

**СВЯЗЬ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТИ
С ПОКАЗАТЕЛЯМИ КОСТНОГО ОБМЕНА
И АКТИВНОСТИ ЭНДОКРИННЫХ ЖЕЛЕЗ У СПОРТСМЕНОВ ВЕЛОТРЕКА
НА ЭТАПАХ ГОДИЧНОГО ЦИКЛА ПОДГОТОВКИ**

К.И. НИКИТИНА,
*Филиал ГБУЗ МКНЦ имени А.С. Логинова
ДЗМ МЦ КЖЗ, г. Москва;*
И.Т. ВЫХОДЕЦ,
*ФГАОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова
Минздрава России, г. Москва;*
Т.Ф. АБРАМОВА, Т.М. НИКИТИНА,
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, г. Москва

Аннотация

Профессиональная спортивная деятельность сопровождается высоким уровнем травматизма опорно-двигательного аппарата, в том числе за счет остеопоротических изменений. Адаптация к тренировочным нагрузкам затрагивает все системы организма, регулируется активностью эндокринных желез, влияющих в том числе и на костный обмен. Высокий риск снижения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) у спортсменов актуализирует исследование показателей активности эндокринных желез и костного обмена как факторов риска нарушения костного метаболизма в качестве предиктора травматизма в спорте. Цель настоящего исследования – изучить связь динамики минеральной плотности пяточной кости и показателей активности эндокринных желез и костного обмена у высококвалифицированных спортсменов велотрека на этапах годичного цикла подготовки. Минеральная плотность кости определялась методом количественной ультразвуковой денситометрии (КУЗД) на аппарате “Achilles Express” для пяточной кости. Показатели костного обмена и активности эндокринных желез исследовались в сыворотке крови. Динамика снижения МПКТ представителей велотрека соотносилась с повышением кортизола, тироксина и β -Cross Laps и снижением общего тестостерона, соматотропного гормона (СТГ), инсулина, пролактина, индекса анаболизма, остеокальцина (ОС), ОС/ β -Cross Laps, общей щелочной фосфатазы (ОЩФ), ионизированного кальция и фосфора от подготовительного к соревновательному периоду. Выявлены динамические корреляции между изменением уровня МПКТ и динамикой изучаемых показателей от подготовительного к соревновательному периоду: пролактин ($r = 0,709$; $p = 0,007$), СТГ ($r = -0,657$; $p = 0,015$), индекс анаболизма ($r = 0,590$; $p = 0,034$), ОЩФ ($r = -0,598$; $p = 0,031$), ОС/ β -Cross Laps ($r = -0,678$; $p = 0,015$). Динамика выраженного снижения МПКТ от подготовительного к соревновательному периоду соотносилась с повышением активности катаболизма, снижением анаболических процессов и адаптации к гипоксии с активацией остеосинтеза. Приоритет среди маркеров риска нарушения костного метаболизма имеют тестостерон и кортизол и их соотношение (индекс анаболизма), отражающие влияние интенсивных нагрузок на костный обмен и адаптацию организма спортсмена к нагрузкам.

Ключевые слова: спортивная медицина, спортсмены, индекс анаболизма, минеральная плотность пяточной кости, количественная ультразвуковая денситометрия.

**CORRELATION OF THE BONE MINERAL DENSITY LEVEL
WITH INDICATORS OF BONE METABOLISM
AND ACTIVITY OF ENDOCRINE GLANDS IN CYCLING TRACK ATHLETES
AT THE STAGES OF THE ANNUAL TRAINING CYCLE**

K.I. NIKITINA,
*Branch of the SBIH MCSPC named after A.S. Loginov
DHM MC CWH, Moscow city;*
I.T. VYKHODETS,
*FSAEI HE N.I. Pirogov RNRMU
MOH Russia, Moscow city;*
T.F. ABRAMOVA, T.M. NIKITINA,
VNIIFK, Moscow city



Abstract

Professional sports activity is accompanied by a high level of injuries of the musculoskeletal system, including due to osteoporotic changes. Adaptation to training loads affects all body systems, is regulated by the activity of the endocrine glands, which also affect bone metabolism. A high risk of a decrease in bone mineral density (BMD) in athletes actualizes the study of indicators of the activity of the endocrine glands and bone metabolism as risk factors for bone metabolism disorders as a predictor of injuries in sports. The purpose of this study is to study the relationship between the dynamics of heel bone mineral density and indicators of endocrine gland activity and bone metabolism in highly qualified cycling track athletes at the stages of a one-year training cycle. BMD was studied by quantitative ultrasound densitometry (QUS) using the Achilles Express device in the area of the heel. Indicators of bone metabolism and activity of endocrine glands were determined in blood serum. A decrease in BMD in cycling track was accompanied by an increase in cortisol, thyroxine and β -Cross Laps and a decrease in total testosterone, anabolic index, somatotrophic hormone (STH), insulin, prolactin, osteocalcin (OC), OC/ β -Cross Laps, total alkaline phosphatase (ALP), ionized calcium and phosphorus from the preparatory period to the competitive period. Dynamic correlations between the change in the level of BMD and the dynamics of the studied indicators from the preparatory period to the competitive period were revealed: prolactin ($r = 0.709$; $p = 0.007$), growth hormone ($r = -0.657$; $p = 0.015$), anabolism index ($r = 0.590$; $p = 0.034$); ALP ($r = -0.598$; $p = 0.034$), OC/ β -Cross Laps ($r = -0.678$; $p = 0.015$). The dynamics of a more pronounced decrease in BMD from the preparatory period to the competitive period correlated with an increase in catabolism activity, a decrease in anabolic processes and adaptation to hypoxia with activation of osteosynthesis. Priority among the markers of the risk of bone metabolism disorders are the values of testosterone and cortisol, which are necessary for calculating the anabolism index, reflecting the effects intense physical activity on bone metabolism and adaptation of the athlete's body to physical activity.

Keywords: sports medicine, athletes, anabolism index, heel bone mineral density, quantitative ultrasound.

Введение

Профессиональная спортивная деятельность часто сопровождается травмами опорно-двигательного аппарата (ОДА), в том числе за счет остеопоротических изменений [1]. Систематические исследования показали, что спортивные специализации, где отмечается снижение действия гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета, к которым относится и велосипедный спорт, можно включить в группу риска по снижению костной массы у спортсменов [2], а минеральная плотность пяточной кости (МППК) отражает влияние специфики спортивной деятельности [3].

Адаптация к тренировочным нагрузкам затрагивает все системы организма, регулируется активностью эндокринных желез, влияющих в том числе и на костный обмен [4, 5]. Таким образом, высокий риск снижения минеральной плотности кости у спортсменов актуализирует исследование показателей активности эндокринных желез и костного обмена как факторов риска нарушения костного метаболизма в качестве предиктора травматизма в профессиональном спорте.

Цель исследования: изучить связь динамики изменения уровня минеральной плотности пяточной кости и показателей активности эндокринных желез и костного обмена у спортсменов велотрека высокой квалификации на этапах годового цикла подготовки.

Организация, материалы и методы исследования

В исследование, проведенное на базе ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, включены 14 спортсменов-мужчин – представителей велосипедного спорта специализации «велотрек». Все спортсмены имели высокий уровень профессиональной подготовки с квалификацией мастер спорта (мс) или мастер спорта международного класса (мсмк), стаж спортивной деятельности составлял 9,5 [7,25; 12,00]

лет. Возраст представителей велотрека – 20,5 [20; 22] года соответствовал пику формирования костной массы [6].

Спортсмены велотрека обследовались в течение трех лет на этапах годового цикла подготовки в подготовительный и соревновательный периоды тренировочного процесса.

Кальций ионизированный (Ca^{++}) и фосфор как показатели фосфорно-кальциевого обмена определялись на анализаторе EXPRESS-PLUS фирмы CIBA-CORNING (США). Показатели костного ремоделирования, представленные общей щелочной фосфатазой (ОЩФ), остеокальцином (ОС) и β -Cross Laps, и активности эндокринных желез, включающие свободный тироксин (Т4), соматотропный гормон (СТГ), общий тестостерон (ОТ), кортизол, определялись электрохемилюминесцентным методом на анализаторе ELECSYS 1010 ROCHE (Швейцария). Показатели костного обмена и активности эндокринных желез исследовались на базе НЦ «ЭФиС».

Соотношение «общий тестостерон/кортизол» (Т/К – индекс анаболизма) рассчитывалось по формуле: (тестостерон, нмоль/л / кортизол, нмоль/л) \times 100% [5]. Нормальными считаются значения индекса анаболизма более 3 [7].

Для оценки минеральной плотности кости применялся метод количественной ультразвуковой денситометрии (КУЗД) на аппарате «Achilles Expres» (Lunar, США). Денситометр предназначен для изучения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) в области пяточной кости. Данный метод оценки минеральной плотности кости имеет высокую чувствительность к изменениям костной ткани на фоне физических упражнений, направленных на профилактику остеопороза. Так, отмечено улучшение плотности пяточной кости (различие стандартизированных средних SMD: 0,98; 95%; ДИ: 0,80–1,16, общий эффект $Z = 10,72$; $p = 0,001$) за 4–36 месяцев на фоне физических упражнений в различных возрастных



группах. Однако следует отметить расхождения в диагностике остеопороза: с помощью КУЗД остеопороз выявлен в 63,3% случаев, с применением двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DXA), относящейся к стандартизированным методам диагностики остеопороза – в 16,7% [8].

Минеральная плотность костной ткани трактовалась нами по *T*-критерию – пиковая норма значения минеральной плотности кости в возрасте 20–29 лет, для оценки которого применяются проценты от соответствующей нормы и единицы стандартных отклонений (*SD*): норма – показатели МПКТ: от 87,1 до 113% ($\pm 1SD$); остеопения – МПКТ: от 87 до 68% (от -1 до $-2,5SD$); остеопороз – менее 68% ($\leq 2,5SD$) [3, 6, 8].

В исследование также включена оценка антропометрических данных. Определялись длина (см) и масса тела (кг) спортсмена. Лабильные компоненты состава массы тела спортсмена – мышечная и жировая массы – рассчитывались с использованием теоретических формул [9].

Для статистического анализа использовались следующие программы – “SPSS for Windows” и “MS Office Excel 2010” с расчётом медианы (*Me*), первого и третьего

квартилей (25%; 75%) с применением непараметрических методов статистики. Статистически значимыми для зависимых выборок с использованием критерия Вилкоксона считались значения $p < 0,05$. Корреляционный анализ проводился по Спирмену [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Представители велотрека характеризовались следующими антропометрическими показателями: длина тела – 178,8 [172,9; 179,9] см, масса тела – 77,2 [72,5; 79,9] кг. Лабильные компоненты состава массы тела у спортсменов велотрека имели следующие: мышечная масса 40,9 [38,1; 44,0] кг и 53,9 [52,2; 54,9]%, жировая масса 7,2 [6,8; 8,0] кг и 9,5 [8,9; 10,0]%. Морфофункциональные показатели обследованных представителей велотрека соответствовали модельным данным спортивной специализации [9].

Средний уровень МППК, определяемый как сумма значений правой и левой пяточной кости, снижался от подготовительного к соревновательному периоду тренировочного процесса: от 104,5 [95,0; 120,2] до 99,5 [90,0; 114,2]%, $p < 0,05$, в пределах нормативных значений для минеральной плотности (табл. 1).

Таблица 1

Значения минеральной плотности пяточной кости, показателей костного обмена и активности эндокринных желез представителей велотрека в подготовительный и соревновательный периоды годового цикла подготовки

№ п/п	Показатель	Референсные значения, единицы измерения	Период годового цикла подготовки спортсменов		Достоверность различий – <i>p</i> (тест Вилкоксона)
			подготовительный	соревновательный	
			<i>Me</i> (25%; 75%)	<i>Me</i> (25%; 75%)	
1	МППК	87,1–113 %	104,5 (95,0; 120,2)	99,5 (90,0; 114,2)	0,001
2	ОЩФ	до 117 Ед/л	92,0 (90,0; 105,5)	88,0 (83,5; 100,0)	0,004
3	ОС	11–43 нг/мл	54,45 (51,10; 62,25)	32,80 (31,13; 38,10)	0,002
4	β -Cross laps	до 0,58 нг/мл	0,61 (0,52; 0,95)	0,90 (0,73; 1,11)	0,011
5	ОС/ β -Cross Laps	18,97–74,14	88,57 (54,29; 104,92)	41,34 (31,52; 42,95)	0,002
6	Ca ⁺⁺	1,05–1,30 ммоль/л	1,23 (1,22; 1,24)	1,17 (1,13; 1,18)	0,001
7	Фосфор	0,80–1,61 ммоль/л	1,17 (1,00; 1,34)	0,88 (0,81; 1,01)	0,036
8	СТГ	0,06–10 нг/мл	0,11 (0,10; 0,26)	0,08 (0,06; 0,23)	0,093
9	Пролактин	64–650 мЕд/мл	366,3 (278,4; 422,0)	248,0 (186,6; 412,0)	0,016
10	Инсулин	3–24 мкЕд/мл	4,50 (3,30; 8,60)	4,40 (2,20; 5,40)	0,347
11	T4	10,3–24,5 пмоль/л	16,7 (16,0; 17,1)	33,7 (28,6; 78,2)	0,001
12	Кортизол	150–770 нмоль/л	545,9 (356,0; 668,0)	805,0 (556,0; 933,5)	0,028
13	ОТ	9,0–42,0 нмоль/л	21,5 (14,6; 28,6)	15,4 (9,4; 24,9)	0,402
14	T/K	> 3	3,8 (2,7; 6,5)	2,7 (1,2; 3,3)	0,013

МППК – минеральная плотность пяточной кости, ОЩФ – общая щелочная фосфатаза, ОС – остеокальцин, Ca⁺⁺ – кальций ионизированный, СТГ – соматотропный гормон, T4 – свободный тироксин, ОТ – общий тестостерон, T/K – соотношение «тестостерон/кортизол»

Статистически значимое снижение МППК от подготовительного к соревновательному периоду тренировочного процесса соотносилось с достоверным ($p < 0,05$) повышением уровней кортизола: от 545,9 [356,0; 668,0] до 805,0 [556,0; 933,5] нмоль/л и тироксина: от 16,7 [16,0; 17,1] до 33,7 [28,6; 78,2] пмоль/л. Уровни кортизола и T4 превышали верхнюю границу физиологиче-

ских значений, оказывая катаболические эффекты на костный метаболизм в связи с высокими концентрациями [4, 8].

Изменения МППК от подготовительного к соревновательному периоду сопровождались тенденцией к снижению концентраций: анаболических гормонов СТГ – от 0,11 (0,10; 0,26) до 0,08 (0,06; 0,23) нг/мл, $p > 0,05$;



общего тестостерона – от 21,5 (14,6; 28,6) до 15,4 (9,4; 24,9) нмоль/л, $p > 0,05$; инсулина – от 4,50 (3,30; 8,60) до 4,40 (2,20; 5,40) мкЕд/мл, $p > 0,05$; пролактина – от 366,3 (278,4; 422,0) до 248,0 (186,6; 412,0) мЕд/мл, $p < 0,05$. Изменения показателей активности эндокринных желез остеонабологической направленности [4, 6, 8] от подготовительного к соревновательному периоду тренировочного процесса происходили в пределах нормативных значений.

Кроме того, наблюдалось изменение баланса катаболических и анаболических процессов в сторону приоритета катаболизма, что подтверждалось снижением соотношения Т/К – от 3,8 (2,7; 6,5) до 2,7 (1,2; 3,3), $p < 0,05$ в соревновательный период тренировочного процесса, что ниже референсных значений [7].

Смещение баланса активности эндокринных желез в сторону процессов катаболизма в соревновательный период активировало костную резорбцию и замедляло остеосинтез, что отражалось в повышении уровня маркера остеорезорбции β -Cross Laps – от 0,61 (0,52; 0,95) до 0,90 (0,73; 1,11) нг/мл, $p < 0,05$ и снижении уровня маркеров остеосинтеза остеокальцина – от 54,45 (51,10; 62,25) до 32,80 (31,13; 38,10) нг/мл, $p < 0,05$; общей щелочной фосфатазы – от 92,0 (90,0; 105,5) до 88,0 (83,5; 100,0) Ед/л, $p < 0,05$ и показателей фосфорно-кальциевого обмена (ионизированного кальция – от 1,23 (1,22; 1,24) до 1,17 (1,13; 1,18) ммоль/л, $p < 0,05$; фосфора – от 1,17 (1,00; 1,34) до 0,88 (0,81; 1,01) ммоль/л, $p < 0,05$. Данные изменения маркеров костного ремоделирования и показателей фосфорно-кальциевого обмена могут выступать факторами риска потери костной массы спортсменов в соревновательный период тренировочного процесса. Для общей популяции доказано, что повышение β -Cross Laps выступает маркером более высокого риска переломов, снижение концентраций кальция и фосфора в крови повышает риск потери минеральной плотности

кости, а высокие значения маркеров костного ремоделирования относятся к факторам риска более быстрой потери массы костной ткани [8, 6].

Корреляционный анализ уровня МППК и показателей костного обмена и активности эндокринных желез выявил, что наибольшее, но разнонаправленное влияние на изменения МППК от подготовительного к соревновательному периоду оказывают: соотношение «остеокальцин/ β -Cross Laps» ($r = -0,678$; $p = 0,015$); уровень общей щелочной фосфатазы ($r = -0,598$; $p = 0,031$); СТГ ($r = -0,657$; $p = 0,015$), соотношение Т/К ($r = 0,590$; $p = 0,034$) и концентрация пролактина ($r = 0,709$; $p = 0,007$) (рис. 1).

Положительная динамическая корреляция между изменением уровня МППК и значениями анаболического индекса (соотношение Т/К), отражающего активность процессов анаболизма в организме спортсмена [7], а также являющегося вероятным показателем перетренированности в циклических видах спорта [5], указывает на ухудшение переносимости физических нагрузок спортсменами с более выраженным снижением МППК от подготовительного к соревновательному периоду. Следует отметить, что снижение концентрации тестостерона и повышение уровня кортизола являются доказанным фактором риска развития патологии кости в общей популяции [4, 8].

Положительная и высокая корреляция между изменениями уровня МППК и концентрации пролактина от подготовительного к соревновательному периоду ($r = 0,709$, $p = 0,007$) объясняется стимулирующим влиянием физиологических концентраций пролактина на остеосинтез [4], что в свете отрицательного действия высоких уровней глюкокортикоидов на продукцию пролактина [12] и минеральную плотность кости [8] позволяет рассматривать уровень и динамику пролактина косвенным маркером изменения массы кости спортсмена и переносимости тренировочной нагрузки.

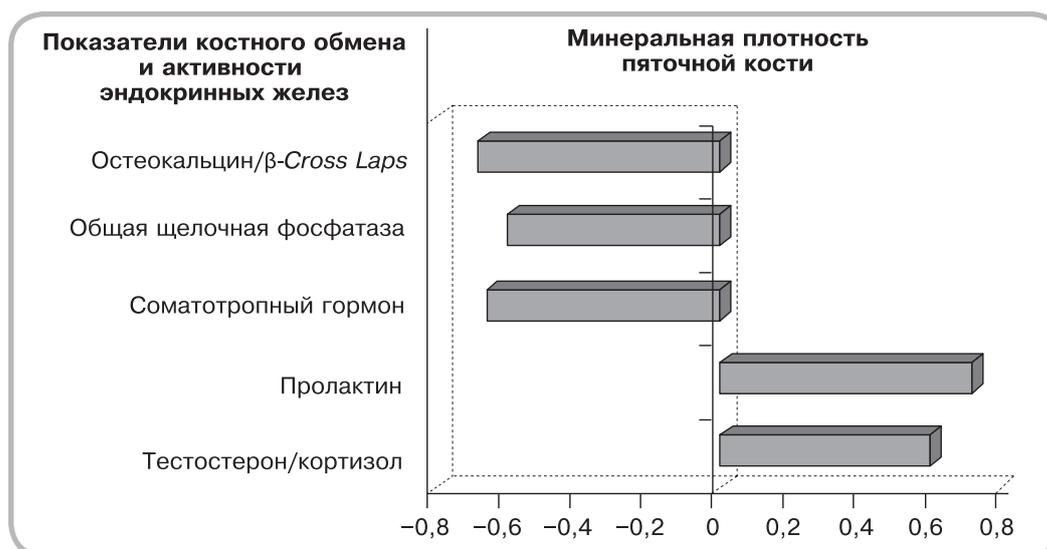


Рис. 1. Корреляции изменения уровня минеральной плотности пяточной кости и показателей костного обмена и активности эндокринных желез от подготовительного к соревновательному периоду годового цикла подготовки у представителей велотрека



Отрицательная заметная корреляция между изменением уровня МППК и концентрации СТГ ($r = -0,657$; $p = 0,015$) от подготовительного к соревновательному периоду тренировочного процесса может указывать на рост продукции СТГ по мере усиления влияния фактора гипоксии у спортсменов в соревновательном периоде [11].

Отрицательная корреляция между изменением уровня МППК и концентрации общей щелочной фосфатазы ($r = -0,598$; $p = 0,031$) и значений соотношения «остеокальцин/ β -Cross Laps» ($r = -0,678$; $p = 0,015$) от подготовительного к соревновательному периоду тренировочного процесса могут отражать большую степень активации костного синтеза у спортсменов велотрека с большей выраженностью снижения уровня МППК. Активация остеосинтеза у спортсменов, вероятно, направлена на предотвращение дальнейшего снижения минеральной плотности кости у представителей данной группы, что может подтверждаться выявленной отрицательной корреляцией между изменением концентрации кортизола и уровнем остеокальцина ($r = -0,657$; $p = 0,020$) и β -Cross Laps ($r = -0,690$; $p = 0,013$) от подготовительного к соревновательному периоду тренировочного процесса. Избыточная активация адренкортикальной системы на фоне высоких соревновательных нагрузок, направленная на поддержание работоспособности за счет мобилизации и повышения задействованности резервных возможностей организма [5], может вызывать угнетение процессов костного ремоделирования в период соревнований. В то же время выраженность изменений остеокальцина и β -Cross Laps от подготовительного к соревновательному периоду тренировочного процесса имеет положительную корреляцию: $r = 0,673$; $p = 0,0170$, что может указывать на реализацию механизмов сохранения баланса процессов костного ремоделирования у спортсменов в процессе подготовки.

Таким образом, указанные показатели костного обмена и активности эндокринных желез можно использовать в качестве информативных маркеров в оценке костного

метаболизма при комплексном обследовании состояния минеральной плотности кости у спортсменов на этапах годового цикла подготовки. Приоритет следует отдавать показателям тестостерона и кортизола с учетом уровня их соотношения (индекс анаболизма), отражающих влияние физических нагрузок на организм спортсмена, выступая показателями перетренированности и соотношения действия катаболического и анаболического звена активности эндокринных желез на костный обмен.

Заключение

Анализ динамических, статистически значимых корреляционных связей между изменением уровня МППК и показателей костного обмена и активности эндокринных желез от подготовительного к соревновательному периоду годового цикла подготовки спортсменов велотрека позволил выявить наиболее значимые маркеры нарушения костного метаболизма как предикторов риска снижения минеральной плотности кости у спортсменов в соревновательный период годового цикла подготовки.

Динамика более выраженного снижения МППК от подготовительного к соревновательному периоду тренировочного процесса соотносится с повышением активности катаболических процессов, снижением анаболизма и адаптации к гипоксии в группе спортсменов с большим снижением минеральной плотности пяточной кости при большей активности костного синтеза, направленного на предотвращение дальнейшей потери костной массы. Приоритетной значимостью в качестве маркера риска нарушения костного метаболизма у спортсменов по сравнению с другими показателями активности эндокринных желез, регулирующими костный обмен, имеют значения тестостерона и кортизола, необходимые для расчета индекса анаболизма, являющихся спецификой отражения приоритетного формирующего влияния интенсивных нагрузок на костный обмен и характеризующих ответ организма спортсмена на физические нагрузки как показателей перетренированности.

Литература

1. Wilson, D.J. Osteoporosis and sport / D.J. Wilson // Eur. J. Radiol. – 2019. – Vol. 110. – Pp. 169–174. – DOI: 10.1016/j.ejrad.2018.11.010
2. Vlachopoulos, D. The effect of 12-month participation in osteogenic and non-osteogenic sports on bone development in adolescent male athletes The PRO-BONE study / D. Vlachopoulos, A.R. Barker, E. Ubago-Guisado, F.B. Ortega, P. Krstrup, B. Metcalf, J. Castro Pinerо, J.R. Ruiz, K.M. Knapp, C.A. Williams, L.A. Moreno, L. Gracia-Marco // J. Sci. Med. Sport. – 2018. – Vol. 21 (4). – Pp. 404–409. – DOI: 10.1016/j.jsams.2017.08.018
3. Абрамова, Т.Ф. Остеопороз и физическая активность / Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, Н.И. Кочеткова, Н.В. Студеникина, К.И. Никитина // Научно-методическое пособие. – М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 112 с.
4. Мироманов, А.М. Гормональная регуляция остеогенеза: обзор литературы / А.М. Мироманов, К.А. Гусев // Травматология и ортопедия России. – 2021. – № 27 (4). – С. 120–130. – DOI: 10.21823/2311-2905-1609
5. Кулиничков, О.С. Медицина спорта высших достижений. – М.: Спорт. 2016. – 320 с.
6. Белая, Ж.Е. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза / Ж.Е. Белая, К.Ю. Белова, Е.В. Бирюкова и др. // Остеопороз и остеопатии. – 2021. – № 24 (2). – С. 4–47. – DOI: 10.14341/oste012930
7. Аллаxярова, К.Э. Оценка интенсивности физических нагрузок и расчет индекса анаболизма как критерия перетренированности / К.Э. Аллаxярова, Е.В. Невзорова, А.В. Гулин // Вестник Тамбовского университета. – 2017. – Вып. 2, том 22. – С. 382–386. – DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-2-382-386
8. Лесняк, О.М. Остеопороз. Руководство для врачей / О.М. Лесняк, И.А. Баранова, Ж.Е. Белая. Редактор: Лесняк О.М. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – С. 122–128.



9. *Абрамова, Т.Ф.* Лабильные компоненты массы тела – критерии общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам / Т.Ф. Абрамова, Т.М. Никитина, Н.И. Кочеткова // Методические рекомендации. – М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 132 с.

10. *Гржибовский, А.М.* Анализ биомедицинских данных с использованием пакета статистических программ SPSS: учебное пособие / А.М. Гржибовский, Т.Н. Унгуриану. – Министерство здравоохранения Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный госу-

дарственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – Архангельск: Северный гос. мед. ун-т, 2017. – 292 с.

11. *Filopoulos, D.* Normobaric hypoxia increases the growth hormone response to maximal resistance exercise in trained men / D. Filopoulos, S.J. Cormack, D.G. Whyte // *Eur. J. Sport Sci.* – 2017. – Vol. 17 (7). – Pp. 821–829. – DOI: 10.1080/17461391.2017.1317834

12. *Кубасов, Р.В.* Гормональные изменения в ответ на экстремальные факторы внешней среды // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2014. – 69 (9–10). – С. 102–109. – DOI: 10.15690/vramn.v69i9-10.1138

References

1. Wilson, D.J. (2019), Osteoporosis and sport. *Eur. J. Radiol.*, vol. 110, pp. 169–174, DOI: 10.1016/j.ejrad.2018.11.010

2. Vlachopoulos, D., Barker, A.R., Ubago-Guisado, E., et al. (2018), The effect of 12-month participation in osteogenic and non-osteogenic sports on bone development in adolescent male athletes. The PRO-BONE study, *J. Sci. Med. Sport*, vol. 21 (4), pp. 404–409, DOI: 10.1016/j.jsams.2017.08.018

3. Abramova, T.F. Nikitina, T.M. Kochetkova, N.I., Studenikina, N.V. and Nikitina, K.I. (2013), *Osteoporosis and physical activity. Scientific and methodical manual*, Moscow: LTD “Skyprint”, 112 p.

4. Miromanov, A.M. and Gusev, K.A. (2021), Hormonal regulation of osteogenesis: a review of the literature, *Traumatologiya i ortopediya Rossii*, vol. 27 (4), pp. 120–130, DOI: 10.21823/2311-2905-1609

5. Kulinenkov, O.S. (2016), *Medicine of the sports of the highest achievements*, Moscow: Sport, 320 p.

6. Belaya, Z.E., Belova, K.Yu., Biryukova, E.V., et al. (2021), Federal clinical guidelines for diagnosis, treatment and prevention of osteoporosis, *Osteoporosis and Bone Diseases*, vol. 24 (2), pp. 4–47, DOI: 10.14341/osteo12930

7. Allakhyarova, K.E., Nevzorova, E.V. and Gulin, A.V. (2017), Evaluation of the intensity of physical activity and the calculation of the anabolism index as a criterion for overtraining, *Vestnik Tambovskogo universiteta*, vol. 2

(22), pp. 382–386, DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-2-382-386

8. Lesnyak, O.M., Baranova, I.A. and Belaya, Zh.E. (2016), *Osteoporosis. A Guide for Doctors*, Moscow: GEOTAR-Media, 464 p.

9. Abramova, T.F., Nikitina, T.M. and Kochetkova, N.I. (2013), *The labile components of body weight are the criteria for general physical fitness and control of current and long-term adaptation to training loads. Guidelines*, Moscow: LTD “Skyprint”, 132 p.

10. Grzhibovsky, A.M. and Ungureanu, T.N. (2017), *Analysis of biomedical data using the SPSS statistical software package: textbook. Ministry of Health of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Northern State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation*, Arkhangelsk: Northern State medical un-t, 292 p.

11. Filopoulos, D., Cormack, S.J. and Whyte, D.G. (2017), Normobaric hypoxia increases the growth hormone response to maximal resistance exercise in trained men, *Eur. J. Sport Sci.*, vol. 17 (7), pp. 821–829, DOI: 10.1080/17461391.2017.1317834

12. Kubasov, R.V. (2014), Hormonal changes in response to extreme environmental factors, *Vestnik Rossiyskoy akademii medicinskih nauk*, 69 (9–10), pp. 102–109, DOI: 10.15690/vramn.v69i9-10.1138

