

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ И КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНИЗИРОВАННОГО КАЛЬЦИЯ У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОГО КЛАССА СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В ГРЕБЛЕ НА БАЙДАРКАХ И КАНОЭ

Рассмотрены показатели концентрации ионов кальция в крови во взаимосвязи с кальцием в костной ткани у высококвалифицированных спортсменов гребцов. Полученные данные позволяют объективно оценивать, а значит, и контролировать содержание кальция во всем организме спортсменов, занимающихся греблей на байдарке и каноэ, снизить риск развития остеопороза, болезни, при которой снижается плотность костной массы, где кости становятся уязвимыми для переломов.

Ключевые слова: спортсмены высокого класса, денситометрия, остеопороз, кальций.

Постановка проблемы. Анализ последних исследований и публикаций. Интенсивная мышечная деятельность современных спортсменов на всех этапах спортивного онтогенеза является мощнейшим фактором мобилизации функциональных резервов организма. Тренировочный процесс стимулирует усиленное расходование энергетических ресурсов, минеральных веществ и витаминов, в ряде случаев провоцируя нарушение различных подсистем организма, в частности костной [1].

Одно из самых частых метаболических нарушений костной системы – остеопороз характеризуется прогрессирующим снижением минеральной плотности скелета и нарушением микроархитектоники костной ткани, что в итоге приводит к повышению хрупкости костей и травматизму. Причины остеопоротических изменений множественны, включают первичные (онтогенетические, генетические, половые, определяющие особенности костного обмена) и вторичные (нарушения гормональной сферы, желудочно-кишечного тракта, травматизм, двигательная активность, иммобилизация и др.). В ряде исследований показано, что остеопоротические изменения являются одной из главных причин травматизма у спортсменов в процессе напряженной мышечной деятельности [2, 10]. При этом среди факторов спортивной деятельности, вызывающих снижение минеральной плотности скелета, выделяются в основном интенсивность и специфика двигательной деятельности. Однако, существующие данные фрагментарны и малочисленны, не охватывают все разнообразие спортивной деятельности. Накопление данных о минеральной плотности костной ткани спортсменов в большой мере лимитируется особенностями метода диагностики, и в первую очередь степенью его побочных воздействий [1-9].

В настоящее время спорт высших достижений не может изменить генетическую программу, но в наших силах повлиять на питание и гормональные факторы, а также на величину нагрузки на скелет [2, 3, 8]. Полноценность питания определяет полноту реализации генетической программы построения кости [3, 5]. У спортсменов низкой квалификации иммобилизация вызывает быструю потерю костной массы, а физическая активность сопровождается повышением костной массы. У взрослых физическая нагрузка является важной детерминантой костной массы (плотности), которая возрастает при увеличении объёмов нагрузки и снижается при её уменьшении. Физическая нагрузка может вызвать 25-30% увеличение толщины кортикального слоя. Влияние физических занятий в разные периоды подготовки на костную массу усиливается добавлением эстрогенов и кальция в рацион [6,7]. Для нормального скелетного роста необходим нормальный эндокринный статус: гипофизарный, надпочечников, тиреоидный и гонадный. При неадекватных значениях пиковой костной массы важнейшей проблемой является приобретённый дефицит половых гормонов. Эстрогены влияют на уровень, которого повышается костная плотность в ответ на физическую нагрузку. Начало дефицита эстрогенов сопровождается экспоненциальным снижением костной плотности примерно на 15% за первые пять лет [6, 7, 9].

Ещё недавно развитие остеопороза учёные связывали только с потерями костной массы, по тем или иным причинам происходят у пожилых людей. Но в последние годы появились данные о том, что истоки остеопороза могут находиться и в детском или подростковом возрасте. Именно в это время накопление кальция в костях скелета является необходимым условием для развития и роста костей. Очень важно обеспечить потребление продуктов питания с достаточным содержанием кальция и его партнёра – витамина D₃, что способствует полноценному усвоению этого элемента. Отклонение от пика костной массы, который, как считают, приходится на возраст около 30 лет с каждым годом становится моложе. Если раньше в основном нарушения плотности костной ткани наблюдали у людей, ведущих сидячий образ жизни, курят, заболевания печени, наследственная предрасположенность, низкий индекс массы тела или ожирение, то в последние годы такие проблемы возникают у спортсменов различных видов спорта в возрасте 20 – 30 лет [3].

Различают несколько фракций кальция: ионизированный, неионизированный, но способный к диализу, и недиализирующийся (недиффундирующий), связанный с белками кальция. Кальций играет важную роль в процессе функционирования нервной и мышечной систем (как антагонист K^+), свёртывания крови, образует структурную основу костного скелета, влияет на проницаемость клеточных мембран и т.д. В норме концентрация общего кальция в плазме крови составляет 2,0–2,5 ммоль/л, ионизированного – 1,1–1,3 ммоль/л. Все физиологические эффекты кальция (участие в мышечном сокращении, в механизмах секреции гормонов, рецепторных процессах, в механизмах клеточного деления и др.) осуществляются его ионизированной формой (Ca^{++}). Свободный кальций составляет от 43% до 50% общего кальция. Его концентрация варьирует в течение суток: минимальная концентрация – в 20 ч, максимальная – в 2–4 часа ночи. Уровень ионизированного кальция поддерживается паратгормоном, кальцитонином, активной формой витамина D_3 . Продукция этих гормонов, в свою очередь, зависит от уровня Ca^{++} . На его концентрацию в крови влияют многие факторы – белки, магний. Очень важным является кислотно-основное состояние (КОС): алкалоз увеличивает связывание и снижает концентрацию, а ацидоз, напротив, снижает связывание и увеличивает концентрацию ионизированного кальция в крови. Определение свободного кальция позволяет более точно оценить состояние кальциевого обмена. Определение ионизированного кальция более информативно, по сравнению с исследованием общего кальция, для диагностики гиперкальциемических состояний. Содержание его в плазме крови определяется балансом процессов всасывания, перераспределения между клеточным и неклеточным пространствами организма, выведения. Основными гормонами, регулирующими обмен кальция, считаются гормоны паращитовидных желёз. При повышении их секреции в кровь происходит более интенсивная мобилизация кальция из костной ткани в плазму крови, усиление всасывания через стенки кишечника и уменьшение выведения с мочой. Все эти факторы приводят к увеличению уровня кальция в плазме крови, его отложению в тканях по ходу нервных стволов. Вместе с тем усиление секреции в кровь соматотропного гормона, гормонов коры надпочечников, щитовидной железы (тиреотоксикоз) оказывает подобный, хотя и менее выраженный эффект. Поскольку кальций является внутриклеточным катионом, то при распаде клеток тканей (при интенсивных нагрузках или заболеваниях) его уровень в крови постоянно возрастает. Повышение содержания кальция в плазме крови выявляется при избыточном введении в организм витамина D , так как этот витамин способствует всасыванию кальция в кровь и препятствует выведению его из организма.

Связь работы с важными научными или практическими заданиями. Работа выполнена в рамках госбюджетной темы НИР "Мониторинг процесса адаптации квалифицированных спортсменов с учётом их индивидуальных особенностей" на 2011-2015 г. (номер госрегистрации 0111U001732).

Цель работы: изучить взаимосвязь показателей минеральной плотности костной ткани и ионизированного кальция у спортсменов высокого класса при интенсивных тренировочных нагрузках.

Методы и организация исследований. Для оценки состояния костной ткани использовали специализированный ультразвуковой денситометр Sunlight Omnisense 7000. Показатель прохождения скорости ультразвуковой волны (SOS) в костях сравнивался с показателями нормы (с учётом пола, возраста, факторов риска заболеваний сердечно-сосудистой системы и переломов) и представляется в виде графика. Числовым выражением диагноза остеопороза является T-критерий – количество стандартных отклонений (SD) у конкретного субъекта от показателей МПКТ молодых здоровых лиц (20–39 лет) ниже или выше средних значений для молодых здоровых лиц (пик костной массы). По T-критерию судят, есть ли у пациента остеопороз. Величина по T-критерию до -1 трактуется как норма, от -1 до -2,5 – как остеопения, -2,5 и более – как установленный остеопороз (ОП). Z-критерий: сравнение костной массы пациента с возрастной нормой. Z-критерий выражается в числах SD ниже или выше возрастной нормы. Z-критерий показывает, соответствует ли костная масса пациента его возрасту, и могут ли другие факторы влиять на избыточную потерю костной массы.

Ионизированный кальций (Ca^{++}) (норма 1,1 – 1,3 ммоль*л⁻¹) и pH (нормы 7,35-7,45 у.е.) определяли в цельной крови на приборе фирмы "Opti Medical Opti CCa Lion" (США) с использованием оптической флуоресценции. Исследование содержания Ca^{2+} целесообразно проводить в цельной крови, а не в сыворотке, так как в сыворотке происходит снижение уровня Ca^{2+} во время образования сгустка при активации протромбина. В связи с этим содержание Ca^{2+} в сыворотке должно быть меньше, чем в цельной крови, что согласуется с данными литературы [7, 10].

В обследовании принимали участие ведущие спортсмены сборной команды Украины по гребле на байдарках и каноэ (6 человек, мужчины) в возрасте 20-24 года в спортивной квалификации МСМК и спортивный стаж около 8 лет. Спортсмены проходили обследования в обще-подготовительном периоде. Проводился опрос относительно сбалансирования пищевого рациона на момент обследования, наличие вредных привычек (курение, алкоголь, наркотики), злоупотребление кофеином, наличие травм во взрослом возрасте.

Результаты исследований. В результате проведённых обследований у троих из шести спортсменов была обнаружена остеопения и у двоих она сочеталась с пониженной концентрацией ионов кальция (табл. 1). У четверых спортсменов была понижена концентрация ионов кальция, при этом у двоих не сочеталась с понижением минеральной плотности костной ткани.

Сравнительные показатели плотности костной ткани и концентрации ионизированного кальция у спортсменов специализирующихся в гребле на байдарке и каноэ в общеподготовительном периоде подготовки

п/н спортсмена	Ca ⁺⁺ , ммоль*л ⁻¹	Возраст	SOS	T score	Z score	pH, у.е.
1	1,08↓	23	4102	-0,1	0,3	7,43
2	1,07↓	21	4220	0,9	1,3	7,45
3	1,2	22	3918	-1,6	-1,2	7,45
4	1,1	24	4199	0,7	1,0	7,52↑
5	1,03↓	20	3878	-1,9	-1,5	7,51↑
6	0,97↓	20	3939	-1,4	-1,0	7,51↑

При понижении концентрации ионов кальция (менее 1,07 ммоль*л⁻¹) мышечное волокно теряет способность к укорочению и напряжению. Кальций является универсальным фактором, обеспечивающим процесс сопряжения возбуждения и реакции на него в различных типах клеток. Кальций поддерживает нормальный сердечный ритм, как и магний, и способствует здоровью сердечно-сосудистой системы в целом. Участвует в обмене железа в организме, регулирует ферментную активность и способствует нормальной работе нервной системы, передаче нервных импульсов. Фосфор и кальций делают кости крепкими, а зубы здоровыми. Кальций участвует в свёртывании крови, участвует в сокращении мышц. Чтобы происходило усвоение кальция, в организме должно быть достаточно витамина D. Важно отметить, что действие кальция может быть нейтрализовано определёнными продуктами питания. Главные источники кальция: творог, молоко, молочные продукты, сыры, соевые, бобы, сардины, лосось, арахис, грецкие орехи, семечки подсолнуха, зелёные овощи (брокколи, сельдерей, петрушка, капуста), чеснок, редька. Ухудшает всасывание кальция щавелевая кислота, которой богаты щавель, ревень, шпинат, свёкла, шоколад (в кишечнике образуются не всасывающиеся соли кальция). Дефицит кальция в организме проявляется судорогами мышц, нервозностью, бессонницей.

Из-за того, что 99% кальция содержится в костях скелета, последний функционирует как депо этого иона. В случае дефицита кальция гомеостатические механизмы будут работать на разрушение костной ткани, чтобы нормализовать уровень кальция в сыворотке крови, который имеет абсолютный приоритет.

Характерным для всех спортсменов было то, что pH крови превышал физиологические нормы (табл. 1) или находился на верхней границе нормы – это возможно связать с накоплением щелочных веществ, что обычно связано со значительным избытком оснований и недостаточностью физико-химических и физиологических механизмов регуляции кислотно-щелочного равновесия. Вероятнее всего – это компенсаторный алкалоз (ощелачивание), что характерно для спортсменов высокой квалификации, поскольку в этих условиях более активно протекают процессы энергообразования, синтеза белков и липидов, минеральный обмен и др. или же это может быть результат неадекватного восполнения водного баланса. Также как известно из ряда обследований [1-10] в условиях алкалоза увеличивает связывание ионов кальция с альбумином, что снижает его концентрацию в крови и следовательно всасывание в кишечник.

Выводы. 1. В настоящее время в литературе имеется крайне ограниченное количество работ о взаимосвязях содержания минералов и показателей деятельности спортсменов, которые не дают достаточно полного представления о том, как реализуется в организме взаимодействие макро- и микроэлементов между собой, как это взаимодействие отражается на тренировочной и соревновательной деятельности.

2. Нормальная и стабильная концентрация Ca⁺⁺ является обязательным условием жизни. Изменённый уровень Ca⁺⁺ в крови может служить прогнозом возникновения травматологических заболеваний и нарушений в деятельности сердечно-сосудистой системы. Своевременная коррекция минерального состава и микроэлементов является важнейшим средством профилактики травматизма и нарушений в работе сердца у спортсменов в условиях использования напряжённых тренировочных и соревновательных нагрузок.

3. Спортсмены высокого класса, подвергающиеся чрезмерным физическим нагрузкам, часто страдают различными заболеваниями костей и суставов. При интенсивных физических занятиях спортсмены с потом теряют много минеральных солей. Кроме того, интенсивные физические нагрузки ведут к сдвигу кислотно-щелочного баланса организма в кислую сторону. Если потеря минералов превышает их поступление в организм, возникает дефицит, снижение минеральной плотности костей и, как следствие, переломы.

Перспективы дальнейшего исследования будут направлены на детальное изучение кальция различных форм в организме спортсменов и его взаимосвязи, для предотвращения высокого травматизма. На сегодняшний день известно, что употребление повышенных доз кальция, как правило, ощутимых результатов не приносит. Обусловлено это тем, что этот кальций просто не усваивается организмом. Зато он может "с успехом" откладываться в печени, почках и мочевом пузыре, в виде

камней. Ошибочно считать, что причина развития остеопороза кроется в нехватке кальция. Кальций поступает в организм с натуральными продуктами, при грамотно составленном рационе питания, человеку его вполне достаточно. Поэтому мы планируем разработать и внедрить в рацион питания спортсменов продукты полезные при остеопорозе.

Использованные источники

1. Власова И.С. Возрастные изменения минеральной плотности костной ткани / Власова И.С. // Проблема остеопороза в травматологии и ортопедии: мат. II науч.-практ. конф. М., 2003. – С. 59 – 60.
2. Оганов В.С. О возможной связи развития остеопении с биохимическими и генетическими маркерами костного метаболизма у спортсменов после интенсивной физической нагрузки / Оганов В.С., Виноградова О.Л., Дудов Н.С., Баранов В.С., Миненков А.С. и др. // Остеопороз и остеопатии. 2008. – Т. 1. – № 1. – С. 2-5.
3. Оганов В.С. О возможной связи развития остеопении с биохимическими и генетическими маркерами костного метаболизма у спортсменов после интенсивной физической нагрузки / Оганов В.С., Виноградова О.Л., Дудов Н.С., Баранов В.С., Миненков А.С. и др. // Остеопороз и остеопатии. – 2008. – Т. 2. – № 2. – С. 2-5.
4. Гланц С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц ; пер. с англ. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
5. Камалов И.И. Диагностика и лечение остеопороза костей / И.И. Камалов, Л.И. Камалова // Остеопороз диагностика, профилактика и лечение: сб. науч. трудов. – Казань. – 2002. – С. 55 – 62.
6. Оганов В.С. Анализ ассоциации костной массы у спортсменов с биохимическими и молекулярно-генетическими маркерами ремоделирования костной массы / В.С. Оганов и др. // Физиология человека. 2008. – Т. 34, – № 2. – С. 56-65.
7. Binaglia L., Frysz L., Roberti R. [et al.] // Phospholipids in the nervous system / ed. L.A. Horrocks. – N. Y. : Raven-Press, 1985. – Vol. 2. – P. 289–297.
8. Gennari, L. Bone loss and bone turnover in aged men: hormonal and genetic determinants / L. Gennari et al. // OsteoporosisInt. 2000. – Vol. 11, Suppl. 2. – P. 147-162.
9. Gregg E. W. Physical activity and osteoporotic fracture skin older women. Study of Osteoporotic Fractures Group / E. W. Gregg, J. A. Cauley, D. G. Seeley // Ann. Intern. Med. 1998. – Vol. 129. – P. 81 – 88.
10. Phillip W. Osteoporotic fractures and vitamin D deficiency / W. Phillip, A. Mahesan // Austral. Family Physician. 2006. № 7, – P. 519 – 522.

Gatilova G., Talatymnik E.

CORRELATION OF BONE DENSITY AND THE CONCENTRATION OF IONIZED CALCIUM IN HIGH-CLASS ATHLETES SPECIALIZING IN CANOE SPRINT

Considered indicators of concentration of calcium ions in the blood in conjunction with calcium in bone tissue in elite athlete's rowers. The data obtained allow to objectively evaluating, and hence to control the content of calcium in the whole body of athletes involved in rowing and canoeing, to reduce the risk of osteoporosis, a disease that reduces bone density, where the bones become vulnerable to fractures. Currently, the literature contains a very limited number of studies on the relationship of minerals and performance athletes who do not give a sufficiently complete picture of how the body is realized in the interaction between macro- and microelements is how this interaction affects the training and competitive activities. Normal and stable concentration of Ca ++ is a prerequisite for life. Changed the level of Ca ++ in the blood can serve as a prediction of occurrence of diseases and trauma disorders of the cardiovascular system. Timely correction of mineral composition and trace elements is the most important means of preventing injuries and disorders of the heart in athletes under the conditions of use of intense training and competitive pressures. Athletes of high-end, subject to excessive exercise, often suffer from various diseases of bones and joints. With intensive physical exercises athletes sweat lost a lot of mineral salts. In addition, intense exercise leads to a shift in the acid-base balance of the body to the acid side. If the loss of minerals exceeds their entry into the body, there is a deficiency, decrease in bone mineral density and, as a consequence of fractures.

Key words: high-class athletes, densitometry, osteoporosis, calcium.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2015 р.