POSTURÁLNE FAKTORY A ICH VPLYV NA ROZLOŽENIE TLAKU NA CHODIDLO: ANALÝZA U VYSOKOŠKOLSKÝCH ŠTUDENTOV
POSTURAL FACTORS AND THEIR INFLUENCE ON PLANTAR PRESSURE DISTRIBUTION: AN ANALYSIS IN UNIVERSITY STUDENTS

IVANOVÁ Stanislava*, LENKOVÁ Rút

Katedra športovej kinatropológie, Fakulta športu, Prešovská univerzita v Prešove, Prešov, Slovensko

** korešpondenčný autor / corresponding author: stanislava.ivanova@smail.unipo.sk*

ABSTRAKT

Východiská: Fyziologické zakrivenie chrbtice zohráva kľúčovú úlohu v držaní tela a biomechanike pohybového aparátu a môže ovplyvňovať rozloženie plantárneho tlaku.

Cieľ: Cieľom predloženej štúdie bolo analyzovať držanie tela a rozloženie plantárneho tlaku v stoji u vysokoškolských študentov a overiť vzťah medzi sagitálnym zakrivením chrbtice a rozložením plantárneho tlaku.

Metodika: Výskumný súbor tvorilo 36 študentov Fakulty športu Prešovskej univerzity v Prešove. Na hodnotenie jednotlivých posturálnych parametrov bola použitá 2D analýza prostredníctvom softvéru Body Analyzer. Rozloženie tlaku chodidiel bolo analyzované pomocou baropodometrickej platformy FreeMed. Vzťahy medzi sagitálnymi parametrami chrbtice a parametrami rozloženia plantárneho tlaku boli vyhodnotené pomocou Spearmanovho korelačného koeficientu pri hladine štatistickej významnosti $p < 0,05$, vecná významnosť bola interpretovaná na základe Cohenovho d.

Výsledky: Analýza preukázala štatisticky významné vzťahy v rámci sagitálneho zakrivenia chrbtice, vrátane závislosti medzi kraniocervikálnym uhlom a uhlom hrudnej kyfózy a driekovej lordózy. Predný sklon panvy vykazoval štatisticky významný vzťah s uhlom hrudnej kyfózy a uhlom driekovej lordózy. Naopak, rozloženie plantárneho tlaku vykazovalo štatisticky nevýznamné vzťahy s parametrami sagitálneho zakrivenia chrbtice.

Záver: Sagitálne posturálne parametre chrbtice u vysokoškolských študentov boli medzi sebou významne prepojené. Štatisticky významná závislosť sagitálnych parametrov chrbtice naznačuje, že držanie tela nemožno hodnotiť izolovane na úrovni jednotlivých segmentov, ale skôr ako výsledok globálneho posturálneho nastavenia. Zatiaľ čo medzi sagitálnymi posturálnymi parametrami chrbtice a rozložením plantárneho tlaku v statických podmienkach neboli zistené žiadne štatisticky významné vzťahy.

Kľúčové slová: Mladí dospelí. Posturálne zdravie. Držanie tela. Plantárny tlak.

ABSTRACT

Introduction: The physiological curvature of the spine plays a key role in posture and the biomechanics of the musculoskeletal system and can influence the distribution of plantar pressure.

Objective: The aim of this study was to analyze body posture and plantar pressure distribution in the standing position in university students and examine their relationship.

Methods: The study sample included 36 students from the Faculty of Sports at the University of Presov. To evaluate individual posture parameters, a 2D analysis was performed using the Body Analyzer software. Foot pressure distribution was analyzed using a baropodometric platform FreeMed. The relationships between sagittal spinal and plantar pressure distribution parameters were evaluated using Spearman's rank correlation coefficient with the level of statistical significance set at $p < 0.05$, effect size was interpreted according to Cohen's criteria.

Results: The analysis demonstrated significant relationships within sagittal spinal alignment, including relationships between the craniovertebral and thoracic kyphosis and lumbar lordosis angles. Anterior pelvic tilt showed a statistically significant relationship with the kyphosis and a the lumbar lordosis angle. However, no statistically significant relationships were found between sagittal postural parameters and plantar pressure distribution under static conditions.

Conclusion: Sagittal spinal posture parameters in university students were significantly interrelated. The statistically significant interdependence of sagittal spinal parameters suggests that posture cannot be assessed in isolation at the level of individual segments, but rather as the result of global postural alignment. No statistically significant relationships were found between sagittal spinal parameters and plantar pressure distribution under static conditions.

Key words: Young adults. Postural health. Body posture. Foot pressure.

ÚVOD

Chrbtica je kľúčovou súčasťou oporno-pohybového systému a jej fyziologické zakrivenie charakteristické tvarom písmena S, predstavuje základ správneho držania tela. Odchýlky od tohto nastavenia môžu narušiť stabilitu tela, zvýšiť riziko bolestí chrbtice a znížiť biomechanickú efektivitu pohybového aparátu (Han et al., 2012; Picelli et al., 2020; Salman et al., 2024). Správne držanie tela úzko súvisí s posturálnou kontrolou, ktorá je definovaná ako schopnosť udržiavať telesnú stabilitu a rovnováhu v statických aj dynamických podmienkach. Posturálna kontrola je kľúčovým determinantom motorického a atletického výkonu a zohráva významnú úlohu v efektívnom pohybe aj prevencii zranení (Zemková, 2014). Zhoršená posturálna kontrola zvyšuje riziko zranení z preťaženia, najmä v oblasti dolných končatín, pričom poranenia

chodidla tvoria približne 20 % všetkých športových zranení (Lievers, et al., 2020; Sadasivan et al., 2024; Zupančič et al., 2024).

Významný faktor posturálnej stability predstavuje plantárny tlak, ktorý zabezpečuje prenos síl v rámci celého kinetického reťazca. Opakovaná športová záťaž môže viesť k funkčným asymetriám v jeho rozložení, ktoré sa u športovcov prejavujú výraznejšie než u nešportovcov a ovplyvňujú posturálnu kontrolu, rovnováhu a kvalitu držania tela (Feka et al., 2018; Kozel et al., 2026; Zulkifli et al., 2020). Posuny centra tlaku počas balančných úloh zároveň poukazujú na úzke prepojenie lokálnych mechanizmov na úrovni chodidla s globálnou posturálnou stabilitou (Hmida et al., 2023; Ferrari et al., 2020).

Predchádzajúce štúdie naznačujú súvislosť medzi veľkosťou hrudnej kyfózy a driekovej lordózy a rozložením zaťaženia prednej časti chodidla v statických podmienkach, pričom vplyv na rovnováhu a plantárny tlak môže mať aj poloha hlavy (Żurawski et al., 2022; Youssef, Aydoğdu a Yildiz 2025). Tieto zistenia podporujú predpoklad funkčného prepojenia medzi zakrivením chrbtice a rozložením plantárneho tlaku v statike.

CIEĽ

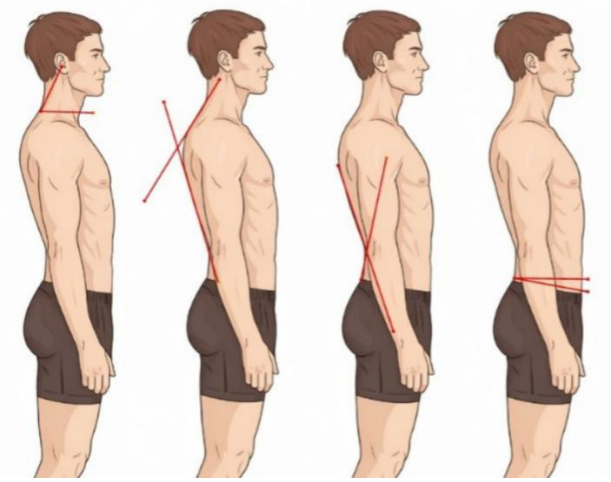
Cieľom tejto štúdie bolo preto analyzovať držanie tela a rozloženie plantárneho tlaku v stoji u vysokoškolských študentov telovýchovného zamerania a na základe štatistických analýz preskúmať vzťah medzi nimi. Štúdia sa na základe existujúcich dôkazov zameriava na otázku, či existuje vzťah medzi sagitálnymi parametrami chrbtice a rozložením plantárneho tlaku u vysokoškolských študentov.

SÚBOR A METODIKA

Do štúdie bolo zaradených 36 študentov prvého ročníka magisterského štúdia na Fakulte športu Univerzity v Prešove. Priemerný vek probandov bol 24,11 ± 2,98 rokov, priemerná výška 1,77 ± 0,09 m, priemerná telesná hmotnosť 72,44 ± 10,17 kg a priemerný BMI 22,99 ± 2,23. Výskum bol schválený Etickou komisiou Univerzity v Prešove v Prešove (č. ECUP062024PO). Všetci účastníci poskytli písomný súhlas a boli informovaní o priebehu.

Na hodnotenie parametrov držania tela bola použitá 2D analýza realizovaná pomocou softvéru Body Analyzer, Fotodokumentácia bola získaná pomocou digitálneho fotoaparátu upevnenom na statíve s rozlíšením 60 MPx vo výške 90 cm a vo vzdialenosti 250 cm od vyšetrovanej osoby. Fotografie boli snímané z laterálneho pohľadu za štandardizovaných podmienok. Ako centračný bod bol zvolený malleolus lateralis a bod vo vzdialenosti 5 cm. Hodnotenie zahŕňalo veľkosť kraniocervikálneho uhla (CVA), uhla hrudnej kyfózy (KA) a driekovej lordózy (LA) a veľkosť uhla sklonu panvy (APT) (viď obrázok 1).

Pre stanovenie CVA boli použité tŕňový výbežok C7 a tragus ucha. CVA vyjadruje predsun hlavy, pričom hodnoty nižšie ako 48–50° indikujú predsunuté držanie hlavy (Watson et al., 1993). KA bol definovaný ako uhol medzi dotyčnicami vedenými po obryse tela v úrovni C7-Th1 a Th12-L1 (Stoliński et al., 2017), LA ako uhol vznikajúci prienikom dotyčníc v úrovni Th12-L1 a L5-S1. Referenčné hodnoty fyziologického sagitálneho zakrivenia chrbtice podľa Schrödera, Stillera a Mattesa (2011) udávajú KA 48° ± 9° a LA 43° ± 8° u žien a 36° ± 7° u mužov. APT bol určený pomocou orientačných bodov umiestnených na prednom a zadnom hornom bedrovom tŕni. APT bol definovaný ako uhol medzi spojnicou orientačných bodov a horizontálnou rovinou, pričom referenčné hodnoty sa líšia podľa pohlavia a úrovne pohybovej aktivity. Približné rozpätie hodnôt je 7° – 15° u mužov, 10° – 17° u žien a < 13° u aktívnych športovcov (Ludwig, 2025).



Obrázok 1 Schematické zobrazenie hodnotenia CVA, KA, LA, APT

Zaťaženie tlaku chodidla bolo analyzované pomocou baropodometrickej platformy (Freemed) v stoji. Hodnotené bolo percentuálne zaťaženie prednej a zadnej časti oboch nôh. Pričom distribúcia fyziologického zaťaženia prednej časti je

45 % (± 3 %) a na zadnej časti 55 % (± 3 %). Hodnoty vyššie alebo nižšie ako tolerované hodnoty sú považované za patologické zaťaženie chodidla.

Normalita rozloženia dát bola posúdená pomocou Shapiro-Wilkovho testu a vzhľadom na jej porušenie boli aplikované neparametrické štatistické metódy. Vzťahy medzi sledovanými parametrami boli hodnotené pomocou Spearmanovho korelačného koeficientu. Hladina štatistickej významnosti bola stanovená na $p < 0,05$. Vecná významnosť bola interpretovaná podľa kritérií navrhnutých Cohenom (1988), pričom hodnoty korelačného koeficientu $r < 0,30$ boli považované za malý efekt, hodnoty $0,30 \leq r < 0,50$ za stredný efekt a hodnoty $r \geq 0,50$ za veľký efekt. Štatistická analýza bola vykonaná pomocou softvéru Statistica.

VÝSLEDKY

Pri porovnaní nameraných hodnôt s citovanými referenčnými rozsahmi boli odchýlky od normatívnych hodnôt pozorované predovšetkým v prípade KA. 12 účastníkov vykazovalo hodnoty kyfózy mimo referenčného rozsahu, zatiaľ čo iba jeden účastník vykazoval CVA naznačujúci predsunuté držanie hlavy. Žiaden z účastníkov neprekročil referenčné hodnoty pre APT alebo LA. Tieto zistenia naznačujú, že odchýlky v držaní tela v tejto vzorke boli častejšie na úrovni hrudnej chrbtice, zatiaľ čo zakrivenie krčnej chrbtice, poloha panvy a drieková lordóza dosahovali referenčné hodnoty.

Spearmanov koeficient korelácie preukázal niekoľko štatisticky významných závislostí medzi sledovanými parametrami (Tab. 2). Korelačná matica taktiež poskytuje farebne označenú vizualizáciu vecnej významnosti.

Štatisticky významná závislosť bola zistená medzi CVA a KA, ako aj medzi CVA a LA. Môžeme konštatovať, že väčší CVA súvisí s väčším KA a LA, čo naznačuje súvislosť medzi polohou hlavy a sagitálnymi zakriveniami chrbtice. Väčší predsun hlavy teda môže byť spojený s hyperkyfózou a kompenzačne zvýšenou driekovou lordózou. APT vykazoval štatisticky významný vzťah s KA a LA. Výsledky naznačujú, že väčšia anteverzia, teda vysadenie, panvy sú spojené s nižšími hodnotami KA a naopak s väčším prehĺbením driekovej lordózy.

Pri parametroch rozloženia plantárneho tlaku, bol pozorovaný štatisticky významný vzťah medzi tlakovým zaťažením FF_LF a FF_RF, ako aj medzi RF_LF a RF_RF. Ďalej bol potvrdený štatisticky významný vzťah medzi tlakom v prednej a zadnej časti chodidla v rámci tej istej končatiny. Výsledok korešponduje s očakávanou biomechanickou symetriou a kompenzačnými mechanizmami chodidla.

Medzi sledovanými sagitálnymi parametrami chrbtice a premennými plantárneho tlaku neboli zistené žiadne štatisticky významné vzťahy.

Tabuľka 1 Deskriptívna štatistika sledovaných parametrov

Parametre	Medián	QD	Dolný kvartil	Horný kvartil
CVA	59,92	2,07	58,80	63,11
KA	54,05	6,03	47,63	59,97
LA	30,19	3,03	26,07	32,41
APT	7,98	1,37	6,44	9,35
FF_LF	48,50	7,25	40,50	55,50
FF_RF	51,50	5,75	42,50	54,50
RF_LF	45,50	7,25	44,50	59,50
RF_RF	51,00	7,25	45,50	57,50

Legenda: FF_LF – predná časť ľavého chodidla; FF_RF – predná časť pravého chodidla; RF_LF – zadná časť ľavého chodidla; RF_RF – zadná časť pravého chodidla; QD – kvartilová odchýlka

Tabuľka 2 Korelačná matica sledovaných parametrov

Parameter	CVA	KA	LA	APT	FF_LF	FF_RF	RF_LF	RF_RF
CVA	1,00							
KA	0,34*	1,00						
LA	0,37*	0,11	1,00					
APT	-0,09	-0,34*	0,47*	1,00				
FF_LF	0,17	-0,05	-0,06	0,16	1,00			
FF_RF	0,17	0,21	0,01	0,20	0,64*	1,00		
RF_LF	-0,17	0,05	0,06	-0,16	-1,00	-0,64*	1,00	
RF_RF	-0,17	-0,21	-0,01	-0,20	-0,64*	-1,00	0,64*	1,00

$r \geq 0,50$ veľký
$0,30 \leq r < 0,50$ stredný
$r < 0,30$ malý
$r > -0,30$ malý
$-0,50 < r \leq -0,30$ stredný
$r \leq -0,50$ veľký

Legenda: FF_LF – predná časť ľavého chodidla; FF_RF – predná časť pravého chodidla; RF_LF – zadná časť ľavého chodidla; RF_RF – zadná časť pravého chodidla; * – $p < 0,05$

DISKUSIA

Štúdia skúmala vzťah medzi posturálnymi parametrami a rozložením plantárneho tlaku u populácie vysokoškolských študentov. Medzi posturálnymi parametrami chrbtice boli preukázané štatisticky významné závislosti, čo naznačuje vzájomnú závislosť jednotlivých segmentov. Závislosť medzi CVA a KA aj LA naznačuje, že poloha hlavy úzko súvisí s celkovým sagitálnym postavením chrbtice. Podobne štúdia Montoya et al. (2025) odhalila závislosť medzi parametrami krčnej a spinopelvickej chrbtice, zdôrazňujúc prepojenosť týchto parametrov. Zistenia tejto štúdie podporujú koncepciu, že jednotlivé zakrivenia chrbtice sú funkčne prepojené. Zmeny zakrivenia v oblasti krku boli spojené s kompenzačnými zmenami v hrudnej a driekovej oblasti, najmä so zvýšeným KA a LA. Tieto adaptácie zrejme slúžia ako mechanizmy na udržanie horizontálneho pohľadu a celkovej stability postoja (Mizutani et al., 2018). Endo et al. (2016) uviedli, že sagitálne zakrivenie krčnej chrbtice súvisí s KA, ale nie s LA a postavením panvy. Výsledky zdôrazňujú potrebu hodnotiť chrbticu ako celok, nie izolovane po segmentoch.

V štúdii sme tiež identifikovali štatisticky významnú závislosť medzi KA a APT. To naznačuje, že jedinci so zväčšenou hrudnou kyfózou majú tendenciu vykazovať menšiu anteverziu panvy. Podobné vzájomné vzťahy medzi KA a polohou panvy boli popísané aj v predchádzajúcich štúdiách zaoberajúcich sa posturálnym zarovnaním (Mieszała et al., 2019). Ďalej sa medzi zistenými vzťahmi preukázala závislosť medzi APT a LA. Tento vzťah je v súlade so zisteniami Levineho a Whittla (1996), ktorí preukázali, že zmena sklonu panvy významne ovplyvňuje LA. Tieto biomechanické súvislosti boli potvrdené aj súčasným výskumom Amirouche et al. (2023), ktorí ukázali, že predný sklon panvy zvyšuje LA, zatiaľ čo zadný sklon panvy vedie k jej zníženiu alebo strate, čím zdôraznili významný vplyv orientácie panvy na kinematiku chrbtice.

Analýza parametrov plantárneho tlaku odhalila závislosť medzi zaťažením prednej a zadnej časti chodidla v rámci každej nohy, čo odráža prirodzenú redistribúciu záťaže medzi predným a zadným segmentom. Ďalej bol potvrdený štatisticky významný vzťah medzi tlakom v prednej a zadnej časti chodidla v rámci tej istej končatiny. Naopak, neboli zistené žiadne štatisticky významné vzťahy medzi rozložením plantárneho tlaku a posturálnymi parametrami. Tieto výsledky sú v kontraste s predchádzajúcimi štúdiami. Żurawski et al. (2022) preukázali, že veľkosť KA a LA ovplyvňuje distribúciu reakčných síl z podložky na chodidlá. Podobne Abdel-Aziem et al. (2024) uviedli, že zväčšujúci sa KA bol silne spojený so zvýšeným plantárnym tlakom v prednej časti chodidla a so zníženým tlakom v zadnej časti. Aydin et al. (2016) identifikovali významnú koreláciu medzi lumbosakrálnym uhlom a plantárnym tlakom v prednej časti chodidla. Autori zdôraznili, že hodnotenie jednotlivcov so zvýšenou drieková lordóza, hrudnou kyfózou alebo plochým chrbtom by malo zahŕňať aj posúdenie distribúcie plantárneho tlaku.

Vzhľadom na to, že sledovaný súbor tvorili študenti telovýchovného zamerania, je potrebné interpretovať výsledky aj v kontexte funkčných adaptácií vyplývajúcich z pravidelnej športovej aktivity. Predchádzajúce štúdie poukazujú na to, že športová aktivita významne ovplyvňuje posturálnu stabilitu a rozloženie plantárneho tlaku v stoji, pričom športovci môžu vykazovať špecifické vzorce zaťaženia chodidiel a vyššie posturálne nároky v porovnaní s nešportovcami (Kozel et al., 2026). Tieto adaptácie môžu čiastočne vysvetľovať absenciu vzťahov medzi sagitálnym zakrivením chrbtice a rozložením plantárneho tlaku v našej štúdii.

ZÁVER

Predložená štúdia poskytuje dôkazy, že posturálne parametre chrbtice u vysokoškolských študentov sú významne vzájomne prepojené. Tieto výsledky podčiarkujú význam vnímania tela ako systému navzájom poprepájaných reťazcov, kde zmeny v jednom segmente môžu ovplyvniť vzdialenejšie oblasti. Na rozdiel od vzájomnej závislosti medzi sagitálnymi parametrami chrbtice neboli pri statických podmienkach identifikované žiadne štatisticky významné vzťahy medzi týmito parametrami a rozložením plantárneho tlaku. Budúce štúdie by mali zahŕňať väčšie a heterogénne vzorky, dynamické hodnotenie a sledovanie svalovej aktivity, keďže svaly trupu, krku a dolných končatín môžu ovplyvniť zakrivenie chrbtice a rozloženie plantárneho tlaku.

Poďakovanie

Tento článok a výskum boli podporené Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVaM SR a SAV (VEGA) v rámci projektu VEGA 1/0382/24 Prevalencia a diverzi-

fikácia porúch muskuloskeletálneho systému vysokoškolákov vo vzťahu k ich správaniu súvisiacim so zdravím a Grantovou agentúrou pre doktorandov a mladých výskumníkov PU v rámci projektu GaPU 30/2025 Posturálne faktory a ich vplyv na rozloženie tlaku na chodidlo: Analýza u vysokoškolských študentov.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

AMIROUCHE F., DOLAN M., MIKHAEL M. Comparison of anterior versus posterior pelvic tilt on lumbar lordosis. *Orthop Procs.* 2023; 105-B (7): 25-25.

COHEN J. *Statistical power analysis for the behavioral science.* Hillsdale: L. Erlbaum Associates, 1988. 567. ISBN 0-8058-0283-5.

ENDO K., SUZUKI H., SAWAJI Y. et al. Relationship among cervical, thoracic, and lumbopelvic sagittal alignment in healthy adults. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2016; 24 (1): 92-96.

FEKA K., POMARA F., RUSSO G. How do sports affect static baropodometry? An observational study among women living in southern Italy. *Hum. Mov.* 2018; 20 (1): 9-16.

FERRARI E., COOPER G., REEVES N.D. et al. Intrinsic foot muscles act to stabilise the foot when greater fluctuations in centre of pressure movement result from increased postural balance challenge. *Gait Posture*. 2020; 79: 229-233.

HAN A.R., JEONG J.I., FENG J. et al. Kinematic Analysis of Thoraco-Lumbar Spine in Bad Postures During Daily Life. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers B*. 2012; *36* (11): 1105-1110.

HMIDA J., TOMSCHI F., STRAUSS A.C. et al. Relationship between foot pressure and spinal parameters in healthy adults - A systematic review. *Gait & posture*, 2023; 103: 126-132.

KOZEL M., ŠKREČKOVÁ G., POTAŠOVÁ M. Biomechanical and Posturographic Aspects of the Foot as a Basis of the Sport's Postural Characteristics. *Appl. Sci.* 2026; 16: 434-446.

LEVINE D., WHITTLE M.W. The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996; 24 (3): 130-135.

LIEVERS W.B., GOGGINS K.A., ADAMIC P. Epidemiology of foot injuries using National Collegiate Athletic Association data from the 2009–2010 through 2014–2015 seasons. *J. Athl. Train.* 2020; 55 (2): 181-187.

LUDWIG O. Posture Analysis in theSagittal Plane – Practical Guidelines with Reference Values. *Anatomia*. 2025, 4 (2).

MIESZAŁA W., DEMCZUK-WŁODARCZYK E., CHROMIK K. et al. Examining relationships of the anterior pelvic tilt angle with the anterior-posterior curvatures and elongation of the spine. *Acta Bioeng Biomech.* 2019; 21 (1): 37-44.

MIZUTANI J., VERMA K., ENDO K. et al. Global Spinal Alignment in Cervical Kyphotic Deformity: The Importance of Head Position and Thoracolumbar Alignment in the Compensatory Mechanism. *Neurosurgery.* 2018; 82 (5): 686-694.

MONTOYA J.E.M, RAMACHANDRAN K., IYER P.R. et al. Is there a direct correlation between cervical sagittal alignment and spinopelvic sagittal alignment?: an observational study from asymptomatic Indian adults. *Asian Spine Journal*. [online]. 2025 [29.12.2025] https://doi.org/10.31616/asj.2025.0145. ISSN 1976-7846.

PICELLI A., MAZZOCCO G., SMANIA N. Trunk Posture Adaptations during Sitting on Dynamic Stool: A Validation Study. *Applied Sciences*. 2020; 10 (21): 1-7.

SADASIVAN P., COOPER L., CURRALL V. Lisfranc injuries in athletes: A review. *Orthop. Trauma.* 2024; 38 (1): 18-24.

SALMAN M., BETTANY-SALTIKOV J., KANDASAMY G. et al. Development of a Novel Pictorial Questionnaire to Assess Knowledge and Behaviour on Ergonomics and Posture as Well as Musculoskeletal Pain in University Students: Validity and Reliability. *Healthcare*. 2024; 12 (3): 1-25.

SCHRÖDER J, STILLER T, MATTES K. Referenzdaten in der Wirbelsäulenformanalyse. *Manuelle Medizin.* 2011; 49 (3): 161-166.

STOLINSKI L., KOZINOGA M., CZAPROWSKI D. Two-dimensional digital photography for child body posture evaluation: standardized technique, reliable parameters and normative data for age 7-10 years. *Scoliosis and spinal disorders*. 2017; 12: 38.

WATSON D.H., TROTT P.H. Cervical headache: an investigation of natural head posture and upper cervical flexor muscle performance. *Cephalalgia.* 1993; 13 (4): 272-284.

YOUSSEF H., AYDOĞDU O., YILDIZ A. Altered body balance and plantar pressure distribution in

young adults with forward head posture. *Journal of orthopaedics*, 2024; *59*: 68-75.

ZEMKOVÁ, E. Sport-specific balance. *Sports Med.* 2014; 44(5): 579-590.

ZULKIFLI S.S., LOH W.P. A state-of-the-art review of foot pressure. Foot Ankle Surg, 2020; 26 (1): 25-32.

ZUPANČIČ M., MARUŠIČ J. Overview of systematic reviews on the most common sports injuries. Exerc. *Qual. Life.* 2024; 16 (1): 5-18.

ŻURAWSKI A., ŚLIWIŃSKI Z., SULIGA E. et al. Effect of Thoracic Kyphosis and Lumbar Lordosis on the Distribution of Ground Reaction Forces on the Feet. *Orthopedic research and reviews*, 2022; 14: 187-197.