



ФАКТОРИ РИЗИКУ СПОРТИВНИХ ТРАВМ, ЇХ ПРОФІЛАКТИКА ТА ЛІКУВАННЯ

Ультразвукова оцінка стану пяточних кісток у спортсменок, спеціалізуються в фехтованні

Е. Стоклоса

Академія фізической культури, Катовице, Польща

Резюме. За допомогою ультразвукового методу (QUS) дано оцінку структури правої та лівої п'яткових кісток у дівчат, що спеціалізуються у фехтуванні. Представлено дані оцінки морфологічної асиметрії нижніх кінцівок спортсменок, що беруть активну участь у змаганнях. Під час ультразвукового обстеження п'яткової кісткової тканини значних відмінностей між середніми показниками індексу міцності правої та лівої кінцівок спортсменок не визначено. Показники домінуючої нижньої кінцівки характеризуються більш високими антропометричними особливостями. Встановлено, що «якість» кісткової тканини передусім визначає вік початку занять спортом, аніж характеризує особливості тренувального процесу обстежених спортсменок.

Ключові слова: фехтування, антропометрія, індекс міцності кісткової тканини.

Summary. The aim of the study is the assessment of the right and left calcaneus, in girls practicing fencing, by means of ultrasound method (QUS). The research also tries to evaluate morphological asymmetry of lower limbs in the assessed female competitors. The assessment of calcaneal bones in female fencers, conducted by means of QUS method, did not indicate significant differences in mean values of Stiffness index although the front dominant leg was characterized by higher anthropometric features. In the group of the assessed athletes the age at the onset of training, more than the training period, determined the quality of bone tissue.

Key words: fencing, anthropometry, stiffness index of bone.

Постановка проблеми. Профілактика остеопороза особливо важна при формуванні костної ткани в процесі досягнення її піку. Для оцінки стану костної ткани використовують наступні показники у спортсменів, спеціалізуються в фехтованні, — проводять обстеження бедренної кістки, голени і пяточної кістки обох нижніх кінцівок, при цьому враховується вік і спортивна кваліфікація, що неоднозначно пояснює диференціацію показників щільності костної ткани і її структури між домінуючої і не домінуючої кінцівками [7].

Фехтування відноситься до тих спортивних дисциплін, де асиметрія рухів верхніх

кінцівок є домінуючою. Нижні кінцівки, одночасно беручі участь в кожному руховому дійстві, характеризуються функціональним домінуванням передньої ноги. При виконанні виступу передня нога трохи піднята і ковзає п'яткою вперед на фехтовальній платформі. Таким чином, можна передбачити, що домінуюча кінцівка у спортсменів, спеціалізуються в фехтованні, характеризується більшою щільністю костної ткани. Найкращою областю для проведення ультразвукового обстеження є пяточна кістка, характеризується переважно губчастою структурою, в якій обмін речовин в вісім разів вище, ніж в кортикальній кістці.

Цель исследования — оценить состояние правой и левой пяточной кости спортсменок, специализирующихся в фехтовании, с помощью ультразвукового метода (QUS), а также дать морфологическую характеристику нижних конечностей спортсменок, активно участвующих в соревнованиях.

Остеопороз определяется как метаболическое заболевание скелета, характеризующееся снижением костной массы в единице объема кости. Механическая прочность кости является результатом двух интегральных ее характеристик: плотности и структуры [1]. Экстрагенетическим фактором, определяющим показатель пика костной массы (ПКМ), является двигательная активность в сочетании с правильным питанием [2—4].

Двигательная активность оказывает благотворное влияние на костную ткань, однако большие физические нагрузки могут привести к негативным последствиям, которые наблюдаются среди профессиональных спортсменок и определяются как синдром “триада женщины-спортсменки” (расстройство пищевого поведения, аменорея и остеопороз; [5]).

Анализ последних исследований и публикаций. Процессы реконструкции, происходящие в костной ткани, прямо пропорционально зависят от уровня двигательной активности. Движения являются результатом проявления силы вследствие деятельности различного рода костных рычагов, поэтому состояние костной ткани определяется в разных областях скелета. Обычно проводится односторонняя оценка костной ткани, реже берутся результаты одновременно правой и левой сторон скелета.

Проведенные исследования среди спортсменок, специализирующихся в гандболе, позволили установить различия показателей минеральной плотности костной ткани правой и левой бедренных костей в трех основных областях: вертел, шейка и треугольник Варда [6].

Данные о доминирующей при фехтовании передней нижней конечности были получены согласно результатам проведенного анкетного опроса спортсменок.

В исследованиях приняли участие только те спортсменки, которые в ходе ведения боя используют правую нижнюю конечность в качестве доминирующей (передней).

Методы и организация исследования. В обследовании приняли участие спортсменки ($n = 21$) — члены команды Силезского макрорегиона, специализирующиеся в фехтовании на шпагах или саблях. Исследования проводили в

ТАБЛИЦА 1 — Характеристика обследованных спортсменок

Показатель, лет	$\bar{x} \pm SD$	мин.—макс.
Паспортный возраст	15,46 \pm 1,75	13,00—19,64
Возраст начала тренировочных занятий	10,40 \pm 2,51	6,56—14,08
Спортивный стаж	5,09 \pm 2,18	2,0—8,0

естественных условиях тренировочного процесса, который состоял из пяти тренировочных занятий в неделю длительностью 1,5—2 ч. Определяли возраст начала занятий спортом, особенности тренировочного процесса (табл. 1). Характеристику доминирующей половины тела получали с помощью методов Single/Dual фотонабсорбциометрии (SPA/DPA), двойной рентгеновской абсорбциометрии (DRA), количественной компьютерной томографии (QCT). Неинвазивное ультразвуковое обследование (QUS) чаще всего используется для оценки скелетного статуса у детей и подростков. Данный метод позволяет провести оценку и определить “качество” костной ткани, ее эластичность и структуру.

Методы исследования включали также:

- *антропометрические показатели:* измерение длины тела с помощью антропометра; измерение ширины дистального эпифиза бедренной кости, длины и ширины стопы с помощью малогабаритного компаса; проведение оценки окружности бедра и голени с помощью рулетки;

- *состав массы тела:* биоэлектрический анализ сопротивления был проведен с использованием “Tanita TBF-300П” для определения массы тела и его состава — процентное содержание жировой ткани (FAT, %), обезжиренной массы тела и индекса массы тела (ИМТ). Все измерения проводились между 17:00 и 19:00 часами вечера (табл. 2);

- *индекс прочности кости (ИПК):* ультразвуковое обследование обеих конечностей проводили с использованием аппарата “Ахиллес” и системы обработки данных (Lunar Corp.). Показатель индекса прочности кости был взят за основной ввиду большой разницы между

ТАБЛИЦА 2 — Основные значения соматических характеристик и индексов обследованных спортсменок

Показатель	$\bar{x} \pm SD$	мин.—макс.
Длина тела, см	167,2 \pm 6,20	155,0—178,0
Масса тела, кг	58,35 \pm 8,73	44,4—84,3
Индекс массы тела, кг·м ⁻²	20,75 \pm 2,07	18,1—26,6
Жировой компонент, %	21,59 \pm 4,78	12,9—30,8
Обезжиренная масса тела, кг	45,40 \pm 4,36	37,2—58,3

возрастными границами обследованных (от 13 до 19 лет). Данный индекс включает сочетание двух параметров: скорости распространения через кость ультразвука (SOS, м · с⁻¹) и широкополосного затухания ультразвука (BUA, дБ · МГц⁻¹). Расчет индекса прочности кости выражали в процентах от нормы согласно возрасту и полу обследуемых;

• *статистический анализ:* расчет значений среднего арифметического и стандартного отклонения; статистически значимые различия в средних значениях соматических характеристик конечностей оценивали с помощью критерия Стьюдента для зависимых выборок (программа STATISTIC A 6.0 PL); коэффициент корреляции Пирсона был использован для оценки зависимости между индексом прочности пяточной кости и других переменных; величину $p < 0,05$ считали статистически значимой.

Письменное согласие на осуществление исследований было получено из Комитета по биоэтике научных исследований в Академии физического воспитания в Катовице и от родителей девочек, не достигших 18-летнего возраста. Устное согласие на участие в исследованиях было получено от всех обследованных спортсменок.

Результаты исследования и их об- суждение. Соматические характеристики обследованных спортсменок представлены в таблице 2. Полученные результаты свидетельствуют о том, что средние значения состава тела находились в пределах принятых возрастных норм. Индивидуальный анализ свидетельствует о наличии избыточной массы тела первой степени у одной спортсменки (ИМТ 26,6), содержание жирового компонента в пределах 26—30 % у шести обследуемых девушек.

В группе спортсменок с доминирующей правой ногой статистически значимыми показателями измеряемых конечностей явились окружность бедра, ширина дистального эпифиза бедренной кости, длины и ширины стопы (табл. 3). Анализ индекса прочности показал значение более 100 %, но не указал на существенное различие между правой и левой пяточной костью (табл. 4). Снижение плотности костной ткани (СИ 73—86 %) было установлено в отдельных случаях. Значимая корреляция произведена между СИ параметром, значениями длины тела и возраста начала занятий спортом (табл. 5).

Оценка структуры пяточной кости с помощью ультразвукового обследования здоровых взрослых, проведенная в более ранних исследованиях, не выявила существенных различий

среди значений правой и левой конечностей, вследствие чего было сделано заключение о достаточности проведения обследований только на одной ноге [8]. Не выявлено существенных различий показателей пяточной кости правой и левой конечностей среди обследованных здоровых детей 6—14 лет и детей с установленным диагнозом идиопатический ювенильный остеопороз [9]. Анализ показателей микроархитектоники и прочности пяточной кости, проведенный как в лабораторных, так и в естественных условиях с целью прогнозирования угрозы переломов, позволил заключить, что наиболее значимыми являются показатели именно правой конечности [10]. Тем не менее параметры ультразвуковой оценки пяточной кости у спортсменок, специализирующихся в различных видах спорта, показали явные различия между значениями правой и левой конечностей. Известно, что наиболее существенные из них были определены у спортсменок, специализирующихся в гандболе, с установленными высокими значениями для левой пяточной кости.

Результаты обследованных нами спортсменок, специализирующихся в фехтовании, суще-

ТАБЛИЦА 3 — Средние значения (\pm стандартное отклонение) соматических показателей конечностей (см) и статистическая оценка их различий

Показатель	Конечность		
	правая	левая	t
Окружность			
бедра	55,38 \pm 4,13	53,76 \pm 4,14	5,572*
голена	34,66 \pm 2,46	34,78 \pm 2,20	-0,925
колена	9,21 \pm 0,61	8,99 \pm 0,56	3,674*
Ширина стопы	8,85 \pm 0,48	8,50 \pm 0,54	3,051*
Длина стопы	24,34 \pm 1,26	24,43 \pm 1,19	-1,471

* Статистические значения различий $p < 0,05$ по Стьюденту.

ТАБЛИЦА 4 — Характеристика индекса прочности (%) обследованных женщин

Показатель	$\bar{x} \pm SD$	мин. — макс.
Правая пяточная кость (п)	105,90 \pm 13,63	86 \pm 133
Левая пяточная кость (л)	106,55 \pm 14,92	73 \pm 139
Различия п—л	7,20 \pm 5,44	0 \pm 21

ТАБЛИЦА 5 — Показатели корреляции (r) между параметрами плотности кости и оценки переменных

Переменная	Плотность	r
Возраст начала тренировок, лет	Правая пяточная кость (п)	-0,45*
Масса тела, кг	Различия п—л	-0,43*

* $p < 0,05$.

ственно не отличались по показателю содержания кальция в обеих нижних конечностях, о чем свидетельствовали средние значения индекса прочности. Данные количественного ультразвукового исследования пяточной кости детей, взрослых и пожилых пациентов разного возраста, полученные Ф. Маджкосом [11], подтверждают результаты наших исследований, определив значения контралатеральных различий согласно небольшой сумме — до 7,9 % для QUI [11]. Однако в обследованной нами группе спортсменов, специализирующихся в фехтовании, в отдельных случаях установлена разница показателей прочности пяточной кости, составившая 17—21 %. Таким образом, для диагностики остеопении или остеопороза одностороннее обследование пяточной кости не является достаточным.

В силу различий при выборе предпочитаемой нижней конечности и в зависимости от вида деятельности, возникают частые расхождения в определении доминирующей конечности, особенно если основанием для этого является исключительно самооценка индивидуума, а не научно обоснованные данные и результаты исследований. Сила, скорость и точность движения не всегда являются основными характеристиками, определяющими функциональную составляющую конечности во время ее работы или отказа от нее [13, 14]. Поэтому важным является определение функционального доминирования конечности и проведение анализа показателей костной ткани именно для обеих нижних конечностей.

Применение автоматической контурной процедуры количественной оценки плотности асимметрии костных трабекул обследуемых позволило объяснить эффекты адаптации костной ткани вследствие увеличения нагрузки [15]. Установлена тесная взаимосвязь между возрастом начала занятий и значениями индекса прочности доминирующей и, как следствие, механически более нагруженной конечности, свидетельствующей о темпах интенсивности процессов адаптации костной ткани. Согласно теории механотрансдукции, механические нагрузки стимулируют формирование костной ткани, вследствие чего данные процессы протекают пропорционально интенсивности самой нагрузки [2].

Масса и длина тела являются основными и наиболее часто используемыми величинами, определяющими соматические характеристики человека. В наших исследованиях было установлено, что средние арифметические значения обследованных спортсменов находились в пределах максимальных значений по отношению к величинам норм для популяции девушек Поль-

ши. Вполне вероятно, что полученные значения состава тела, его обезжиренной массы и жирового компонента (FAT, %) являются результатом положительного влияния тренировочных нагрузок на их организм, что подтверждается результатами исследований, представленных и другими авторами [17, 18]. Состав тела, а именно, показатель мышечного и жирового компонентов, имеет важное значение не только среди спортсменов, определяя их работоспособность и производительность, но и для неспортсменов, с учетом возраста и пола.

Фехтование является спортивной дисциплиной, характеризующейся асимметричными движениями верхних конечностей, которые являются доминирующими. Однако работа нижних конечностей также специфична. При этом во время движения на помосте мышцы передней ноги выполняют эксцентрические сокращения, а задней — концентрические [19, 20]. Установлено [21], что значительно выше сила мышц сгибателей и разгибателей коленного сустава именно передней ноги у спортсменов, специализирующихся в фехтовании. Эти данные подтверждаются результатами собственных исследований, где нами показано, что наибольшие значения окружности бедра и его дистального эпифиза характерны для показателей доминирующей нижней конечности (передней) обследованных спортсменов.

Выводы:

1. Оценка с помощью ультразвукового метода обследования (QUS) состояния пяточных костей у женщин, специализирующихся в фехтовании, не выявила значительных различий в средних значениях индекса прочности, однако позволила установить более высокие антропометрические особенности доминирующей нижней конечности.

2. У обследованных выявлена тонкая структура костной ткани, что выражается в значении индекса прочности более чем 100 %.

3. В отдельных случаях установлены значительные различия индекса прочности значений правой и левой пяточной кости, что свидетельствует о необходимости проведения дополнительной оценки обеих конечностей.

4. Качество костной ткани в большей степени характеризует возраст начала занятий, чем особенности тренировочного процесса.

Литература

1. *Anonymous*. NIH Consensus Development Panel / *Anonymous* // JAMA. — 2001. — 285. — P. 785—795.
2. *Duncan C. S.* Bone mineral density in adolescent female athletes: relationship to exercise type and muscle strength /

- C. S. Duncan, C. J. Blimkie, C. T. Cowell et al. // *Med. Sci. Sport Exerc.* — 2002. — 34. — P. 286—294.
3. *Falk Bareket*. A cumulative effect of physical training on bone strength in males / Bareket Falk, V. Galili, L. Zigei et al. // *Int. J. Sports Med.* — 2007. — Vol. 28. — P. 449—455.
4. *Weikert C.* The relation between dietary protein, calcium and bone health in women: results from the EPIC-Potsdam Cohort / C. Weikert, D. Walter, K. Hoffmann et al. // *Ann Nutr Metab.* — 2005. — XXXII, sup. 1. — P. 122—128.
5. *Sundgot-Borgen J.* The triad of disordered eating, amenorrhoea and osteoporosis / J. Sundgot-Borgen // *INSIDER.* — 1998. — Vol. 7. — P. 1—8.
6. *Leźnicka K.* Changes in bone's mineral density in women-professional hand ball players [in Polish] / K. Leźnicka, A. Bohatyrewicz, B. Kosińska // *Medycyna Sportowa.* — 1999. — XV. — 96. — P. 9—11.
7. *Mészáros S.* Comparison of the femoral neck bone density, quantitative ultrasound and bone density of the heel between dominant and non-dominant side / S. Mészáros, V. Ferencz, E. Csupor et al. // *Eur. J. Radiol.* — 2006. — Vol. 60. — P. 293—298.
8. *Kochański M.* Assessment of densitometric examinations of the right and left heel bones made by the USG method (Achilles) [in Polish] / M. Kochański // *Fizjoterapia.* — 1999. — 7, 4. — P. 40—42.
9. *Jaworski M.* Measurements of the bone mineral density on the calcaneus in children with ultrasound technique [in Polish] / M. Jaworski, K. Hoszowski, M. Lebedowski et al. // *Pol. Tyg. Lek.* — 1993. — XLVIII, supl. 3. — P. 24—27.
10. *Cheng X. G.* Prediction of vertebral strength in vitro by spinal bone densitometry and calcaneal ultrasound / X. G. Cheng, P. H. Nicholson, S. Boonen et al. // *J. Bone Miner. Res.* — 1997. — 12, 10. — P. 1721—1728.
11. *Magkos F.* Contralateral differences in quantitative ultrasound of the heel: the importance of side in clinical practice / F. Magkos, Y. Manios, E. Babaroutsi et al. // *Osteoporosis Int.* — 2005. — 16, 8. — P. 879—886.
12. *Czajkowska A.* Effect of specialized sports training on ultrasonometric values of calcaneus in eumenorrhic young woman [in Polish] / A. Czajkowska, W. Glinkowski, B. Wit // *Medycyna Sportowa.* — 1999. — XV, 100. — P. 51—54.
13. *Stokłosa H.* Formation of functional and morphological asymmetry in schoolboys and schoolgirls aged 7 to 15 [in Polish] / H. Stokłosa. — AWF: Katowice, 1998.
14. *Dębczyńska-Wróbel I.* Dominant direction of turns in sport exercises genetic or social conditions? [in Polish]. Zamiejscowy Wydział Kultury Fizycznej poznańskiej AWF w Gorzowie Wlkp / I. Dębczyńska-Wróbel, W. Starosta. — Warszawa—Gorzów Wlkp., 2007.
15. *Dyszkiewicz A.* Quantitative system of evaluation of density asymmetry of bunches of bone bars as the result of disregulation of body biomechanics / A. Dyszkiewicz, J. Szczegielniak, M. Rumanowski // *Fizjoterapia.* — 2007. — 15, 4. — P. 28—35.
16. *Stupnicki R.* Percentile reference curves for physical fitness measured by Eurofit testes in polish youths / R. Stupnicki, R. Przewęda, K. Milde. — AWF: Warszawa, 2003.
17. *Rahimi R.* Effect of moderate and high intensity weight training on the body composition of overweight men / R. Rahimi // *Physical Educ. and Sport.* — 2006. — 4, 2. — P. 93—101.
18. *Bryner R. W.* The effects of exercise intensity on body composition, weight loss, and dietary composition women / R. W. Bryner, R. C. Toffle, I. H. Ullrich et al. // *Am. J. Clin. Nutr.* — 1997. — 16. — P. 68—73.
19. *Roi G. S.* Lo spadista modello / G. S. Roi, P. Mognoni // *Scienza dello Sport.* — 1987. — 9. — P. 51—57.
20. *Roi G. S.* The science of fencing. Implications for performance and injury prevention / G. S. Roi, D. Bianchedi // *Sports Med.* — 2008. — 38, 6. — P. 465—481.
21. *Nyström J.* Physiological and morphological characteristics of world class fencers / J. Nyström, O. Lindwall, R. Ceci et al. // *Int. J. Sports Med.* — 1990. — 11. — P. 136—139.

Надійшла 21.03.2011