

МИНЕРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ КОСТНОЙ ТКАНИ И ПОКАЗАТЕЛИ КОСТНОГО РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ НА ЭТАПАХ ГОДИЧНОГО ЦИКЛА ПОДГОТОВКИ

К.И. Никитина¹, Т.Ф. Абрамова², Т.М. Никитина²

¹Московский клинический научный центр имени А.С. Логинова ДЗМ, г. Москва, Россия,

²Федеральный научный центр физической культуры и спорта, г. Москва, Россия

Цель: изучить взаимосвязь минеральной плотности пяточной кости и показателей костного ремоделирования у представителей велоспорта на этапах годичного цикла подготовки. **Материалы и методы.** В исследовании участвовало 14 мужчин велосипедистов высокой квалификации (мс, мсмк) специализации велотрек в возрасте от 20 до 25 лет и стажем спортивной деятельности от 5 до 16 лет. Тестирование проходило в подготовительный, предсоревновательный и соревновательный периоды годичного цикла подготовки. Минеральная плотность костной ткани (МПКТ) измерялась методом количественной ультразвуковой денситометрии (КУЗД) с помощью прибора Achilles Express (Lunar, USA) для изучения пяточной кости. МПКТ оценивалась в процентах от пиковой нормы для данного участка скелета (значения в 20–29 лет). **Результаты.** Динамика МПКТ на этапах годичного цикла подготовки взаимосвязана с изменением показателей костного ремоделирования и фосфорно-кальциевого обмена. Понижение МПКТ в соревновательный период взаимосвязано с повышением β -Cross Laps и снижением остеокальцина, щелочной фосфатазы, ионизированного кальция и фосфора сыворотки крови. **Выводы.** Снижение МПКТ сопряжено с усилением активности остеокластов и снижением остеобластной активности. Показатели костного ремоделирования и фосфорно-кальциевого обмена отражают состояние костной ткани и процессы общей адаптации к тренировочным нагрузкам и могут быть использованы как маркеры риска снижения МПКТ. Метод КУЗД пяточной кости может быть применен для выявления спортсменов из группы риска по гипотрофическим состояниям.

Ключевые слова: минеральная плотность костной ткани, спортсмены, велосипедисты, остеопения, количественная ультразвуковая денситометрия, минеральная плотность пяточной кости, остеокальцин, β -Cross Laps, кальций ионизированный, фосфор, щелочная фосфатаза.

Введение. Спорт высших достижений нацелен на максимальную мобилизацию всех функциональных систем организма спортсмена для достижения наивысших спортивных результатов [6]. Показано, что физическая нагрузка положительно влияет на минеральную плотность костной ткани (МПКТ) [2]. Но повышенные и сверхпороговые нагрузки спорта высших достижений увеличивают напряженность нагрузки на опорно-двигательный аппарат [5], что приводит к росту травм и остеопоротических изменений [5, 19], особенно у профессиональных спортсменов в видах спорта с низкой гравитационной нагрузкой на скелет [14, 17]. Костная ткань – динамическая система, где в течение всей жизни происходят процессы костной резорбции и синтеза – процесс ремоделирования, биологический смысл которого состоит в приспособлении свойств

кости к меняющимся внешним факторам [12]. Данные костного ремоделирования позволяют дать оценку скорости и баланса резорбции кости и её синтеза [7], прогноз скорости потери костной массы [10], а совместно с показателями фосфорно-кальциевого обмена определить направленность процессов адаптации к тренировочной нагрузке [5, 6, 8], что актуализирует изучение данных показателей для оптимизации программ медицинского наблюдения за состоянием здоровья спортсменов.

Цель исследования – определение взаимосвязи показателей костного ремоделирования и минеральной плотности пяточной кости у спортсменов высокой квалификации на этапах годичного цикла подготовки.

Организация, материалы и методы. В исследовании участвовало 14 спортсменов

высокой квалификации (мс, мсмк) мужского пола со специализацией «велотрек» в возрасте 20,5 [20; 22] года со стажем спортивной деятельности 9,5 [7,25; 12,00] года. Обследование проводилось на базе ФНЦ ВНИИФК в рамках научно-методического обеспечения подготовки спортсменов в течение трех лет на этапах годового цикла подготовки (подготовительный, предсоревновательный, соревновательный периоды).

Определялись биохимические маркеры костного метаболизма: ионизированный кальций и неорганический фосфор (анализатор EXPRESS-PLUS, CIBA-CORNING, США), щелочная фосфатаза, остеокальцин и β -Cross Laps (анализатор ELECSYS 1010, ROCHE, Швейцария).

МПКТ оценивалась методом количественной ультразвуковой денситометрии (КУЗД) пяточной кости. Минеральная плотность пяточной кости (МППК) измерялась с помощью денситометра Achilles Express (Lunar, USA). Метод КУЗД не валидизирован для постановки диагноза остеопороз и оценки эффективности остеопоротического лечения в клинической практике [10], но может быть использован для оценки риска переломов [18]. По рекомендациям ВОЗ оценка минеральной плотности (МП) кости проводится по двум показателям: пиковой норме (для данного участка скелета – значение в 20–29 лет) костной ткани (Т-критерий) и возрастной норме (Z-критерий). Результат по Т-критерию представляется в процентах от нормы и в единицах стандартных отклонений (SD): норма – МП от 87,1 до 113 % ($\pm 1SD$); МП от 87 до 68 % (от -1 до $-2,5SD$) – остеопения; менее 68 % ($\leq -2,5SD$) – остеопороз [10, 14]. В нашей работе использовалась Т-шкала [14].

Из антропометрических показателей изучались длина тела (см), масса тела (кг), лабильные компоненты массы тела (мышечная и жировая масса) [1].

Статистическая обработка данных проведена с применением пакета прикладных программ SPSS for Windows с использованием медианы, первого и третьего квартилей и непараметрических методов сравнения (критерий Вилкоксона, U-критерий Манна – Уитни). Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$ [4].

Результаты исследования. Группа спортсменов характеризовалась следующими значениями морфологических показателей: дли-

на тела 178,8 [172,9; 179,9] см и вес 77,2 [72,5; 79,9] кг; лабильные компоненты состава тела: мышечная масса 40,9 [38,1; 44,0] кг и 53,9 [52,2; 54,9] %, жировая – 7,2 [6,8; 8,0] кг 9,5 [8,9; 10,0] %.

Для подготовительного периода МПКТ правой стопы составила 102,00 [91,25; 113,75] % и МПКТ левой стопы – 105,00 [94,50; 120,75] %, для предсоревновательного – 102,50 [85,00; 111,50] % и 108,00 [102,00; 121,50] %, соответственно, для соревновательного – 98,50 [84,00; 109,50] % и 99,50 [89,75; 115,50] %, соответственно (см. рисунок). После межсезонного отдыха МППК правой ноги повысилась до 103,00 [89,75; 115,0] %, а левой – до 104,00 [90,25; 122,00] % к подготовительному периоду следующего года наблюдения.

От подготовительного периода к соревновательному активность щелочной фосфатазы и остеокальцина снижалась от 92,0 [90,0; 105,5] до 88,0 [83,5; 100,0] Ед/л и от 54,45 [51,10; 62,25] до 32,80 [31,13; 38,10] нг/мл соответственно, оставаясь в рамках нормы в соревновательный период (до 117 Ед/л и 11–43 нг/мл соответственно), при повышении β -Cross Laps от 0,61 [0,52; 0,93] до 0,90 [0,73; 1,11] нг/мл, что превышало физиологическую норму (до 0,58 нг/мл) более чем на 50 % (см. рисунок).

Соотношение остеокальцин / β -Cross Laps, раскрывающее баланс костного синтеза и резорбции [5], снижалось от подготовительного периода к соревновательному периоду (от 88,57 [54,29; 104,92] до 41,34 [31,52; 42,95]), не выходя за референсных значений (18,97–74,14) при высоких нагрузках (см. рисунок).

Концентрация в крови ионизированного кальция и неорганического фосфора снижалась от подготовительного периода к соревновательному: кальция – от 1,23 [1,22; 1,24] до 1,17 [1,13; 1,18] ммоль/л, фосфора – от 1,11 [1,0; 1,25] до 0,91 [0,81; 1,08] ммоль/л, изменяясь в пределах нормы (1,05–1,30 и 0,80–1,61 ммоль/л соответственно) (см. рисунок).

Анализ динамики показателей костного обмена от подготовительного периода одного года к подготовительному периоду следующего года показал снижение уровня остеокальцина на 11,3 %, щелочной фосфатазы – на 8,2 %, β -Cross Laps – на 27,4 %, кальция ионизированного – на 0,8 %, фосфора неорганического – на 7,4 % и как результат – повышение соотношения остеокальцин / β -Cross Laps на 8,0 %.

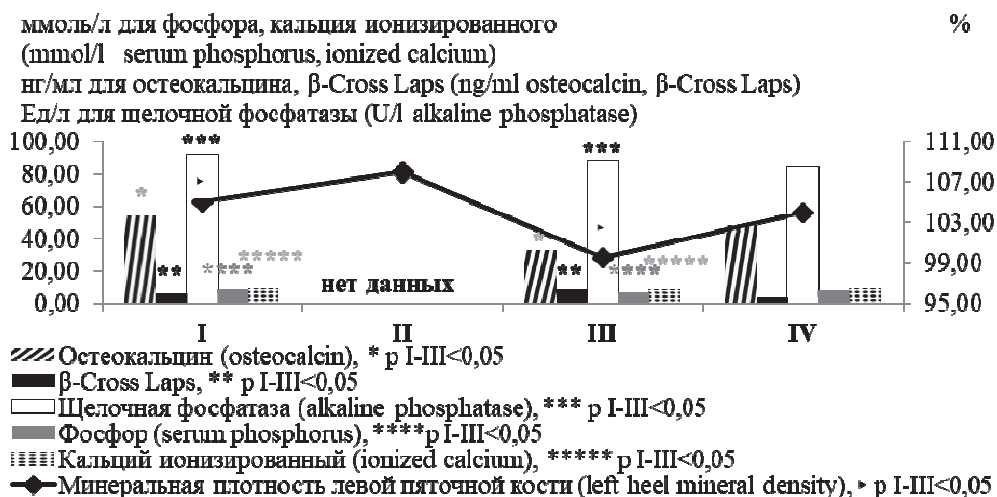


Рис. 1. Динамика уровня минеральной плотности пяточной кости и маркеров костного ремоделирования и фосфорно-кальциевого обмена у представителей велоспорта на этапах годового цикла подготовки: I – подготовительный период, II – предсоревновательный период, III – соревновательный период, IV – подготовительный период следующего года годового цикла подготовки

Fig. 1. The dynamics of mineral density with bone remodeling indicators and phosphorus-calcium metabolism in professional cyclists during the annual training cycle: I – preparatory period, II – pre-competitive period, III – competitive period, IV – preparatory period, next year of the annual training cycle

Обсуждение результатов. Результаты исследования тотальных размеров тела и процентного содержания лабильных компонентов состава тела показали, что спортсмены велотрека соответствуют моделям видовой специфики [1].

У спортсменов велотрека МПКП правой и левой ноги соответствовала норме [10] и менялась схожим образом на этапах годового цикла, но в рамках наблюдения между подготовительными периодами МПКП правой стопы повышалась ($p > 0,05$), а левой – снижалась ($p > 0,05$). МПКП левой стопы изменялись более значимо от подготовительного периода к соревновательному периоду ($p = 0,002$), что обусловлено особенностями опорно-двигательного стереотипа в условиях трека, поэтому дальнейший анализ производился по данным МПКП левой ноги. Остальные показатели МПКП левой стопы и все показатели МПКП правой стопы при сравнении подготовительного периода с другими периодами годового цикла не имели статистически значимых отличий ($p < 0,05$) при отсутствии значимых отличий между МПКП правой и левой ноги ($p > 0,05$).

Снижение МПКП от подготовительного периода к соревновательному периоду сопровождалось понижением уровня маркеров костеобразования (см. рисунок) – щелочной фос-

фатазы ($p = 0,004$) [11] и остеокальцина ($p = 0,002$) [7], что на фоне повышения одного из основных маркеров костной резорбции – β-Cross Laps ($p = 0,011$) и снижения соотношения остеокальцин/β-Cross Laps ($p = 0,002$) может говорить о замедлении процессов обновления кости и превалировании костной резорбции, указывая на риски разрушения кости в соревновательный период [5, 7]. Схожие изменения маркеров костного ремоделирования установлены и другими авторами [9, 15, 16]. У спортсменов-любителей выявлено повышение β-Cross Laps (на 140 %) и остеокальцина (на 10 %) и снижение в два раза индекса остеокальцин / β-Cross Laps после девяти недель тренировок [9]. После марафонского бега (дистанция 65 км) V. Sansoni et al. отметили снижение костного синтеза [16] при меньшей выраженности у профессионалов по сравнению с неподготовленными бегунами, а после трехнедельной гонки у велосипедистов выявлено значительное повышение костной резорбции при относительном приросте костного синтеза [15]. Таким образом, изменения показателей костного ремоделирования зависят от длительности и интенсивности физической нагрузки, уровня подготовленности индивидуума. Снижение костного синтеза и повышение резорбции кости лежит в основе развития остеопороза в общей по-

пуляции [7] и снижения МПКТ у спортсменов, что находит свое отражение в маркерах костного ремоделирования.

Динамика показателей костного ремоделирования соотносится с изменениями фосфорно-кальциевого обмена: от подготовительного периода к соревновательному периоду выявлено снижение уровня ионизированного кальция, обладающего физиологической активностью [6], и неорганического фосфора ($p = 0,001$ и $p = 0,010$ соответственно). Снижение кальция обусловлено усилением нервно-мышечной передачи, большей задействованностью кальция в передаче гормонального сигнала, его активным участием в системе свёртывания крови [6, 8], а изменение фосфора связано с интенсификацией ресинтеза АТФ [6]. Отрицательная динамика маркеров фосфорно-кальциевого обмена может указывать на повышение риска остеопороза и травматизма у спортсменов, учитывая, что для общей популяции такая взаимосвязь доказана [3, 13].

При наблюдении в рамках динамического контроля в начале годового цикла подготовки в течение трех лет МППК снижалась ($p > 0,05$), что сопровождалось приоритетным снижением активности резорбции на фоне меньшего снижения активности синтеза кости, отражая снижение скорости костного ремоделирования в целом.

Таким образом, выявленные изменения костного метаболизма отражают направленность адаптационных процессов к различной по интенсивности физической нагрузке у спортсменов специализации «велотрек».

Заключение. Показатели костного ремоделирования и фосфорно-кальциевого обмена могут быть использованы в качестве маркеров для оценки состояния обменных процессов кости и общей адаптации к тренировочному процессу у спортсменов. Максимальная физическая нагрузка соревновательного периода сопровождается повышением активности костной резорбции и замедлением костного синтеза с преобладанием остеокластной активности, что проявляется в снижении МПКТ по данным КУЗД пяточной кости.

Данные, полученные с помощью КУЗД, соотносятся с динамикой показателей костного метаболизма и могут быть использованы на этапах текущего и этапного медицинского контроля для выявления спортсменов из групп риска по гипотрофическим состояниям с целью проведения профилактических мероприятий.

Литература

1. Абрамова, Т.Ф. *Лабильные компоненты массы тела – критерии общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам. Методические рекомендации* / Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, Н.И. Кочеткова. – М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 132 с.
2. *Анализ эффективности и клинических перспектив немедикаментозных методов лечения и профилактики остеопороза* / Л.А. Марченкова, М.А. Добрицына, Н.Г. Бадалов и др. // *Остеопороз и остеопатии*. – 2016. – № 2. – С. 88–89.
3. Громова, О.А. *Кальций и его синергисты в поддержке структуры соединительной и костной ткани* / О.А. Громова, И.Ю. Торшин, О.А. Лиманова // *Лечащий врач*. – 2014. – № 5. – С. 69–76.
4. Дубнов, П.Ю. *Обработка статистической информации с помощью SPSS* / П.Ю. Дубнов. – М.: АСТ, НТ Пресс, 2004. – 221 с.
5. Иорданская, Ф.А. *Метаболизм костной ткани у высококвалифицированных спортсменов на предсоревновательном этапе подготовки* / Ф.А. Иорданская, Н.К. Цепкова // *Вестник спортивной науки*. – 2016. – № 6. – С. 35–40.
6. Иорданская, Ф.А. *Минеральный обмен в системе мониторинга функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов* / Ф.А. Иорданская, С.Н. Португалов, Н.К. Цепкова. – М.: Совет. спорт, 2014. – 96 с.
7. Климова, Ж.А. *Современная лабораторная диагностика остеопороза* / Ж.А. Климова, А.А. Зафт, В.Б. Зафт // *Международ. эндокринолог. журнал*. – 2014. – № 7. – С. 75–84.
8. Кулиненко, О.С. *Биохимия в практике спорта* / О.С. Кулиненко, И.А. Лапшин. – М.: Спорт, 2018. – 184 с.
9. *О возможной связи развития остеопении с биохимическими и генетическими маркерами костного метаболизма у спортсменов после интенсивной физической нагрузки. Часть I* / В.С. Оганов, О.Л. Виноградова, Н.С. Дудов и др. // *Остеопороз и остеопатии*. – 2008. – № 1. – С. 2–5.
10. *Остеопороз. Клинические рекомендации* / под ред. И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко. – М.: ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России, 2016. – 104 с.
11. Сафарова, С.С. *Ремоделирование ко-*

стной ткани при сахарном диабете 1-го типа / С.С. Сафарова // Бюл. сибирской медицины. – 2018. – Т. 17, № 3. – С. 115–121. DOI: 10.20538/1682-0363-2018-3-115-121

12. Смирнов, А.В. Строение и функции костной ткани в норме и при патологии. Сообщение II / А.В. Смирнов, А.Ш. Румянцев // Нефрология. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 8–17.

13. Сосудистая жесткость, кальцификация и остеопороз. Общие патогенетические звенья / И.А. Скрипникова, Э.С. Абирова, Н.Ф. Алиханова, О.В. Косматова // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2018. – Т. 17, № 4. – С. 95–102. DOI: 10.15829/1728-8800-2018-4-95-102

14. Студеникина, Н.Н. Минеральная плотность костной ткани в мониторинге физического состояния детей, занимающихся плаванием / Н.Н. Студеникина, Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина // Физическая культура и спорт как один из факторов национальной безопасности в условиях Северного Кавказа: материалы Всерос. конф. – Нальчик: Изд-во «Эль-Фа», 2004. – С. 382–384.

15. Bone and energy metabolism parameters in professional cyclists during the Giro d'Italia 3-weeks stage race / G. Lombardi, P. Lanteri, R. Graziani et al. // PLoS ONE. – 2012. – Vol. 7, No. 7. – P. e42077. DOI: 10.1371/journal.pone.0042077

16. Bone turnover response is linked to both acute and established metabolic changes in ultramarathon runners / V. Sansoni, G. Vernillo, S. Perego et al. // Endocrine. – 2016. – Vol. 56, No. 1. – P. 196–204. DOI: 10.1007/s12020-016-1012-8

17. Comparisons of Bone Mineral Density Between Recreational and Trained Male Road Cyclists / C.D. Mojock, M. Ormsbee, J.S. Kim et al. // Clin J Sport Med. – 2016. – Vol. 26, No. 2. – P. 152–156. DOI: 10.1097/JSM.000000000000186

18. Quantitative ultrasound of the heel and fracture risk assessment: an updated meta-analysis / A. Moayyeri, J.E. Adams, R.A. Adler et al. // Osteoporos Int. – 2012. – Vol. 23, No. 1. – P. 143–53. DOI: 10.1007/s00198-011-1817-5

19. Wilson, D.J. Osteoporosis and sport / D.J. Wilson // Eur J Radiol. – 2019. – Vol. 110. – P. 169–174. DOI: 10.1016/j.ejrad.2018.11.010

Никитина Ксения Игоревна, врач-эндокринолог отделения эндокринологии, Московский клинический научный центр имени А.С. Логинова ДЗМ. 111123, г. Москва, шоссе Энтузиастов, д. 86. E-mail: nikitinaks@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7557-2554.

Абрамова Тамара Федоровна, доктор биологических наук, заведующий лабораторией проблем комплексного сопровождения подготовки спортсменов, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский переулок, д. 10, стр. 1. E-mail: atf52@bk.ru, ORCID: 0000-0002-5671-3806.

Никитина Татьяна Михайловна, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем комплексного сопровождения подготовки спортсменов, Федеральный научный центр физической культуры и спорта. 105005, г. Москва, Елизаветинский переулок, д. 10, стр. 1. E-mail: tanya_nikitin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6581-8052.

Поступила в редакцию 5 октября 2019 г.

MINERAL DENSITY OF BONE TISSUE AND INDICATORS OF BONE REMODELING IN HIGHLY SKILLED ATHLETES IN THE ANNUAL TRAINING CYCLE

K.I. Nikitina¹, nikitinaks@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-7557-2554,
T.F. Abramova², atf52@bk.ru, ORCID: 0000-0002-5671-3806,
T.M. Nikitina², tanya_nikitin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-6581-8052

¹Moscow Clinical Scientific Center named after A.S. Loginova DZM, Moscow, Russian Federation,
²Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russian Federation

Aim. The article aims at studying the relationship between the mineral density of heel bone and bone remodeling in cyclist during the annual training cycle. **Materials and methods.** The study involved 14 highly skilled male cyclists (cycle track, MS, MSIC) aged 20–25 years with a sports experience of 5 to 16 years. The measurements were performed in the preparatory, pre-competitive and competitive periods of the annual training cycle. Bone mineral density (BMD) was measured by the method of quantitative ultrasound densitometry (QUS) using the Achilles Express ultrasonometer (Lunar, USA). BMD was estimated as a percentage of the peak norm for a given section of the skeleton (reference norms for 20–29 years). **Results.** The dynamics of BMD in the annual cycle correlates with a change in bone remodeling and phosphorus-calcium metabolism. A decrease in BMD during the competitive period is associated with an increase in β -Cross Laps and a decrease in osteocalcin, alkaline phosphatase, ionized calcium and serum phosphorus. **Conclusion.** A decrease in BMD is associated with an increase in the activity of osteoclasts and a decrease in osteoblastic activity. Indicators of bone remodeling and phosphorus-calcium metabolism reflect the status of bone tissue and the processes of general adaptation to training loads, and can be used as markers of risk of decreased BMD. The heel bone QUS method can be used to identify athletes at risk for hypotrophic conditions.

Keywords: bone mineral density, athletes, cyclists, osteopenia, quantitative ultrasound densitometry, calcaneus mineral density, osteocalcin, β -Cross Laps, ionized calcium, phosphorus, alkaline phosphatase.

References

1. Abramova T.F., Nikitina T.M., Kochetkova N.I. *Labil'nyye komponenty massy tela – kriterii obshchey fizicheskoy podgotovlennosti i kontrolya tekushchey i dolgovremennoy adaptatsii k trenirovochnym nagruzkam. Metodicheskiye rekomendatsii* [The Labile Components of Body Weight are the Criteria for General Physical Fitness and Control of Current and Long-Term Adaptation to Training Loads]. Moscow, Skyprint LLC Publ., 2013. 132 p.
2. Marchenkova L.A., Dobritsyna M.A., Badalov N.G. et al. [Analysis of the Effectiveness and Clinical Prospects of Non-Drug Methods of Treatment and Prevention of Osteoporosis]. *Osteoporoz i osteopatii* [Osteoporosis and Osteopathy], 2016, no. 2, pp. 88–89. (in Russ.) DOI: 10.14341/osteo2016288-89
3. Gromova O.A., Torshin I.Yu., Limanova O.A. [Calcium and Its Synergists in Supporting the Structure of Connective and Bone Tissue]. *Lechashchiy vrach* [The Attending Physician], 2014, no. 5, pp. 69–76. (in Russ.)
4. Dubnov P.Yu. *Obrabotka statisticheskoy informatsii s pomoshch'yu SPSS* [Processing Statistical Information Using SPSS]. Moscow, ACT NT Publ., 2004. 221 p.
5. Iordanskaya F.A., Tsepkova N.K. [Bone Tissue Metabolism in Highly Skilled Athletes at the Pre-Competitive Stage of Preparation]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2016, no. 6, pp. 35–40. (in Russ.)
6. Iordanskaya F.A., Portugalov S.N., Tsepkova N.K. *Mineral'nyy obmen v sisteme monitoringa funktsional'noy podgotovlennosti vysokokvalifitsirovannykh sportsmenov* [Mineral Exchange in the System of Monitoring the Functional Readiness of Highly Qualified Athletes]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2014. 96 p.

7. Klimova Zh.A., Zaft A.A., Zaft V.B. [Modern Laboratory Diagnosis of Osteoporosis]. *Mezhdunarodnyy endokrinologicheskiy zhurnal* [International Endocrinological Journal], 2014, no. 7, pp. 75–84. (in Russ.)
8. Kulinenkov O.S., Lapshin I.A. *Biokhimiya v praktike sporta* [Biochemistry in the Practice of Sports]. Moscow, Sport Publ., 2018. 184 p.
9. Oganov V.S., Vinogradova O.L., Dudov N.S. et al. [On the Possible Connection of the Development of Osteopenia with Biochemical and Genetic Markers of Bone Metabolism in Athletes after Intense Physical Activity. Part I]. *Osteoporoz i osteopatii* [Osteoporosis and Osteopathy], 2008, no. 1, pp. 2–5. (in Russ.)
10. Dedov I.I., Mel'nicenko G.A. *Osteoporoz. Klinicheskiye rekomendatsii* [Osteoporosis. Clinical Recommendations]. Moscow, FSBI Research Center for Endocrinology of the Ministry of Health of the Ministry of Health Publ., 2016. 104 p.
11. Safarova S.S. [Remodeling of Bone Tissue in Type 1 Diabetes Mellitus]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine], 2018, vol. 17, no. 3, pp. 115–121. (in Russ.) DOI: 10.20538/1682-0363-2018-3-115-121
12. Smirnov A.V., Rummyantsev A.Sh. [The Structure and Function of Bone Tissue is Normal and with Pathology. Communication II]. *Nefrologiya* [Nephrology], 2015, vol. 19, no. 1, pp. 8–17. (in Russ.)
13. Skripnikova I.A., Abirova E.S., Alikhanova N.F. et al. [Vascular Stiffness, Calcification and Osteoporosis. General Pathogenetic Links]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular Therapy and Prevention], 2018, vol. 17, no. 4, pp. 95–102. (in Russ.) DOI: 10.15829/1728-8800-2018-4-95-102
14. Studenikina N.N., Abramova T.F., Nikitina T.M. [Mineral Density of Bone Tissue in Monitoring the Physical Condition of Children Involved in Swimming]. *Fizicheskaya kul'tura i sport kak odin iz faktorov natsional'noy bezopasnosti v usloviyakh Severnogo Kavkaza: Mat. Vseros. konf.* [Physical Culture and Sports as One of the Factors of National Security in the North Caucasus. Materials of the All-Russian Conference], 2004, pp. 382–384. (in Russ.)
15. Lombardi G., Lanteri P., Graziani R. et al. Bone and Energy Metabolism Parameters in Professional Cyclists During the Giro d'Italia 3-Weeks Stage Race. *PLoS ONE*, 2012, vol. 7, no. 7, e42077. DOI: 10.1371/journal.pone.0042077
16. Sansoni V., Vernillo G., Perego S. et al. Bone Turnover Response is Linked to Both Acute and Established Metabolic Changes in Ultra-Marathon Runners. *Endocrine*, 2016, vol. 56, no. 1, pp. 196–204. DOI: 10.1007/s12020-016-1012-8
17. Mojock C.D., Ormsbee M., Kim J.S. et al. Comparisons of Bone Mineral Density Between Recreational and Trained Male Road Cyclists. *Clin J Sport Med*, 2016, vol. 26, no. 2, pp. 152–156. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000186
18. Moayyeri A., Adams J.E., Adler R.A. et al. Quantitative Ultrasound of the Heel and Fracture Risk Assessment: an Updated Meta-Analysis. *Osteoporos Int*, 2012, vol. 23, no. 1, pp. 143–153. DOI: 10.1007/s00198-011-1817-5
19. Wilson D.J. Osteoporosis and Sport. *Eur J Radiol*, 2019, vol. 110, pp. 169–174. DOI: 10.1016/j.ejrad.2018.11.010

Received 5 October 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Никитина, К.И. Минеральная плотность костной ткани и показатели костного ремоделирования у спортсменов высокой квалификации на этапах годового цикла подготовки / К.И. Никитина, Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 43–49. DOI: 10.14529/hsm190406

FOR CITATION

Nikitina K.I., Abramova T.F., Nikitina T.M. Mineral Density of Bone Tissue and Indicators of Bone Remodeling in Highly Skilled Athletes in the Annual Training Cycle. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 4, pp. 43–49. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190406