

УДК 796.015:612.015.3:616.15-071 (470.58)

DOI: 10.26456/vtbio407

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОСТНОГО МЕТАБОЛИЗМА У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ И СИТУАЦИОННЫХ ВИДОВ СПОРТА НА ТРЕНИРОВОЧНОМ ЭТАПЕ ПОДГОТОВКИ

Л.Ю. Чехлова¹, Е.Л. Матвеева¹, О.Н. Ловыгина²

¹НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова, Курган

²Курганский государственный университет, Курган

В работе проведен анализ данных по изменению уровня специфических маркеров оценки процессов резорбции и ремоделирования костной ткани у спортсменов циклических и ситуационных видов спорта на тренировочном этапе подготовки. Биохимические показатели костного метаболизма позволили дать сравнительную оценку между соотношением баланса образования костной ткани и процессами резорбции у спортсменов обеих групп исследования. Под влиянием физических нагрузок и длительном мышечном напряжении в период тренировочного процесса у спортсменов рассматриваемых групп процессы костного ремоделирования происходят значительно интенсивнее, чем у людей, не занимающихся спортом. У представителей циклического вида спорта, отмечено, что показатель ремоделирования внеклеточного матрикса – коллаген I типа, гораздо выше, чем в ситуационных видах спорта. Для получения необходимой и важной информации о нарушении в гомеостазе костного метаболизма, крайне важно у спортсменов в период тренировочного этапа подготовки отслеживать динамику показателей по маркерам костного ремоделирования. Для преждевременной профилактики травматизации спортсмена в области опорно-двигательного аппарата, перегрузки костной системы.

Ключевые слова: *Тренировочной этап подготовки, спортсмены циклического и ситуационного вида спорта, костный метаболизм, биохимические показатели сыворотки крови.*

Введение. На тренировочном этапе подготовки спортсмены выполняют физические упражнения, с высоким уровнем мышечного напряжения (Абрамова и др., 2013). Для определения адаптационных возможностей спортсмена к интенсивным и сверхинтенсивным мышечным нагрузкам у спортсмена, индикатор этого воздействия является костный и мышечный метаболизм (Оганов и др., 2008). У спортсменов с высоким уровнем мышечного напряжения и осевой нагрузкой на скелет, таких как волейбол, баскетбол и легкоатлеты,

бегуны - спринтеры, частая травматизация в опорно-двигательном аппарате, требуют медико-биологического контроля для динамического исследования костного ремоделирования, особенности остеогенеза спортсменов (Абрамова и др., 2016). Своевременная диагностика и определение наиболее уязвимых звеньев структуры опорно-двигательного аппарата создает предпосылки для создания программ медико-биологического контроля спортсменов на разных этапах физических нагрузок в тренировочном и соревновательном периоде. При длительных интенсивных физических нагрузках организм человека испытывает колоссальное напряжение, что приводит к повышению функциональных возможностей человека, его потенциала возрастает (Гилев и др., 2020). В частности речь идет таких видах спорта, как циклический и ситуационный, где есть осевая нагрузка на скелет. Для достижения необходимых спортивных задач и программ эти виды спорта подразумевают разнонаправленные физические нагрузки, аэробная, анаэробная, ациклическая или смешанная структура выполняемого физического движения, переменная мощность работы, велика и роль сенсорных систем в избранном виде спорта (Goodlin et al., 2017).

Ситуационные вид спорта – спортивные игры, единоборства характеризуются переменной мощностью работы, резкое изменение амплитуды движения, структура двигательного действия и перемена направления движения (резкие остановки, прыжок, нападение, группировка в момент падения игрока). В игровых видах спорта энерготраты меньше, чем в циклических видах спорта, целевая подготовка скоростно-силовой работы (Boniquit., 2017).

Игровые виды спорта (ситуационные) для них приемлемы упражнения нестандартных движений, переменчивость ситуации, кратковременная реакция и быстрое решение по принятию ситуации в игре. Центральная нервная система требует определенных творческих функций, т.к. нет программного двигательного действия по решению сложившейся в спортивной игре ситуации (Boniquit., 2017). В зависимости от выполняемых условий игры при сложившейся ситуации в игре, необходимая высокая возбудимость нервных центров, лабильность скелетных мышц и хорошая двигательная синхронизация скоростных способностей разных мышечных групп (Herbert et al., 2019). Необходима хорошая острота и глубина зрения для каждого спортсмена. В волейболе и баскетболе преобладает аэробная нагрузка, при этом переменная мощность позволяет удовлетворять кислородный запрос во время спортивной игры и снижает тем самым кислородный долг (Иорданская, Цепкова, 2011).

Циклический вид спорта – бег, бег на лыжах, плавание, катание на коньках, гребля. Виды спорта преобладающие динамической

работой больших групп мышц, максимальной мощности, характеризуются программой со стереотипными движениями и повторяющимися циклами упражнений. Такая работа характеризует анаэробные алактатные нагрузки, энерготраты предельно завышены, с точки зрения общей совокупности выполняемой спортивной задачи минимальны (Иорданская, Цепкова, 2011). Ведущие системы: Центральная нервная система, двигательный аппарат. Циклические виды спорта развивают общую и специальную выносливость, силу, быстроту двигательного действия. Благодаря длительному периоду мышечной работы, быстрее происходит адаптивная реакция в работе ведущих газотранспортных систем – дыхания и кровообращения. При долговременной и постоянной циклической нагрузке умеренной мощности, у спортсмена происходит адапционно приспособительный процесс к циклическим нагрузкам, другими словами наступает устойчивое состояние. Главными системами при проявлении максимальной мощности в легкоатлетическом виде спорта являются в сердечно-сосудистая система, кровь, тканевое окисление и опорно-двигательный аппарат (Иорданская, Цепкова, 2011).

Методика. Для проведения данного исследования была использована база Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени академика Г. А. Илизарова. В исследовании приняли участие 76 студентов ФГОУ ВО «Курганский государственный университет» г. Курган. Для определения показателей маркеров костного метаболизма, у всех исследуемых взят биохимический анализ сыворотки крови. Участники исследования были разделены на три группы, возрастные ограничения составили 18-25 лет. На проведение исследования также было получено добровольное письменное согласие каждого пациента. Спортсмены имеют медицинский допуск к тренировочным занятиям.

Критерии включения: Первая опытная группа. Ситуационный вид спорта, 25 участников, из них 15 девушек, 10 юношей (вид спорта – волейбол, баскетбол, место проведения спортивных занятий - спортивный зал), спортивный разряд от 1 юношеского до Кандидата в Мастера Спорта, спортивный стаж 4-10 лет.

Вторая опытная группа. Циклический вид спорта, 25 спортсменов (легкая атлетика, бег, спортивный манеж), возрастная периодизация исследуемых составила 18-25 лет, спортивный разряд от 1 юношеского до Кандидата в Мастера Спорта, спортивный стаж 4-8 лет.

Третья контрольная группа. 26 студентов не занимающиеся спортом и физической активностью.

Критерия исключения: Неявка на один из этапов исследования, травма спортсмена в период проведения исследования в области

опорно-двигательного аппарата, болевой синдром в анамнезе, не являясь на один из этапов проводимого исследования.

В группы исследования были включены юноши и девушки, сопоставимые по полу и возрасту, по соотношению к физической нагрузке в избранном виде спорта. Проведение медицинского вмешательства и публикация данных исследования соответствовали принципам Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации 2013 года (Форталеза, Бразилия, октябрь 2013), «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденной Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 года № 266.

Биохимический контроль проводился в лаборатории в ФГБУ «НМИЦ ТО имени академика Г.А. Илизарова». Исследования выполняли на автоматическом биохимическом анализаторе PLab 650 (США) с помощью наборов реагентов фирмы BioSystems, для получения данных: «Са» - кальций, «Р» - фосфор, щелочная фосфатаза, кислая фосфатаза.

На анализаторе MAGLUMI® 800, применяли иммунохемилюминесцентный метод определения состояния маркеров костной ткани: содержание «25-ОН-D3» - витамин D, «СТ II» - кальцитонин, «В-СТх» - С – концевой телопептид проколлагена I типа, «BGR» - остеокальцин, «PINP» - N – концевой пропептид проколлагена I типа.

Статистический анализ данных выполнен в программе Microsoft Excel с использованием модуля AtteStat 1.0. Применены медиана, квартили, критерий Уилкоксона и Колмогорова. Статистическая значимость ($p < 0,05$) определялась критерием Уилкоксона.

Осевая нагрузка на скелет у спортсменов создает вертикальное давление на позвоночник человека, которое сжимает межпозвонковые диски. У спортсменов ситуационного и циклического вида спорта регулярные осевые нагрузки улучшают состояние межпозвонковых дисков, уплотняют кости, формируют мышечный корсет, укрепляют суставы и связки позвоночника спортсмена, позвоночник становится стабильным и подвижным. Под влиянием нагрузок утолщается костное вещество, костномозговая полость становится меньше. Если на тренировочном этапе подготовки спортсмены используют статические упражнения, то костномозговая полость может практически полностью зарости (Абрамова и др., 2016; Гилев и др., 2020). Чрезмерная нагрузка, как и недостаток физической активности, провоцируют травмы и ухудшают здоровье. Скручивания, сильные сгибания, мощные взрывные нагрузки нужно выполнять осторожно: они могут навредить. Но строгих правил нет: в некоторых случаях интенсивные упражнения улучшают состояние — реакция на нагрузку индивидуальна. Чрезмерная нагрузка, как и недостаток физической активности,

провоцируют травмы и ухудшают здоровье (Kahanov et al., 2015; Al Anouti et al., 2019).

Результаты и обсуждение. Были исследованы биохимические показатели крови, характеризующие костный метаболизм у спортсменов циклического и ситуационного вида спорта. Количественный и качественный состав минеральной и органической фазы костной ткани, целостность коллагена, показатели костного ремоделирования и резорбции кости (Морозик, 2012). Полученные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели сыворотки крови спортсменов различной специализации в тренировочном периоде подготовки

	I группа Ситуационный вид спорта. Волейбол	II группа Циклический вид спорта. Легкая атлетика	III группа Не спортсмены
Кф (кислая фосфатаза) Ед/л	4,1(3,77-5,15)	4,0(3,6-4,5)	4,1(3,5-4,52)
Щф (щелочная фосфатаза) Ед/л	72,5(62,7-86,2) P ³ =0,011	75,0(60,0-87,0) P ² =0,031	61,5(52,75-69,25)
Са (кальций) мМоль/л	2,54(2,48-2,58)	2,55(2,48-2,6)	2,505(2,46-2,58)
Р (фосфор) мМоль/л	1,22(1,11-1,31)	1,27(1,15-1,35)	1,28(1,19-1,34)
BGP (Остеокальцин) нг/мл	32,95(26,425-36,45) P ³ =0,029 P ¹ =0,007	46,0(37,0-52,9)	27,2(21,8-32,8)
Витамин D нг/мл	29,15(23,62-121,75) P ³ =0,0008	25,3(22,2-34,8) P ² =0,006	14,9(12,5-21,4)
PINP нг/мл	91,05(67,27-121,75) P ¹ =0,014	122,0(93,8-152,0) P ² =0,0001	82,5(76,4-94,8)
В-СТх нг/мл	0,43(0,39-0,69)	0,61(0,45-0,77)	0,49(0,401-0,599)
СТ II (кальцитонин) пг/мл	0,32(0,3-0,65) P ³ =0,005	0,35(0,3-0,728) P ² =0,021	1,54(0,40-2,18)

Примечание: достоверность различий P¹ — между I группой и группой II; P² — между группой II и группой III; P³ — между группой I и группой III.

У спортсменов обеих опытных групп наблюдались сходные показатели общего кальция, фосфора и активности кислой фосфатазы. Статистически значимых различий между опытными и контрольной группой мы также не обнаружили. Все показатели находились в рамках референтного диапазона, принятого в лабораторной норме для данного возраста. Сравнительный анализ активности щелочной фосфатазы показал, что в первой опытной группе достоверно выше уровень ЩФ, чем во второй опытной группе циклического вида спорта на 21%, а в сравнении с контрольной группой 18%. Статистически значимых различий между опытными группами обнаружено не было.

В системе восстановления спортсменов после тренировочного процесса определенное место уделяют состоянию опорно-

двигательного аппарата - костной и мышечной ткани - с учетом возраста, пола, характера нагрузок и даже игрового амплуа. У спортсменов 18-25 лет. Возраст спортивной зрелости считается от 19-35 лет. Происходит повышение экономизации функций, стабилизация адаптационно-приспособительных реакций на физические нагрузки происходит в этот возрастной период, так же динамический рост мышечных волокон в толщину идет. В сенситивный период роста происходит развитие физических качеств, таких как выносливость. По степени биологической зрелости, органы и функции у спортсменов достигают своих окончательных величин по степени зрелости (Иорданская, Цепкова, 2011; Behrens et al., 2013).

Снижение концентрации витамина D в крови является фактором риска переломов, а в группе студентов не занимающихся спортом, она составила 50% от нижней границы референтного диапазона. В обеих опытных группах не было отмечено дефицита витамина D, но его значения соответствовали нижнему пределу референтных значений, статистически значимо превышая показатели в группе сравнения.

Возможно, это связано с тем, что часть тренировочного процесса спортсменов как циклических, так и ситуационных видов спорта проходит на открытом воздухе. Циркулирующая концентрация 25-гидрокси витамина D является признанным биомаркером статуса витамина D. Повышение его концентрации стимулирует синтез в остеобластах, остеокальцина — который является витамин D зависимым белком и необходим для поддержания оптимального метаболизма костной ткани. Сывороточный уровень остеокальцина у спортсменов был статистически значимо выше, чем у обследуемых контрольной группы (в 1,7 раза — у спортсменов циклических видов спорта и в 1,4 раза — у спортсменов ситуационных видов спорта). PINP – (N концевой пропептид проколлагена I типа) у спортсменов циклического вида спорта показал на 25 % выше в динамике результат, чем у игровых видов спорта. В сравнение опытной группы (циклический вид спорта) с контрольной группой, имелось повышение показателя PINP – (N концевой пропептид проколлагена I типа) на 32% .В этой же группе спортсменов определялся также самый высокий показатель костной резорбции - C-концевой телопептид коллагена, однако, достоверных различий в группах исследования мы не обнаружили.

Заключение. Известно, что ультраструктура неорганического матрикса кости формируется соответственно линиям векторов механических нагрузок (Аврунин). Соответственно у спортсменов циклических видов спорта силовые линии механических нагрузок имеют стандартные, повторяющиеся вектора. У спортсменов

ситуационных видов спорта линии векторов механических нагрузок более непредсказуемы. В тренировочный период подготовки очевидно, что более интенсивные процессы костного ремоделирования характерны для спортсменов циклических видов спорта. Таким образом, на основании полученных данных обнаружены некоторые отличия показателей костного ремоделирования. Кроме того отмечено, что у представителей циклических видов спорта показатели ремоделирования внеклеточного матрикса, и в частности коллагена I типа, в периоде тренировочных нагрузок значительно выше, чем у спортсменов ситуационных видов спорта.

Список литературы

- Абрамова Т.Ф., Никитина К.И., Никитина Т.М.* 2016. Взаимосвязь нейрогуморального статуса и минеральной плотности пяточной кости у спортсменов академической гребли в условиях напряженной мышечной деятельности // Вестник спортивной науки. № 1. С. 34-38.
- Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М.* 2013. Остеопороз и физическая активность // Научно-методическое пособие. М.: ООО «Скайпринт». 112 с.
- Иорданская Ф.А., Цепкова Н.К.* 2011. Фосфор крови: диагностическое и прогностическое значение в мониторинге функционального состояния спортсменов // Вестник спортивной науки. № 4. С. 30-33.
- Морозик П.М.* 2012. Молекулярно-генетические механизмы предрасположенности к остеопорозу // Молекулярная и прикладная генетика. Т. 13. С. 100-109.
- Оганов В.С., Виноградова О.Л.* 2008. О возможной связи остеопатии с биохимическими и генетическими маркерами костного метаболизма у спортсменов после интенсивной физической нагрузки // Остеопороз и остеопатия. № 2. С. 2-6.
- Al Anouti F., Taha Z., Shamim S.* 2019. An insight into the paradigms of osteoporosis: From genetics to biomechanics // Bone Reports. 11:100216. DOI: 10.1016/j.bonr.2019.100216.
- Behrens S.B., Deren M.E., Matson A., Fadale P.D., Monchik K.O.* 2013. Stress fractures of the pelvis and legs in athletes: a review // Sports health. № 5(2). P. 165-174
- Boniquit N.* 2017. Bone Health in Athletes // Sports Health. № 9(2). P. 108-117.
- Goodlin G.T., Roos A.K., Roos T.R.* 2017. Applying personal genetic data to injury risk assessment in athletes // PLoS One. 12 (1).
- Herbert A.J., Williams A.G., Hennis P.J.* 2019. The interactions of physical activity, exercise and genetics and their associations with bone mineral density: implications for injury risk in elite athletes // Eur. J. Appl. Physiol. № 119(1). P. 29-47.

Kahanov L., Eberman L.E., Games K.E., Wasik M. 2015. Diagnosis, treatment, and rehabilitation of stress fractures in the lower extremity in runners // Open Access J. Sports Med. № 6. P. 87-95.

Kiel J., Kaiser K. 2020. Stress Reaction and Fractures // StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. № 8(64). Part 2.

ASSESSMENT OF BONE METABOLISM PARAMETERS IN ATHLETES OF CYCLIC AND SITUATIONAL SPORTS AT THE TRAINING STAGE OF PREPARATION

L.Y. Chekhlova¹, E.L. Matveeva¹, O.N. Lovygina²

¹Scientific Research Center named after academician G. Ilizarova, Kurgan

²Kurgan State University, Kurgan

The paper analyzes data on changes in the level of specific markers for assessing the processes of bone resorption and remodeling in athletes of cyclic and situational sports at the training stage of training. Biochemical parameters of bone metabolism allowed us to give a comparative assessment between the ratio of the balance of bone formation and the processes of resorption in athletes of both study groups. Under the influence of physical exertion and prolonged muscle tension during the training process, bone remodeling processes occur much more intensively in athletes of the groups under consideration than in people who do not engage in sports. In addition, it was noted that representatives of cyclic sports have significantly higher rates of extracellular matrix remodeling, and in particular type I collagen, than athletes of situational sports. Operative diagnosis of bone metabolism disorders is a prognostically significant factor for the prevention of overloading of the athlete's body during the period of intense loads at the training stage.

Keywords: *The training stage of training, cyclical and situational athletes, bone metabolism, biochemical parameters of blood serum.*

Об авторах:

ЧЕХЛОВА Лада Юрьевна – аспирант Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, 640021, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, e-mail: Lada.sultanskaya.92@mail.ru.

МАТВЕЕВА Елена Леонидовна – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела доклинических и лабораторных

исследований «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова», 640021, Курган, ул. М. Ульяновой, 6, e-mail: matveevan@mail.ru.

ЛОВЫГИНА Оксана Николаевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры физической культуры и спорта, ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», 640002, Курган, ул. Советская 63, e-mail: kapitan777on@mail.ru.

Чехлова Л.Ю. Оценка показателей костного метаболизма у спортсменов циклических и ситуационных видов спорта на тренировочном этапе подготовки / Л.Ю. Чехлова, Е.Л. Матвеева, О.Н. Ловыгина // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2025. № 2(78). С. 16-24.

Дата поступления рукописи в редакцию: 14.02.25

Дата подписания рукописи в печать: 01.06.25