

УДК: 617.586-007.58:616.718.71-007-073.75:602.1:519.673:004.94
 HTTPS://DOI.ORG/10.37647/2786-7595-2023-117-2-8-12

Торсія шийки та приведення головки таранної кістки в нормі та при вродженій гнучкій плоскій стопі

Лябах А.П., Гайко О.Г., Турчин О.А., Пятковський В.М.
 ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України»

Резюме. Вплив торсії шийки та приведення головки таранної кістки (ТК) на механогенез вродженої гнучкої плоскої стопи (ВГПС) лишається недостатньо вивченим питанням. **Мета.** Дослідити торсію шийки та приведення головки ТК в нормі та при ВГПС. **Матеріал і методи.** Дослідження проведене на КТ-сканах 36 стоп 20 пацієнтів: 17 стоп (6 чоловіків, 3 жінки; вік $26,9 \pm 5$ р.) відповідали критеріям ВГПС, 19 стоп (5 чоловіків, 6 жінок; вік $31,4 \pm 3,6$ р.) використані в якості контролю. Розраховували кут торсії шийки (КТШ), горизонтальний кут між тілом та головою (кут приведення головки – КПГ). У пацієнтів дослідної групи вимірювали кут непокриття головки таранної кістки (КНГТК) по прямій навантажувальній рентгенограмі. Порівняння середніх та кореляційні зв'язки обраховували за допомогою відповідних тестів при рівні значимості 0,05. **Результати.** Була встановлена відсутність значимої різниці між середніми, що характеризували КТШ ТК в нормі [$45,7 \pm 1,4$; ДІ 95 % (43; 48,4)] та у пацієнтів із ВГПС [$47,7 \pm 1$; ДІ 95 % (45,8; 49,6)] ($p = 0,25$), натомість КПГ в нормі [$14,7 \pm 1,2$; ДІ 95 % (12,3; 17,1)] суттєво відрізнявся від такого у пацієнтів із ВГПС [$18,8 \pm 1,3$; ДІ 95 % (16,3; 21,3)] ($p = 0,02$). Був встановлений зв'язок середньої сили ($R = 0,5$ при $p = 0,05$) між КПГ та КНГТК. **Заключення.** Кореляційний зв'язок середньої сили ($R = 0,5$) між КПГ та КНГТК може свідчити про вплив медіальної девіації головки ТК на нестабільність периталарної зони.

Ключові слова: Таранна кістка; плоска стопа; торсія.

Вступ

Гнучка плоска стопа (ПС) в структурі ортопедичної патології складає, за даними різних авторів, від 19 до 27 % [1 – 3]. Механогенез гнучкої ПС самим суттєвим чином обумовлений основним структурним компонентом деформації (вкорочення м. triceps surae, патологія сухожилка м. tibialis posterior, відносно коротка п'яткова кістка, структурна інверсія плесна або metatarsus inversus).

Інші чинники, здатні викликати інверсійне положення плесна, також були серед перелічених патогенетичних чинників найменше досліджений metatarsus inversus, хоча можливий вплив позиційного компоненту структурно інвертованого плесна добре відомий клініцистам. В літературі присутня думка, що інвертоване положення плесна обумовлене дефіцитом внутрішнього скручування

(торсії) шийки таранної кістки (ТК) в процесі постнатального розвитку скелету нижньої кінцівки. Процес торсійного розвитку нижньої кінцівки дуже детально висвітлений в капітальній монографії Г.Ф. Гафарова [4]. Згідно його даних, шийка ТК зазнає внутрішнього скручування від 00 у новонародженого до 450 у дитини віком 7 років, і у подальшому цей показник лишається сталим. В англомовній літературі скручування шийки ТК називають торсією головки, перша публікація на дану тему опублікована у 1927 р. Straus W.L. [5], в якій вказано, що на момент народження торсія становить в середньому 260 і досягає середнього значення 370 у дорослому віці. Windisch G. та ін. [5] при анатомічному дослідженні також знайшли, що у 9-місячного плоду торсія головки/шийки становить 260. Врахування факту торсії головки/шийки ТК та її кутових значень може мати саме суттєве значення для розуміння механогенезу та планування хірургічної корекції гнучкої ПС, тому уточнення відповідних анатомічних показників є актуальним питанням. Інші чинники здатні викликати

✉¹ Лябах Андрій Петрович: anliabakb@gmail.com¹

¹ ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України»

інверсійне положення плесна, також були предметом досліджень. 3D-моделювання, проведене на основі реальних КТ-сканів ТК у пацієнтів із мобільною ПС, показало більш проксимальне (краніальне) розташування суглобової поверхні головки ТК [6].

Іншим напрямком у вивченні механогенезу гнучкої ПС є пошук причин нестабільності на рівні таранно-човноподібного суглоба. Останні десятиріччя повернули зацікавленість темою «acetabulum pedis» та вивченням факторів, що можуть викликати нестабільність на цьому рівні [7, 8]. Одним із таких факторів може бути надмірна медіальна девіація (приведення) головки ТК; і на цей факт в літературі відповідних посилань ми не знайшли.

Таким чином, можливий вплив торсії та приведення головки ТК на інверсійне положення плесна та, відповідно, нестабільність в «acetabulum pedis» є недостатньо вивченими питаннями, відповідь на які можуть розширити наші уявлення про біомеханіку гнучкої ПС.

Мета роботи. Вивчити морфологічні показники, що характеризують кутові взаємовідношення головки та тіла ТК, а саме торсію шийки та приведення головки в нормі та при гнучкій ПС.

Матеріали і методи

Дослідження проведене на КТ-сканах 36 стоп 20 пацієнтів в положенні без навантаження на апараті 17 стоп (6 чоловіків, 3 жінки; вік $26,9 \pm 5$ р.) відповідали критеріям вродженої гнучкої ПС, 19 стоп (5 чоловіків, 6 жінок; вік $31,4 \pm 3,6$ р.) використані в якості контролю. Дослідження було схвалене Вченою радою ДУ «ІТО НАМН України». Дані з історій хвороби були використані згідно Гельсінської Декларації (1975, 2008) та вимог локального комітету з біоетики. Інформована згода отримана від усіх пацієнтів.

Відбір пацієнтів дослідної групи був проведений досвідченим ортопедом-травматологом (Л.А.П.) згідно наступних критеріїв. При навантаженні: зменшення висоти склепіння, вальгусне відхилення п'яти більше 100, позитивний тест збільшеної кількості пальців (to-many-toes), позитивний тест пасивного розгинання 1-го пальця. Рентгенологічно: негативне (менше -50) значення вертикального таранно-метатарзального кута (ТМК). Пацієнти дорослого віку мали анамнез лікування ПС з дитинства.

Пацієнти, що увійшли до контрольної групи, мали нормально побудовані стопи, КТ виконували з приводу травм в ділянці гомілковостопного суглоба.

3D-реконструкцію стопи обробляли в програмі Radiant... із застосуванням базових інструментів: видаляли гомілкові кістки, передній та середній відділи стопи. Отриманий препарат таранна кістка-п'яткова кістка зберігали у вигляді двох файлів (JPG-розширення), що репрезентували корональну та аксіальну площини. Отримані файли переносили у програму векторної графіки Corel Draw X8, де розраховували кут торсії шийки (КТШ), горизонтальний кут між тілом та головою (кут приведення головки – КПГ). В якості постійних орієнтирів використали: для КТШ – горизонтальну лінію верхнього контура суглобової поверхні ТК (А) та серединну лінію суглобової поверхні головки ТК (В); для КПГ – серединну лінію суглобової поверхні тіла ТК (С) та серединну лінію шийки та головки (D) (рис. 1).

Вимірювання кожного кутового показника проводили тричі, вираховували середнє арифметичне, отримане значення округлювали до цілого числа. Результати заносили в електронні таблиці, розраховували описову статистику, для середніх – довірчий інтервал (95 %). Порівняння середніх проводили за допомогою непарного t-тесту при рівні значимості 0,05. У пацієнтів дослідної групи вимірювали кут непокриття головки таранної кістки (КНГТК) по прямій навантажувальній рентгенограмі. Між трьома наборами кутових даних обчислювали кореляцію Пірсона, силу зв'язку оцінювали за шкалою Чеддока-Снедекора. Обчислення проводили в програмі Excel-13 із застосуванням наданого пакету програм.

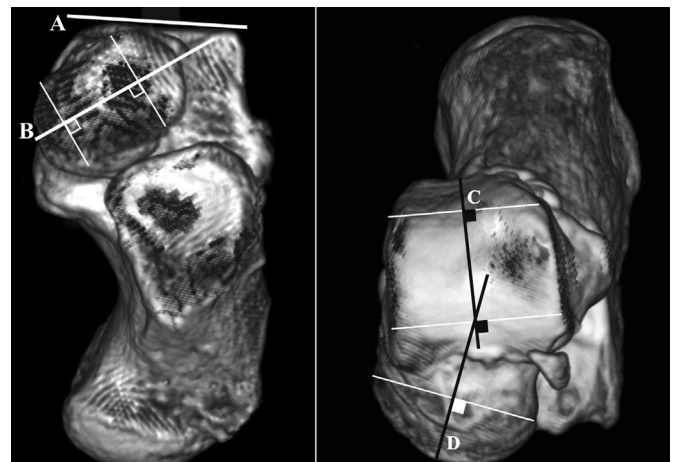


Рис. 1. Розташування ліній для обрахунку кута торсії шийки та кута приведення головки таранної кістки.

Корональна площина: А – горизонтальна лінія верхнього контура блоку ТК, В – серединна лінія суглобової поверхні головки ТК. Аксіальна площина: С – серединна лінія блоку ТК, D – серединна лінія шийки та головки ТК.

Результати

Була встановлена відсутність значимої різниці між середніми, що характеризували кут торсії шийки таранної кістки в нормі [$45,7 \pm 1,4$; ДІ 95 % (43; 48,4)] та у пацієнтів із ПВС [$47,7 \pm 1$; ДІ 95 % (45,8; 49,6)] ($p = 0,25$), натомість кут приведення головки таранної кістки в нормі [$14,7 \pm 1,2$; ДІ 95 % (12,3; 17,1)] суттєво відрізнявся від такого у пацієнтів із ПВС [$18,8 \pm 1,3$; ДІ 95 % (16,3; 21,3)] ($p = 0,02$). Результати вимірювань представлені в таблиці 1 та на коробчастих діаграмах (рис. 2 та 3).

Таблиця 1

Результати вимірювань кутових показників таранної кістки в нормі та при гнучкій плоскій стопі

Показник	M ± s; min – max; ДІ 95 %		p, при $\alpha = 0,05^*$
	Норма	Плоска стопа	
КТШ, градуси (0)	$45,7 \pm 1,4$; 37 – 59; ДІ 95 % (43; 48,4)	$47,7 \pm 1$; 40 – 53; ДІ 95 % (45,8; 49,6)	0,25
КПГ, градуси (0)	$14,7 \pm 1,2$; 7 – 28; ДІ 95 % (12,3; 17,1)	$18,8 \pm 1,3$; 7 – 29; ДІ 95 % (16,3; 21,3)	0,02
КНГТК, градуси (0)		$33,6 \pm 3,2$; 24 – 70; ДІ 95 % (27,4; 39,8)	

Примітка: * двохвибірковий t-тест з різними дисперсіями

Був встановлений зв'язок середньої сили ($R = 0,5$ при $p = 0,05$) між КПГ та КНГТК, що дозволяє зробити припущення про вплив медіальної девіації головки ТК на нестабільність в «acetabulum pedis». Апроксимація цього зв'язку у поліноміальній залежності підвищує коефіцієнт детермінації до 0,4 (рис. 4).

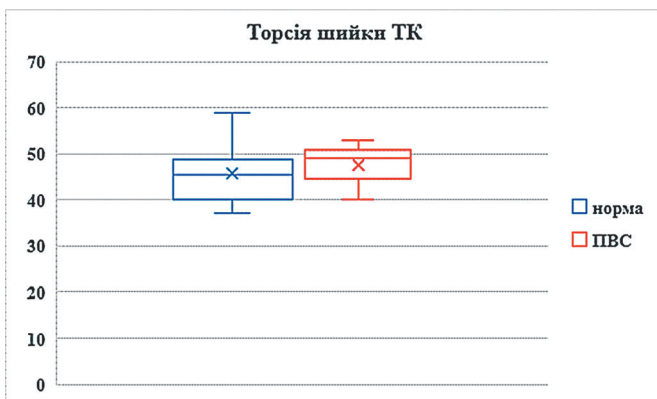


Рис. 2. Коробчаста діаграма порівняння середніх КТШ в нормі та при ВГПС.

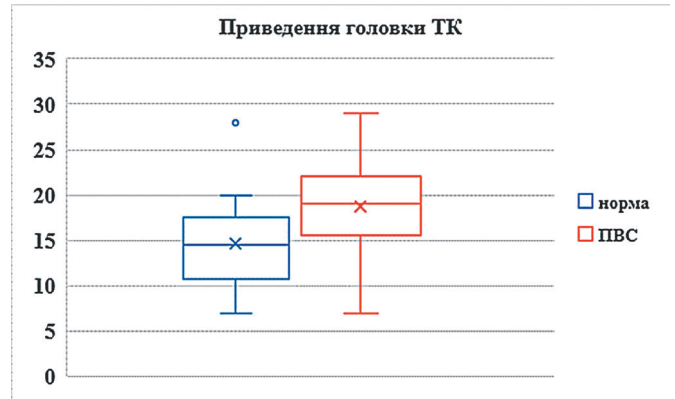


Рис. 3. Коробчаста діаграма порівняння середніх КПГ.

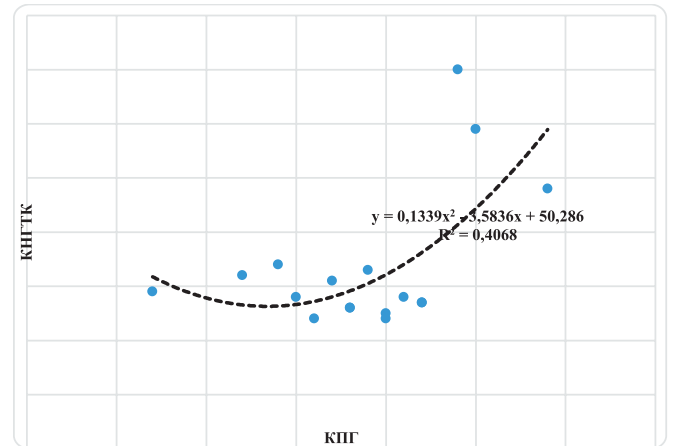


Рис. 4. Діаграма залежності КНГТК від КПГ, апроксимація лінії тренду у поліноміальній залежності.

Дискусія

Вроджена гнучка плоска стопа (ВГПС) є добре окресленою клініко-рентгенологічною одиницею, що має загальновизнані скіалогічні та морфологічні характеристики. Нині є погодження, що біомеханіка ВГПС обумовлена комплексним трьохкоординатним зміщенням стопи та гомілки навколо таранної кістки; числені скіалогічні показники цього зміщення добре відомі і мають ужиток у практичній роботі та наукових дослідженнях, проте жодним чином не пояснюють патогенез ВГПС.

Запровадження КТ та МРТ стимулювали дослідження щодо взаємоположення кісток ЗВС, контактного навантаження суглобових поверхонь, особливостей конфігурації кісток тощо [9]. Дослідження морфологічних змін ТК при ПВС тривають і нині. Anderson та ін. [10] показали різницю між нормою та ПВС у співвідношенні таких характеристик, як: довжина/ширина тіла, довжина/висота тіла, довжина/ширина головки, форма головки. Згідно

їхніх результатів, при ПС ТК вужча та коротша, має більш овальну форму головки. Цінність подібних досліджень викликає певні сумніви, оскільки абсолютні лінійні виміри суттєво залежать не тільки від антропометричних даних суб'єкта, але навіть і від раси досліджуваного [11].

Інше дослідження морфології ТЧС, проведене Peeters K. та ін. [6], показало збільшення коефіцієнту відношення розмірів головки ТК та суглобової поверхні ЧК при ПС, більш краніальної орієнтації суглобової поверхні головки. Ці два фактори, на думку авторів, і є безпосередньою причиною двох скіалогічних ознак ПС: колапсу медіальної арки та відведення переднього відділу.

У цьому зв'язку більш доцільними виглядають дослідження, в яких розглядають кутові показники та відносні величини [12]. Одним із кутових показників, який розглядають в якості патогенетичного чинника ВГПС, є кут торсії головки (шийки). Згідно теорії торсійного розвитку нижньої кінцівки, запропонованої Х.З. Гафаровим [4], у віці 7 – 8 років торсія шийки завершується і цей кутовий показник становить у середньому 450. Якщо такого фінального скручування не стається, то позиція ЧК обумовлює інверсійне положення плесна – *metatarsus primus inversus*. Компенсація при навантаженні викликає позиційну плоску стопу. Чи дійсно при ВГПС має місце недостатня торсія шийки ТК, невідомо.

Одним із перших і небагатьох авторів, хто вивчав торсію шийки ТК, був Straus W.L. [5]. Він дослідив процес скручування шийки ТК (за Straus W.L. – торсія головки) від внутрішньоутробного стану (4 місяці вагітності) до дорослого віку і встановив, що скручування стається в напрямі проти годинникової стрілки для лівої ТК та в напрямі за годинниковою стрілкою для правої ТК; кутові значення збільшуються від 17,80 у 4-місячного плоду до 260 у 9-місячного. У дорослого торсія досягає 370. За Х.З. Гафаровим, кут торсії у новонародженого становить 00, у 4-річної дитини 200, у дорослого – 450 [4]. Результати нашого дослідження показали, що середні значення КТШ в нормі становлять $45,7 \pm 1,40$ та суттєво не відрізняються ($p = 0,25$) від таких при ВГПС ($47,7 \pm 10$).

Ми не можемо прокоментувати розбіжність між результатами онтогенетичної динаміки в зміні КТШ, отриманими Straus W.L. та Х.З. Гафаровим. Це може бути пов'язане з розміром вибірки та методикою вимірювання КТШ на анатомічних препаратах – нативних або сухих. Більш важливим є те, що ми не знайшли різниці між значеннями КТШ в нормі та при ВГПС. Це спростовує тезу про можливу роль недостатньої торсії шийки ТК в генезі *metatarsus primus inversus*.

Наше дослідження показало значення КТШ

у дорослих в нормі в середньому $45,7 \pm 1,40$ (37 – 590), що неможливо коректно співставити з даними попередніх досліджень через недосяжність первинного матеріалу та можливу етнічну різноманітність. Набагато ціннішим фактом є відсутність вагової різниці між середніми у величині торсії шийки ТК в нормі та у пацієнтів із ВГПС. Це спростовує думку про роль торсії шийки ТК в генезі ВГПС, а саме такого її різновиду, як позиційної ПС.

Straus W.L. також детально описав динаміку кута приведення головки (в оригінальній транскрипції – кут між блоком та шийкою): від 33,40 у 4-місячного плоду до 26,50 у новонародженого. За Х.З. Гафаровим, величина цього кута становить 40 – 480 у 7-9 місячного плоду, 38 – 450 у новонародженого, 16 – 270 у дорослого [4].

Згідно наших даних, значення цього кута в нормі становлять 14,70, а при ВГПС – 18,80, і ці середні суттєво відрізняються. Коректно порівняти наші результати та результати попередніх досліджень ми не можемо, але суттєва різниця між середніми в нормі та при ВГПС ($p = 0,02$) дозволяє зробити припущення, що відхилення шийки та головки ТК досередини може мати вплив на нестабільність та зміщення стопи навколо ТК.

Інший результат нашого дослідження, що опосередковано свідчить на користь цього припущення, є кореляційний зв'язок середньої сили між КПП та КНГТК ($R = 0,5$ при $p = 0,05$).

Суттєвою перевагою нашого дослідження є формування дослідної групи з пацієнтів, які мали вроджену гнучку ПС. У наведених літературних джерелах [6, 10, 12] відбір матеріалу для досліджень не передбачав формування дослідних груп саме з вродженою гнучкою ПС. Через це трактувати отримані авторами результати треба достатньо обережно, оскільки невідомо, чи зміни морфології ТК є первинними, чи є проявом пластичності кісткової тканини під впливом навантажень.

Відносним недоліком проведеного дослідження є невеликий розмір вибірок як дослідної, так і контрольної груп. Проте нормальність розподілу досліджених показників дозволяє прийняти вибірки як репрезентативні.

Заключення. Досліджені кутові показники, що характеризують взаємовідношення головки та тіла ТК, а саме торсія шийки та приведення головки в нормі та при гнучкій ПС. Встановлено, що середні значення кута торсії шийки ТК в нормі та у пацієнтів із вродженою гнучкою плоскою стопою становлять відповідно 45,70 та 47,70; різниця між середніми несуттєва ($p = 0,25$). Встановлена суттєва різниця між середніми, що характеризують кут приведення головки ТК, в нормі (14,70) та при вродженій гнучкій плоскій стопі (18,80) ($p = 0,02$).

Встановлено кореляційний зв'язок середньої сили ($R = 0,5$) між кутом приведення головки та кутом непокриття головки ТК, що може свідчити про вплив медіальної девіації головки ТК на нестабільність периталарної зони (acetabulum pedis).

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів. Дана публікація не була, не є і не буде предметом комерційної зацікавленості в будь-якій формі.

References

1. Munro BJ, Steele JR. Foot-care awareness. A survey of persons aged 65 years and older. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1998;88(5):242-48. doi: 10.7547/87507315-88-5-242.
2. Chen KC, Yeh CJ, Kuo JF, Hsieh CL, Yang SF, Wang CH. Foot-print analysis of flatfoot in preschool-aged children. *Eur J Pediatr.* 2011;170(5):611-17. doi: 10.1007/s00431-010-1330-4.
3. Pita-Fernandez S, Gonzalez-Martin C, Alonso-Tajes F, Seoane-Pillado T, Pertega-Diaz S, Perez-Garcia S et al. Flat foot in a random population and its impact on quality of life and functionality. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(4):LC22-LC27. doi: 10.7860/JCDR/2017/24362.9697.
4. Гафаров Х.З. Лечение детей и подростков с ортопедическими заболеваниями нижних конечностей. Казань. Татарское книжное издательство, 1995;P.56-61. Gafarov Kh.Z. Treatment of childrens and adolescents with orthopedic diseases of the lower extremities. Kazan. Tatarskoe knizhnoe izdatelstvo, 1995; P.56-61. (in Russian).
5. Windisch G, Anderhuber F, Haldi-Brandl V, Exner GU.

- Anatomical study for an update comprehension of clubfoot. Part I: Bones and joints. *J Child Orthop.* 2007; 1:69-77. DOI 10.1007/s11832-006-0003-3
6. Peeters K, Schreuer J, Burg F, Behets C, Van Bouwel S, Derymaeker G et al. Altered talar and navicular bone morphology is associated with pes planus deformity: a CT-scan study. *J Orthop Res.* 2013; 31(2):282-7. DOI 10.1002/jor.22225.
7. Seringe R, Wicart P, French Society of Pediatric Orthopaedics. The talonavicular and subtalar joints: the «calcaneopedal unit» concept. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99(6):S345-55. doi: 10.1016/j.otsr.2013.07.003.
8. Ghanem I, Massaad A, Assi A, Rizkallah M, Bizdikian AJ, El Abiad R et al. Understanding the foot's functional anatomy in physiological and pathological conditions: the calcaneopedal unit concept. *J Child Orthop.* 2019;13(2):134-146. doi: 10.1302/1863-2548.13.180022.
9. Agoada D. The relationship between linear osteological and radiographic measurements of the human calcaneus and talus. *Anat Rec (Hoboken).* 2018;301(1):21-33. doi: 10.1002/ar.23697.
10. Anderson JG, Harrington R, Ching RP, Tencer A, Sangeorzan BJ. Alterations in talar morphology associated with adult flatfoot. *Foot Ankle Int.* 1997;18(11):705-9. doi: 10.1177/107110079701801105.
11. Han Q, Liu Y, Chang F, Chen B, Zhong L, Wang J. Measurement of talar morphology in northeast Chinese population based on three-dimensional computed tomography. *Medicine (Baltimore).* 2019;98(37):e17142. doi: 10.1097/MD.00000000000017142.
12. Louie PK, Sangeorzan BJ, Fassbind MJ, Ledoux WP. Talonavicular joint coverage and bone morphology between different foot types. *J Orthop Res.* 2014;32(7):958-66. doi: 10.1002/jor.22612.

Torsion of the neck and adduction of the head of the talus in normal and congenital flexible flat foot

Liabakh A.P., Haiko O.G., Turchyn O.A., Piatkovskiy V.M.

Summary. The influence of neck torsion and adduction of the head of the talus (T) on the mechanogenesis of congenital flexible flatfoot (CFF) remains as insufficiently studied issue. **Aim.** To examine the torsion of the neck and adduction of the head of the T in normal conditions and CFF. **Material and methods.** The study was performed on CT-scans of 36 feet of 20 patients: 17 feet (6 men, 3 women; age $26,9 \pm 5$ years) met the criteria of CFF, 19 feet (5 men, 6 women; age $31,4 \pm 3,6$ years) were used as control. The neck torsion angle (NTA), the horizontal angle between the body and the head (body-head angle – BHA) were calculated. In the patients of the experimental group the angle of uncoverage of the head of the T (talo-navicular uncoverage angle – TNUA) was measured on antero-posterior weight-bearing X-ray. Mean comparisons and correlations were calculated using appropriate tests at a significance level 0,05. **Results.** It was established that there was no significant difference between the averages characterizing the NTA in the norm [$45,7 \pm 1,4$; CI 95 % (43; 48,4)] and in patients with CFF [$47,7 \pm 1$; CI 95 % (45,8; 49,6)] ($p = 0,25$), instead BHA in the norm [$14,7 \pm 1,2$; CI 95 % (12,3; 17,1)] was significantly different from that in patients with CFF [$18,8 \pm 1,3$; CI 95 % (16,3; 21,3)] ($p = 0,02$). A relationship of medium strength ($R = 0,5$ at $p = 0,05$) was established between BHA and TNUA. **Conclusion.** A correlation of medium strength ($R = 0,5$) between BHA and TNUA may indicate the influence of the medial deviation of the head of the T on the instability of the peritalar zone.

Key words. Talus, flatfoot, torsion.