

УДК 796:611.08 + 796.015.6

В.А. ВАСИЛЕВСКА

старший преподаватель кафедры физической реабилитации
и спортивной медицины¹



Т.В. МАРИНИЧ, канд. мед. наук, доцент,

доцент кафедры физической реабилитации и спортивной медицины¹

¹Полесский государственный университет, г. Пинск, Республика Беларусь



Статья поступила 23 мая 2023 г.

**ВЛИЯНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ
НА МИНЕРАЛЬНУЮ ПЛОТНОСТЬ КОСТНОЙ ТКАНИ
У СПОРТСМЕНОВ 16 – 20 ЛЕТ**

В статье представлен анализ показателей минеральной плотности костной ткани у спортсменов 16 – 20 лет с учетом влияния специфической двигательной нагрузки. Проведено обследование спортсменов 16 – 20 лет разных видов спорта: плавание, гребные виды, хоккей с шайбой, тяжелая атлетика. Измерение показателей минеральной плотности костной ткани спортсменов проводилось при помощи метода ультразвуковой денситометрии. Полученные данные позволяют говорить о том, что частота встречаемости различных категорий состояния минеральной плотности костной ткани у спортсменов 16 – 20 лет в значительной мере определяется видовой спецификой спортивной деятельности.

Ключевые слова: физическая нагрузка, костная ткань, минеральная плотность костной ткани, спортивная деятельность, юные спортсмены, специфическая двигательная нагрузка, ультразвуковая денситометрия.

VASILEVSKA V.A.

Senior Lecturer of Department of Physical Rehabilitation & Sports Medicine¹

MARINICH T.V., MD, PhD in Med. Sc., Associate Professor,

Associate Professor of the Department of Physical Rehabilitation & Sports Medicine¹

¹Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus

**INFLUENCE OF SPECIFIC MOTOR LOAD ON BONE MINERAL DENSITY
IN ATHLETES AGED 16-20**

The article presents an analysis of indicators of bone mineral density in athletes aged 16-20, taking into account the influence of a specific motor load. Conducted a survey of athletes aged 16 - 20 years of different sports: swimming, rowing, ice hockey, weightlifting. Measurement of bone mineral density indicators of athletes was carried out using the method of ultrasonic densitometry. The data obtained allow us to say that the frequency of occurrence of various categories of the state of bone mineral density in athletes 16-20 years old is largely determined by the specificity of sports activities.

Keywords: *physical activity, bone tissue, bone mineral density, sports activities, young athletes, specific motor load, ultrasound densitometry.*

Введение. Современные сведения указывают на то, что кость представляет собой динамическую живую ткань с высокой чувствительностью к различным регуляторным, контролирующим механизмам, а также к эндогенным и экзогенным влияниям [1, 2, 3]. Минеральная плотность костной ткани (МПКТ) является объективным маркером состояния костной системы. Состояние минеральной плотности, интегральной характеристики костного обмена на тканевом уровне, определяется как общими биологическими закономерностями возрастного развития и половых различий, так и факторами, которые могут быть модифицированы в соответствии с образом жизни [1, 2, 4, 5].

Физическая нагрузка является важнейшей детерминантой формирования костной массы, которая обуславливает ее возрастание при увеличении механической нагрузки и снижение при уменьшении [1, 2]. Каждая часть скелета имеет генетически детерминированную форму и минимальную массу, которые трансформируются под влиянием функциональной физической нагрузки. Последняя, инициируя процессы адаптивного моделирования и ремоделирования костной ткани, поддерживает механическую компетентность костных структур в каждой точке скелета [1, 2, 6]. Доказано, что низкая физическая активность является одним из ведущих, если не основным, фактором дефицита массы костной ткани и нарушения ее структурно-качественных характеристик [1, 2, 6, 7, 8]. Спортивная деятельность является примером постоянного воздействия физических нагрузок на организм занимающегося и, в результате, оказывает положительное влияние на костную ткань [1, 2, 4, 7].

Спортсменам в процессе тренировочной и соревновательной деятельности присуща высокая скорость реагирования всех систем организма на изменяющиеся нагрузки [1, 3, 4, 9]. Напряженная мышечная деятельность на всех этапах спортивного совершенствования приводит к принципиальным изменениям регуляции метаболизма, что влияет на процессы ремоделирования костной ткани [1, 4, 5].

Однако, при превалировании физических нагрузок, превышающих физиологические возможности спортсмена, могут возникать патологические процессы в костной ткани,

ведущие к изменениям плотности костного вещества. Всякая чрезмерная нагрузка, приводящая к микротравмам того или иного отдела опорно-двигательного аппарата, кумулируясь, вызывает затем появление симптомов патологического процесса, т.е. тренировочный процесс, стимулируя интенсивное расходование энергетических ресурсов, минеральных веществ и витаминов, в ряде случаев провоцирует нарушение различных систем организма, в частности костной [1, 3, 5, 9].

Спортивная деятельность спортсменов сопровождается высокой и специфической травматичностью, одной из ведущих причин которой является снижение минеральной плотности костной ткани [3, 4, 9]. Повышенные нагрузки спорта высших достижений, в основе которых лежат биомеханические особенности (приложение нагрузки и поза выполнения упражнения), напряженность и интенсивность специфических нагрузок, приводят к возникновению остеопенических изменений в костной ткани [2, 3, 4, 9]. Подтверждением этого могут служить нередко выявляемые у юных спортсменов повышенная травматизация костей и суставов с исходом в хронические остеоартрозы [9].

Спорт в условиях многолетней селекции и направленного тренировочного воздействия создает специфичные дополнительные условия, формирующие костный обмен спортсменов различных видов спорта. К специфичным факторам относятся особенности преимущественной двигательной деятельности, присущей определенным видам спорта, однако, до настоящего времени не ясны тип и оптимальный уровень физической нагрузки, оказывающие положительное влияние на состояние костной ткани юного спортсмена, в частности на ее минеральную плотность [3, 4, 9].

Цель исследования. Оценить и проанализировать показатели МПКТ у спортсменов 16 – 20 лет с учетом влияния специфической двигательной нагрузки.

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 38 юношей в возрасте от 16 до 20 лет - студентов факультета организации здорового образа жизни Полесского государственного университета (20 человек), учащихся лица Полесского государственного университета (9 человек) и

воспитанников ДЮСШ № 5 г. Пинска (9 человек). Спортивная квалификация исследуемой группы: кандидаты в мастера спорта - 27,5%, 57,5% имеют I взрослый разряд, 7,5% – II взрослый разряд и 7,5% – III взрослый разряд.

Существует мнение, что гравитационная весовая нагрузка и специфическая двигательная активность совместно влияют как механические стимуляторы роста и ремоделирования костной ткани [1, 2, 4, 7]. В связи с этим, выбор видов спорта, которыми занимаются участники исследования, определялся степенью гравитационной нагрузки на осевой скелет: повышенным гравитационным воздействием специфической физической нагрузки в таких видах спорта, как хоккей с шайбой (9 человек), тяжелая атлетика (9 человек) и минимизацией гравитационного воздействия нагрузки в гребных видах (10 человек) и плавании (10 человек).

В данном исследовании измерение МПКТ проводилось при помощи метода ультразвуковой денситометрии. Определение костной плотности происходит путем измерения скорости распространения ультразвуковой волны в кости и ее широкополосного рассеивания, что отражает эластичность, плотность и жесткость костной ткани. При проведении денситометрии оценивается показатель МПКТ на основании универсального критерия, выраженного в единицах стандартного отклонения (SD), единого для всех методов костной денситометрии. Оценка результатов обследования происходит по двум параметрам: T-критерий и Z-критерий. Для взрослых это T-критерий, который определяется как отношение фактической костной массы обследуемого к пиковой костной массе молодых здоровых людей того же пола, рассчитанное в процентах и единицах стандартного отклонения. В детском, подростковом и юношеском возрасте используется Z-критерий, который рассматривается как величина стандартного отклонения фактической плотности костной ткани по отношению к соответствующему средневозрастному показателю [7, 8].

Показатели МПКТ в норме и патологии согласно рекомендациям ВОЗ:

- нормальная минеральная плотность кости – T(Z)-критерий от +2,5 до -1SD (стандартных отклонений);
- остеопения – T(Z)-критерий от -1 до -2,5 SD;
- остеопороз – T-критерий более -2,5 SD.

МПКТ определялась на ультразвуковом остеоденситометре «Omnisense 9000» (Израиль). Измерение МПКТ проводилось на большеберцовой кости (одно из стандартных мест для измерения показателя) на середине расстояния между коленным и голеностопным суставом. Во время измерения на экране монитора появляется текущий статус измерения (режим, время, скорость распространения ультразвуковой волны). Оборудование дополнено специальными программами, позволяющими рассчитывать и сравнивать стандартные (эталонные) показатели и полученные данные: расчетная величина МПКТ, выражаемая в единицах стандартных отклонений (SD) и процентах от нормативных по возрасту и полу показателей (Z-показатель) и от пиковой костной плотности (T-показатель).

Оценка МПКТ спортсменов, принявших участие в исследовании проводилась по Z-критерию, выражаемому в единицах стандартных отклонений (SD) и процентах от нормативных по возрасту и полу показателей.

Результаты и их обсуждение. Наиболее выраженное проявление влияния спортивной деятельности на костную ткань определяется интенсификацией подготовки в условиях разнообразной направленности физической нагрузки на опорно-двигательный аппарат [1, 4, 9]. Приоритет воздействия спортивной деятельности на костный обмен спортсменов обусловил оценку показателей минеральной плотности костной ткани у исследуемых спортсменов 16 – 20 лет с учетом специфических факторов, в частности вида спорта.

Разделение спортсменов, участвующих в исследовании, в соответствии со специализацией не выявило достоверных различий в среднем уровне МПКТ в зависимости от видовой специфики при разбросе среднегрупповых значений Z-показателя от $-0,38 \pm 0,34$ до $0,38 \pm 0,40$, что укладывается в пределы клинической нормы. Частота встречаемости различной степени снижения Z-показателя МПКТ (уровень «остеопения») исследуемых спортсменов различных видов спорта была максимальной у представителей плавания (30%), у хоккеистов данная величина составила 22%, у тяжелоатлетов – 11% соответственно. У спортсменов, занимающихся гребными видами спорта, снижения Z-показателя МПКТ до уровня «остеопения» не выявлено (таблица 1).

Расположение по видам спорта в ряду возрастания значений перцентилей МПКТ

обследуемых спортсменов показало, что 55,6% тяжелоатлетов имеют МПКТ равную или большую, чем среднестатистическая норма МПКТ, соответствующая их возрасту и полу, у спортсменов, специализирующихся в хоккее с шайбой данный показатель составил 44,4%, у спортсменов, занимающихся гребными видами спорта – 30%, у представителей плавания – 20% соответственно. В первом квартиле нормы МПКТ (0-25 от медианы), соответствующей возрасту и полу обследуемых, находятся 40% пловцов, 33,4% хоккеистов и 11,1% тяжелоатлетов. Представители гребных видов спорта таких мини-

мальных значений МПКТ не имеют (таблица 2).

Анализ расположения исследуемых спортсменов 16 – 20 лет по видам спорта в ряду возрастания значений процентилей МПКТ показал, что максимальные величины этого показателя характерны для тяжелоатлетов (33,3%). Напротив, наибольшее количество минимальных значений МПКТ отмечается среди пловцов (40%). У спортсменов, занимающихся гребными видами спорта преобладают средние значения показателей МПКТ (80%).

Таблица 1. – Показатели МПКТ спортсменов 16-20 лет, специализирующихся в различных видах спорта

| № | Гребные виды спорта | | Плавание | | Хоккей с шайбой | | Тяжелая атлетика | |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | МПКТ Z-показатель, ед | МПКТ Процентиль, ед | МПК Z-показатель, ед | МПКТ Процентиль, ед | МПК Z-показатель, ед | МПКТ Процентиль, ед | МПКТ Z-показатель, ед | МПКТ Процентиль, ед |
| 1 | -0,6 | 27,0 | -0,4 | 34,0 | 0,0 | 50,0 | 2,4 | 99,0 |
| 2 | -0,3 | 38,0 | -0,6 | 29,0 | 0,3 | 60,0 | 1,5 | 93,0 |
| 3 | -0,5 | 31,0 | -0,8 | 22,0 | -0,2 | 42,0 | -1,8 | 4,0 |
| 4 | -0,6 | 26,0 | -1,6 | 5,0 | -0,7 | 24,0 | 0,0 | 49,0 |
| 5 | 1,8 | 97,0 | 1,3 | 90,0 | 0,8 | 77,0 | 0,5 | 71,0 |
| 6 | 1,0 | 84,0 | -1,1 | 13,0 | 0,9 | 80,0 | -0,1 | 47,0 |
| 7 | 0,5 | 67,0 | 1,6 | 94,0 | -1,4 | 8,0 | 0,4 | 64,0 |
| 8 | -0,3 | 37,0 | -0,6 | 26,0 | 0,0 | 49,0 | 1,0 | 84,0 |
| 9 | -0,3 | 37,0 | -1,6 | 5,0 | -1,0 | 17,0 | -0,5 | 34,0 |
| 10 | -0,2 | 40,0 | 0,0 | 48,0 | - | - | - | - |
| Xср | 0,05 | 48,40 | -0,38 | 36,60 | -0,14 | 45,22 | 0,38 | 60,56 |
| δ | 0,80 | 25,11 | 1,09 | 32,01 | 0,78 | 25,29 | 1,21 | 30,46 |
| S _x ⁻ | 0,25 | 7,94 | 0,34 | 10,12 | 0,26 | 8,43 | 0,40 | 10,15 |

Таблица 2. – Количество спортсменов 16-20 лет различных видов спорта в ряду возрастания значений процентилей МПКТ

| МПКТ процентиль, ед | Плавание | | Гребные виды спорта (академическая, байдарка, каноэ) | | Хоккей с шайбой | | Тяжёлая атлетика | |
|---------------------|----------|------|--|------|-----------------|-------|------------------|-------|
| | чел. | % | чел. | % | чел. | % | чел. | % |
| 0-25 | 4 | 40% | 0 | 0% | 3 | 33,4% | 1 | 11,1% |
| 25-50 | 4 | 40% | 7 | 70% | 2 | 22,2% | 3 | 33,3% |
| 50-75 | 0 | 0% | 1 | 10% | 2 | 22,2% | 2 | 22,3% |
| 75-100 | 2 | 20% | 2 | 20% | 2 | 22,2% | 3 | 33,3% |
| Итого | 10 | 100% | 10 | 100% | 9 | 100% | 9 | 100% |

Заключение. Анализ изменчивости показателей МПКТ у спортсменов 16 – 20 лет с учетом влияния специфической двигательной нагрузки позволил выделить следующие положения:

1. Уровень МПКТ у спортсменов 16 – 20 лет без учета видовой спортивной принадлежности и квалификационного деления находится в диапазоне средних значений (в пределах клинической нормы), что согласуется с известными в литературе данными о положительном влиянии физической деятельности на костную ткань [1, 2, 3, 5, 8].

2. Показатели МПКТ спортсменов 16 – 20 лет в значительной мере определяются видовой спецификой спортивной деятельности:

максимальные значения показателей МПКТ у спортсменов 16 – 20 лет отмечены в таком виде спорта, как тяжелая атлетика, который имеет приоритет гравитационного воздействия специфической нагрузки на осевой скелет;

у спортсменов 16 – 20 лет, занимающихся гребными видами спорта, несмотря на минимизацию гравитационного воздействия специфической нагрузки, преобладают средние значения показателей МПКТ. Данный результат может быть связан с преимущественным проведением тренировочного и соревновательного процессов вне помещения, что обеспечивает выработку витамина D3 при инсоляции;

показатели МПКТ спортсменов 16–20 лет, специализирующихся в хоккее с шайбой, несмотря на преобладание гравитационного воздействия специфической нагрузки на осевой скелет, распределились достаточно равномерно по всем диапазонам процентилей, что может быть связано с различными игровыми амплуа спортсменов, а также с тем, что тренировочный и соревновательный процесс происходят преимущественно в помещении;

минимальные значения и снижение показателей МПКТ до уровня остеопении наиболее часто встречаются среди спортсменов 16–20 лет, занимающихся плаванием – видом спорта с минимизацией гравитационной специфической нагрузки на осевой скелет.

Список литературы

1. Аврунин, А.С. Зависимость остеогенного эффекта от характеристик механических нагрузок костных структур / А.С. Аврунин, А.А. Докторов // Травматология и

- ортопедия России. – 2016. – № 22(2). – С. 88–100.
2. Авсиевич, В.Н. Физические упражнения как основа профилактики остеопороза. / В.Н. Авсиевич, А.И. Федоров, Г.А. Плахута // Современные вопросы биомедицины. – 2019. – Т.3. – № 4. – С.15–36.
3. Гаврилова, Е. А. Современные представления о синдроме перетренированности / Е.А. Гаврилова // Спортивная медицина: наука и практика. – 2017. – № 1. – С. 77–78.
4. Никитина, К. И. Минеральная плотность костной ткани и показатели костного ремоделирования у спортсменов высокой квалификации на этапах годичного цикла подготовки / К. И. Никитина, Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – № 4. – С.43-49.
5. Рылова, Н. В. Юные спортсмены и оценка нутритивного статуса / Н. В. Рылова, А. В. Жолинский // Медицинский альманах. – 2018. – № 3 (54). – С. 49–51.
6. Артеменков, А. А. Локальная гиподинамическая остеорезорбция: медико-социальные причины и патогенетические механизмы / А.А. Артеменков // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 5. – С. 144–150.
7. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза / Ж. Е. Белая [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2021. – № 24 (2). – С. 4–47.
8. К унификации выполнения и интерпретации результатов остеоденситометрии / Л.А. Низовцова, С.П. Морозов, А.В. Петрайкин, В.Ю. Босин, К.А. Сергунова, А.В. Владимирский, М.Ю. Шантаревич // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2018. – № 99(3). – С. 158-163.
9. Мехдиева, К.Р. Остеопороз и занятия спортом: причины и механизмы структурных изменений костной ткани / К.Р. Мехдиева, Д.А. Обожина // Молодежь XXI века: потенциал, тенденции и перспективы : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с международ. участием, г. Екатеринбург, 19–20 ноября 2013 г. : в 2-х т. / отв. ред. Л. К. Тропина, Т. Н. Карфидова. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – Т. 2. – С. 43-45.

Received 23 May 2023