

ОСОБЕННОСТИ КОСТНОГО МЕТАБОЛИЗМА У СПОРТСМЕНОВ ВЕЛОСПОРТА**Никитина К.И.¹, Сафонов Л.В.², Абрамова Т.Ф.², Никитина Т.М.², Абдувосидов Х.А.³**

¹«Маммологический центр (клиника женского здоровья)» ГБУЗ Московский клинический научный центр имени А.С. Логинова ДЗМ, Москва, e-mail: tanya_nikitin@mail.ru;

²ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», Москва;

³ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

Профессиональная спортивная деятельность – мощнейший механизм мобилизации функциональных резервов организма спортсмена, значительно изменяющий метаболизм всего организма и являющийся фактором риска нарушения функционирования многих систем организма, в частности костного обмена, приводя к развитию остеопороза. Цель настоящего исследования – изучение особенностей костного метаболизма для определения приоритетных маркеров риска снижения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) у спортсменов в видах спорта с ограничением действия гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета, представителей велоспорта, специализирующихся в велотреке и велшоссе, отличающихся приоритетным механизмом энергообеспечения основного соревновательного упражнения. Уровень МПКТ определялся методом количественной ультразвуковой денситометрии на аппарате «Achilles Express» (Lunar, USA) для изучения пяточной кости. Маркеры костного метаболизма отражали видовую спортивную специфичность: костный обмен с высокой скоростью костного ремоделирования (повышение остеокальцина и β -Cross Laps) и активацией костной резорбции (повышение β -Cross Laps и снижение соотношения остеокальцин/ β -Cross Laps) взаимосвязан с ростом доли участия анаэробных механизмов в энергообеспечении основного соревновательного упражнения с задействованностью фосфорно-кальциевого обмена (кальций ионизированный, кальций общий, фосфор) и гормона-регулятора последнего (паратиреоидный гормон).

Ключевые слова: спортсмены, минеральная плотность костной ткани, ультразвуковая количественная денситометрия, остеокальцин, β -Cross Laps, кальций, фосфор, паратиреоидный гормон.

PECULIARITIES OF BONE METABOLISM IN ATHLETES CYCLING**Nikitina K.I.¹, Safonov L.V.², Abramova T.F.², Nikitina T.M.², Abduvosidov Kh.A.³**

¹«Mammological Center (Women's Health Clinic)» GBUZ Moscow Clinical Scientific Center named after A.S. Loginov DZM, Moscow, e-mail: tanya_nikitin@mail.ru;

²FSBI Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow;

³FSBEI HE «A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow

Professional sports activity is the most powerful mechanism for mobilizing the functional reserves of an athlete's body, significantly changing the metabolism of the whole body and as well as being a risk factor for disruption of the functioning of many body systems, in particular bone metabolism, leading to the development of osteoporosis. The purpose of this study is to study the features of bone metabolism in order to determine the priority markers of the risk of a decrease in bone mineral density (BMD) in athletes non-weight-bearing sport, representatives of cycling, specializing in cycletrack and cycloroad, distinguished by a priority mechanism for energy supply of the main competitive exercises. The level of BMD was measured by the method of quantitative ultrasonic densitometry (QUS) using the device «Achilles Express» (Lunar, USA) to study the calcaneus. Bone metabolism markers reflected sport specificity: bone metabolism with a high rate of bone remodeling (increased osteocalcin and β -Cross Laps) and activation of bone resorption (increase the β -Cross Laps and decrease the ratio of osteocalcin/ β -Cross Laps) are associated with an increase in the proportion of anaerobic mechanisms in the energy supply of the main competitive exercise with the involvement of phosphorus-calcium metabolism (ionized calcium, total calcium, phosphorus) and the hormone-regulator of the last (parathyroid hormone).

Keywords: athletes, bone mineral density, quantitative ultrasonic densitometry, β -Cross Laps, osteocalcin, serum phosphate, serum calcium, parathyroid hormone.

Костная ткань относится к метаболически активной структуре организма. Регуляция костного обмена – один из важных факторов адаптации организма к физическим нагрузкам, что является особенно актуальным для спорта высших достижений, когда функционирование всех систем организма в процессе напряженной мышечной деятельности максимально направлено на достижение высоких спортивных результатов [1-3].

Высокая интенсификация и повышенный травматизм спорта высших достижений [4], причиной которого служат и остеопоротические изменения [5], особенно в видах спорта с ограничением действия гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета, для которых отмечены более низкие значения минеральной плотности кости по сравнению с другими спортивными специализациями [6, 7]. Повышение вероятности нарушения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) в спорте высших достижений предопределяет актуальность изучения метаболизма костной ткани с целью раннего выявления групп риска спортсменов по гипотрофическим состояниям, проявляющимся в том числе и потерей массы костной ткани.

Цель исследования – выявление приоритетных маркеров риска снижения МПКТ с учетом показателей костного метаболизма у представителей велоспорта, характеризующихся ограничением действия гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета, специализаций велотрек и велошоссе, отличающихся приоритетным механизмом энергообеспечения основного соревновательного упражнения, в подготовительный период тренировочного процесса.

Материалы и методы исследования

Обследование спортсменов велоспорта, представителей специализаций велошоссе и велотрек, на базе ФГБУ ФНЦ ВНИИФК проводилось в течение 3 лет в подготовительный период тренировочного процесса.

В качестве модели исследования выбраны спортсмены одного вида спорта со схожей биомеханикой основного соревновательного упражнения и низкой гравитационной нагрузкой на осевые звенья скелета, что является фактором риска снижения МПКТ [6, 7], но отличающихся физиологическими особенностями основного соревновательного упражнения: велотрек – максимально-субмаксимальная зона мощности, приоритетные механизмы энергообеспечения – анаэробные алактатно-лактатные; велошоссе – умеренная зона мощности, механизмы энергообеспечения – аэробные (более 95%) [2].

С целью оценки маркеров костного метаболизма обследованы 43 велосипедиста специализаций велотрек и велошоссе, 23 и 20 представителей мужского пола соответственно, высокой квалификации (мс-мсмк и мс-змс соответственно) в возрасте 20 [20;22] лет и 21 [20;23,0]

года соответственно, с большим профессиональным стажем – 8,0 [6;12] лет и 9,0 [7,0;12,5] лет, соответственно. Группа контроля включала 20 мужчин в возрасте 21,5 [20,0;23,7] года, не занимающихся спортом систематически.

Программа антропометрического обследования спортсменов включала оценку тотальных размеров тела, абсолютных и относительных показателей развития мышечной и жировой массы, которые определялись методом калиперометрии с расчетом лабильных компонентов состава тела по теоретическим формулам [8].

Из биохимических маркеров костного метаболизма, исследование которых проводилось специалистами НЦ «ЭФиС», определялись показатели фосфорно-кальциевого обмена (кальций общий, кальций ионизированный, фосфор, магний) на анализаторе EXPRESS-PLUS (CIBA-CORNING, США), показатели костного ремоделирования (общая щелочная фосфатаза, остеокальцин, β -Cross laps) и гормон паращитовидной железы (паратиреоидный гормон) на автоматической системе для электрохемилюминисцентного анализа ELECSYS 1010 фирмы ROCHE, Швейцария.

Метод количественной ультразвуковой денситометрии (КУЗД) применялся для определения МПКТ в области пяточной кости (аппарат «Achilles Express», Lunar, USA), который в общей популяции в комплексе с клиническими факторами риска может быть использован для скрининга пациентов с высокой вероятностью остеопороза, когда необходимо решение вопроса о проведении двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии при ограничении ее доступности [9]. Показатели МПКТ в нашем исследовании определялись по Т-критерию, трактуемому по пиковой норме (значения в 20–29 лет) костной ткани, в процентах от соответствующей нормы и в единицах стандартных отклонений (SD) согласно рекомендациям ВОЗ: норма – значения МПКТ в пределах 87,1–113% ($\pm 1SD$); остеопения – МПКТ в пределах 87–68% (от -1 до $-2,5SD$); остеопороз – МПКТ менее 68% ($\leq 2,5SD$) [10, 7].

Полученные данные статистически обработаны с использованием пакета прикладных программ SPSS for Windows с расчетом медианы, 25-го и 75-го перцентилей. Статистическая значимость различий изучаемых групп, которая считалась достоверной при $p < 0,05$, оценивалась с помощью непараметрических методов (критерия Манна–Уитни) [11].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования велосипедистов, представителей специализаций велотрека и велошоссе, сопоставимых по возрасту и стажу спортивной деятельности ($p=0,282$ и $p=0,412$ соответственно), показали, что спортсмены выбранных специализаций по данным изучения тотальных размеров тела (длина тела 178,8 [174,1;181,1] см и 173,7 [171,6;177,1] см

соответственно и масса тела 79,4 [74,9;81,2] кг и 70,7 [68,0;72,4] кг соответственно, $p=0,009$ и $p=0,000$ соответственно), абсолютного содержания мышечной массы (42,5 [38,6;44,0] кг и 36,9 [36,0;38,7] кг соответственно, $p=0,000$) и жировой массы (7,3 [6,7;8,2] кг и 6,1 [5,6;6,9] кг, $p=0,004$) соответствовали моделям видовой специфики и имели высокий и близкий уровень подготовленности, учитывая отсутствие различий по относительному содержанию лабильных компонентов состава тела (мышечная масса 53,9 [52,2;55,1] % и 52,9 [52,7;53,3] % соответственно, и жировая масса 9,3 [8,5;10,1] % и 8,8 [8,0;9,9] % соответственно, $p=0,053$ и $p=0,217$ соответственно) [8], являясь тем самым адекватной моделью исследования специфики взаимосвязей разноуровневых параметров функциональной системы (табл. 1). Контрольная группа, представленная мужчинами, не занимающимися спортом систематически, сопоставима по возрасту с представителями велоспорта, специализирующимися в велотреке и велошоссе ($p=0,138$ и $p=0,788$ соответственно), характеризовалась следующими тотальными размерами тела: длина тела 176,1 [174,3;178,0] см ($p=0,073$ и $p=0,077$ соответственно), масса тела 79,9 [74,5;85,6] кг ($p=0,289$ и $p=0,000$ соответственно) и абсолютное содержание мышечной массы 36,6 [35,9;37,1] кг ($p=0,000$ и $p=0,319$ соответственно), отличалась от спортсменов обеих групп по развитию абсолютного содержания жировой массы (16,8 [15,1;19,3] кг, $p=0,000$ и $p=0,000$ соответственно) и относительного содержания лабильных компонентов состава массы тела (мышечная масса 46,8 [41,9;49,2] %, $p=0,000$ и $p=0,000$ соответственно, и жировая масса 21,3 [19,6;22,2] %, $p=0,000$ и $p=0,000$ соответственно), что делало их сопоставление репрезентативным.

Таблица 1

Основные морфологические характеристики спортсменов велоспорта

№	Показатель, единицы измерения	Контроль, n=20 (I)	Велотрек, n=23 (II)	Велошоссе, n=20 (III)	Достоверность различий, p		
		Медиана [инт. разм.]	Медиана [инт. разм.]	Медиана [инт. разм.]	I–II	II–III	I–III
1.	Длина тела, см	176,1 [174,3;178,0]	178,8 [174,1;181,1]	173,7 [171,6;177,1]	0,073	0,077	0,009
2.	Масса тела, кг	79,9 [74,5;85,6]	79,4 [74,9;81,2]	70,7 [68,0;72,4]	0,289	0,000	0,000
3.	Мышечная масса, кг	36,6 [35,9;37,1]	42,5 [38,6;44,0]	36,9 [36,0;38,7]	0,000	0,319	0,000
4.	Жировая масса, кг	16,8 [15,1;19,3]	7,3 [6,7;8,2]	6,1 [5,6;6,9]	0,000	0,000	0,004
5.	Мышечная масса, %	46,8 [41,9;49,2]	53,9 [52,2;55,1]	52,9 [52,7;53,3]	0,000	0,000	0,053
6.	Жировая масса, %	21,3 [19,6;22,2]	9,3 [8,5;10,1]	8,8 [8,0;9,9]	0,000	0,000	0,217

Анализ параметров спортсменов изучаемых специализаций показал, что для представителей велоспорта специализаций велотрек и велошоссе характерен нормальный уровень минеральной плотности пяточной кости (МППК), измеренный с помощью метода КУЗД для пяточной кости, который для валидизированных приборов применим в некоторых группах

населения (женщины в постменопаузе и мужчины более 65 лет европеоидной расы) для оценки риска переломов [10], соответствующий пиковой массе костной ткани (табл. 1), как и в контрольной группе – 106,2 [91,1;112,8] % ($p=0,408$ и $p=0,120$ соответственно). Однако анализ показателей МППК у представителей велоспорта выявил существенные межгрупповые отличия: значимо высокие значения МППК отмечены у спортсменов специализации велошоссе (114,7 [93,6;128,6] %), которым свойственно преобладание аэробных процессов во время выполнения основного соревновательного упражнения, по сравнению с уровнем МППК (97,0 [90,0;110,0] %) спортсменов в группе велотрека, тренирующихся с использованием анаэробных алактатно-лактатных механизмов энергообеспечения основного соревновательного упражнения, $p=0,037$ (табл. 1).

Таблица 2

Характеристики костного метаболизма у спортсменов велоспорта

№	Показатель	Нормальные значения и единицы изменения	Контроль, n=20 (I)	Велотрек, n=23 (II)	Велошоссе, n=20 (III)	Достоверность различий, p		
			Медиана [инт. разм.]	Медиана [инт. разм.]	Медиана [инт. разм.]	I–II	I–III	II–III
1.	МППК (средняя)	87,1–113%	106,2 [91,1;112,8]	97,0 [90,0;110,0]	114,7 [93,6;128,6]	0,408	0,120	0,037
2.	Остеокальцин	11–43 нг/мл	32,5 [22,0;34,8]	62,1 [52,6;67,3]	46,3 [32,6;50,6]	0,000	0,000	0,000
3.	β -Cross laps	до 0,58 нг/мл	0,48 [0,43;0,52]	1,00 [0,60;1,32]	0,42 [0,38;0,51]	0,000	0,278	0,000
4.	Остеокальцин/ β -Cross laps	18,97–74,14	66,79 [52,73;74,51]	71,92 [47,65;91,31]	91,56 [80,25;123,33]	0,286	0,000	0,006
5.	Общая щелочная фосфатаза	до 117 Ед/л	67,0 [57,2;79,0]	91,5 [87,2;115,7]	82,0 [68,0;116,0]	0,000	0,011	0,079
6.	Паратиреоидный гормон	8–74 пг/мл	29,1 [22,0;37,0]	54,0 [30,4;67,2]	41,3 [23,4;59,9]	0,009	0,033	0,539
7.	Кальций общий	2,02–2,65 ммоль/л	2,28 [2,18;2,34]	2,52 [2,44;2,59]	2,32 [2,26;2,48]	0,000	0,072	0,001
8.	Кальций ионизированный	1,05–1,30 ммоль/л	1,16 [1,12;1,20]	1,24 [1,21;1,25]	1,11 [1,10;1,22]	0,000	0,831	0,003
9.	Магний	0,65–1,05 ммоль/л	0,81 [0,71;0,84]	0,82 [0,73;0,94]	0,89 [0,82;0,96]	0,404	0,002	0,084
10.	Фосфор	0,80–1,61 ммоль/л	1,19 [1,18;1,25]	1,18 [1,08;1,26]	1,07 [0,78;1,10]	0,310	0,000	0,003

МППК – минеральная плотность пяточной кости

Многократное повторение физических воздействий и суммирование многих следов нагрузок приводит в итоге к развитию адаптации долгосрочного характера, этап формирования которой связан с функциональными и структурными изменениями на всех уровнях жизнедеятельности организма [12]. Подготовительный этап годового цикла подготовки после межсезонного отдыха позволяет определять характеристики метаболизма, отражающие

многолетнюю адаптацию спортсменов высокой квалификации в соответствии со спецификой видового фактора нагрузки.

Значения одного из ведущих показателей резорбции костной ткани продукта деградации коллагена I типа – β -Cross Laps – значимо отличались у велосипедистов: минимальны в группе специализации велошоссе (0,42 [0,38;0,51] нг/мл – в пределах нормативных значений) по сравнению с представителями специализации велотрек (1,00 [0,60;1,32] нг/мл), превышая границу референсного диапазона для данного показателя (до 0,58 нг/мл), $p=0,000$ (табл. 2).

Уровень маркера костеобразования – остеокальцина, продукта синтеза остеобластов, значимо выше в группе специализации велотрек – 62,1 [52,6;67,3] нг/мл, превышая верхнюю границу референсного диапазона (11–43 нг/мл), по сравнению представителями специализации велошоссе – 46,3 [32,6;50,6] нг/мл – околопредельный уровень значений, $p=0,000$ (табл. 2).

Показатели общей щелочной фосфатазы – одного из маркеров костного синтеза – имели схожие значения в пределах нормативных данных (до 117 Ед/л) у всех спортсменов велоспорта: велотрек – 91,5 [87,2;115,7] Ед/л и велошоссе – 82,0 [68,0;116,0] Ед/л, $p=0,079$ (табл. 2).

Высокие показатели костного ремоделирования (β -Cross Laps и остеокальцин), предсказывающие более быструю потерю костной массы в общей популяции [10], у спортсменов велоспорта с активацией процессов костной резорбции по мере снижения аэробной составляющей в механизмах энергообеспечения основного соревновательного упражнения могут выступать фактором риска снижения МПКТ. Риск потери массы костной ткани может быть более значительным с ростом спортивной квалификации, являющейся производной возраста и длительности профессиональной деятельности, когда отмечены нарастание тяжести травматизма опорно-двигательного аппарата [13] и снижение МПКК по данным КУЗД для видов спорта в условиях ограничения действия гравитационной нагрузки на осевые звенья скелета [7].

Отличие группы контроля, представленной лицами, не занимающимися физическими нагрузками систематически, от спортсменов велоспорта специализаций велотрек и велошоссе затрагивали в большей мере показатели костного ремоделирования, находящиеся в пределах референсных значений для всех маркеров костного обмена, отражающих костеобразование: остеокальцин и общую щелочную фосфатазу (32,5 [22,0;34,8] нг/мл, $p=0,000$ и $p=0,000$ соответственно, и 67,0 [57,2;79,0] Ед/л, $p=0,000$ и $p=0,011$ соответственно) при низком и близком к представителям специализации велошоссе уровне резорбции – β -Cross Laps 0,48 [0,43;0,52] нг/мл ($p=0,278$) – по сравнению группой специализации велотрек ($p=0,000$). Высокие значения маркеров костеобразования у спортсменов по сравнению с общей популяцией, представленной

группой контроля, указывают на активацию процессов восстановления костной ткани в рамках адаптации скелета к напряженной мышечной деятельности.

Более низкий уровень процессов костной резорбции у представителей специализации велощоссе подтверждался значимо высоким соотношением остеокальцин/ β -Cross Laps, раскрывающим баланс процессов синтеза костной ткани и ее распада, 91,56 [80,25;123,33], превышающим верхнюю границу референсного диапазона (18,97–74,14), по сравнению с группой велотрека 71,92 [47,65;91,31], находящегося в пределах нормативных значений, $p=0,006$ (табл. 2). В группе контроля значения соотношения остеокальцин/ β -Cross Laps – 66,79 [52,73;74,51] схожи с представителями специализации велотрек ($p=0,286$) и ниже по сравнению со спортсменами специализации велощоссе ($p=0,000$).

Анализ показателей фосфорно-кальциевого обмена (табл. 2), находящихся в пределах референсного диапазона во всех изучаемых группах, показал значимо высокие уровни общего кальция (2,52 [2,44;2,59] ммоль/л), ионизированного кальция (1,24 [1,21;1,25] ммоль/л) и фосфора (1,18 [1,08;1,26] ммоль/л) у представителей специализации велотрек по сравнению со спортсменами специализации велощоссе (2,32 [2,26;2,48] ммоль/л; 1,11 [1,10;1,22] ммоль/л; 1,07 [0,78;1,10] ммоль/л соответственно, $p=0,001$, $p=0,003$, $p=0,003$ соответственно), при этом уровни магния имели схожие значения для обеих групп велосипедистов (0,82 [0,73;0,94] ммоль/л и 0,89 [0,82;0,96] ммоль/л соответственно, $p=0,084$). Более высокие значения фосфора, образующегося в результате расщепления фосфорной кислоты и АТФ, у представителей велотрека по сравнению со спортсменами велощоссе ($p=0,003$) могут указывать на избыточный характер активации энергетической системы у данных спортсменов, что наряду с показателями кальция, общего и ионизированного ($p=0,001$ и $p=0,003$ соответственно), свидетельствуют об уровне общего восстановления после физических нагрузок, сниженном в группе велотрека [1]. Показатели кальция, общего и ионизированного, более низкие у спортсменов специализации велощоссе по сравнению с группой специализации велотрек ($p=0,001$ и $p=0,003$ соответственно), характеризуют большой объем тренировочного воздействия в связи с задействованностью данного элемента в передаче гормонального сигнала, нервно-мышечном сокращении и свертывающей системе крови [1].

Показатели фосфорно-кальциевого обмена в группе контроля отличаются по сравнению с изучаемыми спортивными специализациями. Значения кальция, общего и ионизированного (2,28 [2,18;2,34] ммоль/л и 1,16 [1,12;1,20] ммоль/л соответственно), значимо не отличались от спортсменов специализации велощоссе ($p=0,072$ и $p=0,831$ соответственно) и ниже по сравнению с представителями специализации велотрек ($p=0,000$ и $p=0,000$ соответственно), что

характеризует отсутствие нагрузок скоростно-силового характера у лиц, не занимающихся спортом [1]. Показатели магния и фосфора в контрольной группе (0,81 [0,71;0,84] ммоль/л и 1,19 [1,18;1,25] моль/л соответственно) схожи с показателями представителей специализации велотрек ($p=0,404$ и $p=0,310$ соответственно), а более низкие значения магния и, напротив, высокие – фосфора у мужчин, не занимающихся спортом, по сравнению со спортсменами специализации велошоссе ($p=0,002$ и $p=0,000$ соответственно) отражают современные особенности питания в общей популяции [14, 15].

Уровень гормона-регулятора фосфорно-кальциевого обмена – паратиреоидного гормона (ПТГ) – находился в пределах нормальных значений (8–74 пг/мл) во всех изучаемых группах и практически равен у представителей велоспорта ($p=0,539$): велотрек – $47,67 \pm 8,12$ нг/мл и велошоссе – $47,00 \pm 8,58$ нг/мл, $p=0,539$ (табл. 2), имея низкие значения в контрольной группе (29,1 [22,0;37,0] пг/мл) по сравнению со спортсменами ($p=0,009$ и $p=0,033$ соответственно). Отмечена взаимосвязь между β -Cross Laps и ПТГ у спортсменов велоспорта: велотрек ($r=0,524$, $p=0,037$) и велошоссе ($r=0,654$, $p=0,015$). Положительная корреляция между показателями β -Cross Laps и ПТГ у спортсменов может указывать на необходимость поддержания должного уровня кальция в крови на фоне высоких трат в условиях напряженной мышечной деятельности за счет повышения костной резорбции под действием ПТГ на костную ткань [3]. У представителей велоспорта значения кальция, общего и ионизированного, соотносились с распределением маркеров костной резорбции среди спортсменов изучаемых специализаций (табл. 2).

Заключение

Показатели фосфорно-кальциевого обмена, маркеры минерального и энергетического обменов, отражают в большей мере функциональное состояние организма спортсмена, объем тренировочного воздействия и особенности приоритетного механизма энергообеспечения основного соревновательного упражнения, маркируя значениями кальция и ПТГ активность процессов костной резорбции у спортсменов.

Повышение скорости костного ремоделирования, отраженной в уровнях остеокальцина и β -Cross Laps, с активацией костной резорбции (рост β -Cross Laps и снижение соотношения остеокальцин/ β -Cross Laps) может указывать на более быструю потерю массы кости и выступать фактором риска снижения МПКТ у спортсменов спорта высших достижений. Таким образом, долговременные изменения МПКТ у спортсменов в процессе профессиональной подготовки, в конечном счете, обусловлены сформированной активностью резорбтивных процессов, которая более затрагивает представителей видов спорта, тренирующихся в максимально-

субмаксимальной зоне мощности с преобладанием анаэробного характера энергетического обеспечения основного соревновательного упражнения.

Мониторинг показателей костного метаболизма как маркеров текущей и долговременной адаптации может быть использован в рамках медико-биологического контроля состояния здоровья спортсменов.

Результаты анализа показателей костного метаболизма позволят формировать группы риска по гипотрофическим состояниям, проявляющимся нарушением состояния костной ткани, с целью своевременного проведения профилактических мероприятий, направленных на предупреждение травм опорно-двигательного аппарата у высококвалифицированных спортсменов.

Список литературы

1. Иорданская Ф.А., Цепкова Н.К. Костный и минеральный обмен в системе мониторинга функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов. М.: Спорт, 2022. 152 с.
2. Кулиненко О.С. Медицина спорта высших достижений. М.: Спорт. 2016. 320 с.
3. Рожинская Л.Я. Системный остеопороз: Практическое руководство для врачей. М.: Издатель Мокеев, 2000. 196 с.
4. Иорданская Ф.А., Цепкова Н.К. Метаболизм костной ткани у высококвалифицированных спортсменов на предсоревновательном этапе подготовки // Вестник спортивной науки. 2016. № 6. С. 35-40.
5. Wilson D.J. Osteoporosis and sport. Eur. J. Radiol. 2019. Vol. 110. P. 169-174.
6. Vlachopoulos D., Barker A.R., Ubago-Guisado E., et al. 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. 2018. Vol. 21. No. 4. P. 404-409.
7. Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М., Кочеткова Н.И., Студеникина Н.В., Никитина К.И. Остеопороз и физическая активность. Научно-методическое пособие. М.: ООО «Скайпринт», 2013. 112 с.
8. Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М., Кочеткова Н.И. Лабильные компоненты массы тела - критерии общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам. Методические рекомендации. М.: ООО «Скайпринт», 2013. 132 с.
9. Лесняк О.М. Остеопороз. Руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. С. 122-128.

10. Белая Ж.Е., Белова К.Ю., Бирюкова Е.В., Дедов И.И., Дзеранова Л.К., Драпкина О.М., Древаль А.В., Дубовицкая Т.А., Дудинская Е.Н., Ершова О.Б., Загородний Н.В., Илюхина О.Б., Канис Дж.А., Крюкова И.В., Лесняк О.М., Мамедова Е.О., Марченкова Л.А., Мельниченко Г.А., Никанкина Л.В., Никитинская О.А., Петряйкин А.В., Пигарова Е.А., Родионова С.С., Рожинская Л.Я., Скрипникова И.А., Тарбаева Н.В., Ткачева О.Н., Торопцова Н.В., Фарба Л.Я., Цориев Т.Т., Чернова Т.О., Юренева С.В., Якушевская О.В. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза // Остеопороз и остеопатии. 2021. № 24 (2). С. 4-47.
11. Жижин К.С. Медицинская статистика: учебное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 160 с.
12. Солодков А.С., Сологубов Е.Б. Спортивная физиология / Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. Учебник для высших учебных заведений физической культуры, Издание 6-е, исправленное и дополненное. М.: Спорт, 2016. С. 198-434.
13. Захарченко И.В. Адаптация костной ткани спортсменов высокой квалификации к физическим нагрузкам: дис. ... канд. наук по физическому воспитанию и спорту. Киев, 2011. 160 с.
14. Рашид М.А., Карпова Н.Ю., Погонченкова И.В., Шостак Н.А., Ядров М.Е., Суряхина Я.И. Магний в клинике внутренних болезней // Русский медицинский журнал. 2015. № 28. С. 1705-1709.
15. Мартынов С.А., Бирагова М.С., Шамхалова М.Ш., Шестакова М.В. Гиперфосфатемия при хронической болезни почек // Медицинский совет. 2013. № 5 (6). С. 98-101.