracovávána:

Změny funkčních charakteristik nohy cílenou neurofyzilogickou intervencí u školních dětí.

Období realizace: 2014-2019

Osoba předávající data: Paed.Dr. Tomáš Malý, Ph.D.

Osoby, které budou mít data k dispozici (titul, jméno a příjmení, pracoviště, email):

- Mgr. Jitka Marenčáková, LSM, marencakova@ftvs.cuni.cz

Popis projektu: Projekt disertační práce se zabývá identifikací funkčních parametrů nohy u dětí a mládeže a zkoumá terapeutické možnosti ovlivnění poruch nohy u dětí školního věku.

Charakteristika poskytnutých dat: Poskytnutá data 168 probandů zahrnují: antropometrické údaje (tělesná výška a hmotnost), jejich kalendářní věk, pohlaví, velikost a vyšetření nohy, informaci o pohybových aktivitách, naměřená data – posturální stabilita v různých modifikacích stoje, rozložení zátěže ve stoji, footprints, tlakové parametry nohy a průběh COP během chůze.

Přístrojové vybavení, kterým byla data pořízena: Footscan Balance 7.7 second generation (RSScan International, Belgium), Footscan Gait 7.7 second generation (RSScan International, Belgium).

Etické aspekty získání dat: Data byla získána na základě schválené žádosti etické komise UK FTVS č. 191/2016.

Nakládání s daty: Údaje budou vyhodnocovány i uchovávány v anonymní podobě. Po anonymizaci budou osobní data smazána. Data budou uchovávána maximálně 15 let. Anonymizovaná data a výsledky analýz budou publikovány v disertační práci, dále v odborných vědeckých časopisech, případně prezentovány na konferencích.

Datum, jméno a podpis osob, které budou mít data k dispozici:

Datum: 16.6.2019 Jméno: Mgr. Jitka Marenčáková Podpis: 

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně poskytnu výše uvedená výzkumná data výše uvedené osobě do výše uvedeného projektu a souhlasím s jejich zpracováním.

Souhlasím s tím, aby byla anonymizovaná data bez omezení využita ve vědeckém výzkumu a publikována v odborných časopisech, případně prezentována na konferencích.

Měl jsem možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu.

Místo, datum v Praze 18.6.2019 Podpis: 

Příloha 3 Dohoda o poskytnutí dat 2

Dohoda o poskytnutí dat ke zpracování

Název projektu, v rámci něhož budou data zpracovávána:

Změny funkčních charakteristik nohy cílenou neurofyziologickou intervencí u školních dětí.

Období realizace: 2014-2019

Osoba předávající data: prof. Ing. František Zahálka, Ph.D.

Osoby, které budou mít data k dispozici (titul, jméno a příjmení, pracoviště, email):

- Mgr. Jitka Marenčáková, LSM, marencakova@ftvs.cuni.cz

Popis projektu: Projekt disertační práce se zabývá identifikací funkčních parametrů nohy u školních dětí, vlivem dlouhodobé zátěže na tyto charakteristiky a zkoumá terapeutické možnosti ovlivnění poruch nohy u dětí školního věku.

Charakteristika poskytnutých dat: Poskytnutá data 75 probandů zahrnují: antropometrické údaje (tělesná výška a hmotnost), jejich kalendářní věk, pohlaví, velikost nohy, informaci o sportovních aktivitách, naměřená data – posturální stabilita v různých modifikacích stoje, rozložení zátěže ve stoji, footprints, tělesné složení – segmentální rozložení svalové hmoty na dolních končetinách.

Přístrojové vybavení, kterým byla data pořízena: Footscan Balance 7.7 second generation (RSScan International, Belgium), Tanita MC-980 (Tanita Corporation, Korea).

Etické aspekty získání dat: Data byla získána v rámci Výzkumného projektu MŠMT ČR MSM 0021620864.

Nakládání s daty: Údaje budou vyhodnocovány i uchovávány v anonymní podobě. Po anonymizaci budou osobní data smazána. Data budou uchovávána maximálně 15 let. Anonymizovaná data a výsledky analýz budou publikovány v disertační práci, dále v odborných vědeckých časopisech, případně prezentovány na konferencích.

Datum, jméno a podpis osob, které budou mít data k dispozici:

Datum: 10.6.2019 Jméno: Mgr. Jitka Marenčáková Podpis: 

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně poskytnu výše uvedená výzkumná data výše uvedené osobě do výše uvedeného projektu a souhlasím s jejich zpracováním.

Souhlasím s tím, aby byla anonymizovaná data bez omezení využita ve vědeckém výzkumu a publikována v odborných časopisech, případně prezentována na konferencích.

Měl jsem možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu.

Místo, datum: v Praze 18.6.2019 Podpis: 

Příloha 4 Informovaný souhlas

Informovaný souhlas zákonného zástupce účastníka výzkumu

Jméno a příjmení účastníka:

Datum narození:

Přidělený číselný kód účastníka (vyplní výzkumník):

Já níže podepsaný/á jsem byl/a osloven/a Mgr. Jitkou Marenčákovou za účelem účasti mého syna jmenovaného výše ve výzkumné studii „**Změny funkčních charakteristik nohy cílenou neurofyziologickou intervencí u školních dětí**“.

Cíle výzkumu: Identifikovat vybrané funkční parametry nohy u dětí školního věku a zjistit, jak je lze ovlivnit pomocí cílené neurofyziologické intervence.

Popis: Studie je bezpečná, bezbolestná a neinvazivní. Bude obnášet vstupní vyšetření a měření (cca 40min), terapeutickou část po dobu 1 měsíce, a kontrolní výstupní vyšetření a měření po skončení terapie. Výzkum bude prováděn ve spolupráci s FYZIOklinikou s.r.o., Machkova 1642/2, 149 00 Praha 4 – Chodov a Laboratoří sportovní motoriky FTVS UK v Praze, José Martího 31, 162 52 Praha 6 - Veleslavín.

Průběh výzkumu: Účastník a jeho zákonný zástupce tohoto výzkumu bude seznámen s jeho průběhem. Vyplní dotazník o zdravotním stavu a bude vyšetřen odborným fyzioterapeutem – kineziologický rozbor, vyšetření ploché nohy, otisk nohou – plantogram a vyšetření na tlakové plošině Footscan (stoj a chůze).

Rizika spojená s výzkumem: Riziko úrazu z nepozornosti při cvičení na nestabilních podložkách (kulaté podložky malé a kulatá velká podložka Dynair) bude co nejvíce eliminováno instrukcemi a odborným dohledem fyzioterapeuta.

Ochrana osobních údajů: Zabezpečení ochrany osobních údajů bude dodržováno v souladu se zněním platných zákonů ČR. Informace a data získaná v rámci projektu jsou považována za důvěrná a jsou organizována a zpracovávána tak, že je vyloučena identifikace individuální osoby. Během provádění studie mohou být osobní údaje poskytnuty i jiným subjektům pouze bez identifikačních údajů, tzn. anonymní data pod číselným kódem. Rovněž pro výzkumné a vědecké účely mohou být osobní údaje poskytnuty pouze bez identifikačních údajů (anonymní data).

Vyjádření etické komise: Způsob řešení výzkumu byl posouzen a schválen Etickou komisí UK FTVS v Praze.

Potvrzení informovaného souhlasu rodiče/zákonného zástupce: Potvrzuji, že jsem byl/a seznámen/a s podmínkami, za nichž se výzkumná studie uskutečňuje, a souhlasím s účastí mého syna. Byl/a jsem poučen/a o tom, jak jsou chráněny osobní údaje mého syna a jak bude zacházeno s informacemi, které ve výzkumu sdělíme. Jsem si vědom/a, že účast ve výzkumu je dobrovolná a že můžeme kdykoli svou účast ve studii ukončit. Obdržel/a jsem kopii tohoto formuláře.

V Praze dne:

.....

Podpis zákonného zástupce

Příloha 5 Dotazník a zdravotní anamnéza

Vstupní dotazník o zdravotním stavu

Přidělený číselný kód (vyplní výzkumník):

Datum narození:

Věk:

Pohlaví:

Výška:

Váha:

Číslo bot:

Sport (druh a četnost):

Zdravotní anamnéza: *(zakroužkujte a doplňte)*

Přítomná onemocnění: Ano – Ne

Prodělaná onemocnění (neurologická, běžné dětské nemoci): Ano – Ne

Pravidelné užívání léků (pokud ano, upřesněte jaké): Ano – Ne

Alergie (pyly, leukoplast, léky): Ano – Ne

Operace páteře, pánve, kostí, kloubů (rok, operovaná část těla): Ano – Ne

Jiné operace (rok, operovaná část těla): Ano – Ne

Úrazy dolních končetin, pánve (rok a která část a co přesně): Ano – Ne

Vývoj kyčlí po narození byl v normě: Ano – Ne

Motorický vývoj po narození byl v normě (předčasný porod, odchylky v lezení, přeskočení lezení, brzké stavění na nohy, poruchy chůze, Vojtova metoda): Ano – Ne

Současné růstové bolesti kloubů nebo pat: Ano – Ne

Porucha nohy – plochá noha (kdy zjištěno, léčba - vložky do bot, cvičení): Ano – Ne

Plochá noha přítomná u rodičů: Matka: Ano – Ne Otec: Ano – Ne

Jiné zdravotní potíže: Ano – Ne

V Praze dne

.....

podpis zákonného zástupce