

Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет физической культуры»

Л. А. Лойко
Г. М. Броницкая
Е. Б. Комар

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОСТНОЙ СИСТЕМЫ У СПОРТСМЕНОВ

Учебное наглядное пособие
для управляемой самостоятельной работы студентов

Минск
БГУФК
2021

Рецензенты:

заведующий кафедрой физиологии и биохимии учреждения образования
«Белорусский государственный университет физической культуры»,
кандидат биологических наук, доцент *И. Н. Рубчяня*;

доцент кафедры анатомии учреждения образования
«Белорусский государственный университет физической культуры»,
кандидат медицинских наук, доцент *О. Б. Баишлак*

Лойко, Л. А.

Морфологические изменения костной системы у спортсменов: учеб. нагляд. пособие для управляемой самостоятельной работы студентов / Л. А. Лойко, Г. М. Брновицкая, Е. Б. Комар. – Минск : БГУФК, 2021. – 16 с. : ил.

В предлагаемом учебном наглядном пособии в доступной форме изложены морфологические изменения костной системы у спортсменов различных видов спорта.

Пособие содержит вопросы для контроля знаний по данной теме.

Издание предназначено для обучающихся учреждений высшего и среднего специального образования при самостоятельном изучении программного материала, а также для всех интересующихся данной темой учебной дисциплины «Анатомия».

© Лойко Л. А., Брновицкая Г. М., Комар Е. Б., 2021

© Оформление. Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры», 2021

ВВЕДЕНИЕ

Под влиянием занятий спортом во всех системах организма человека, в том числе и в костной, происходят прогрессивные морфологические изменения, которые обеспечивают приспособляемость (адаптацию) организма спортсменов к высоким тренировочным и соревновательным нагрузкам. Изменения в одном органе, возникшие под влиянием занятий спортом, влекут за собой согласованную морфологическую перестройку во всех других органах и системах организма. Эта взаимообусловленность морфологических изменений в организме спортсменов отражает сущность биологического приспособления к физическим нагрузкам.

Понимание процессов, происходящих в костной системе у спортсменов, дает возможность тренерам и учителям физической культуры не только судить о вопросах и способах формообразования скелета, но и подойти к вопросам управления этими процессами с целью гармоничного развития организма человека и для достижения высоких спортивных результатов. Для практики спорта и, в частности, для спортивного отбора значительный интерес представляет и изучение пропорций тела, его тотальных и парциальных размеров, обусловливаемых степенью развития костной системы.

Таким образом, изучение морфологических изменений, происходящих в костной системе под влиянием занятий спортом, имеет не только теоретическое, но и практическое значение.

Костная система относится к **системе исполнения движений**.

Скелет верхних и нижних конечностей тела человека образуют длинные трубчатые кости. Они имеют вид трубки. Центральная часть трубчатой кости – диафиз – состоит из компактного вещества и содержит внутри костно-мозговую полость с желтым костным мозгом. Расширенные концы – эпифизы (проксимальный и дистальный) – покрыты тонким слоем компактного вещества, внутри от которого находится губчатое вещество, состоящее из костных перекладин, напоминающих губку (рисунок 1). Между перекладинами губчатого вещества находится красный костный мозг, выполняющий кроветворную функцию.

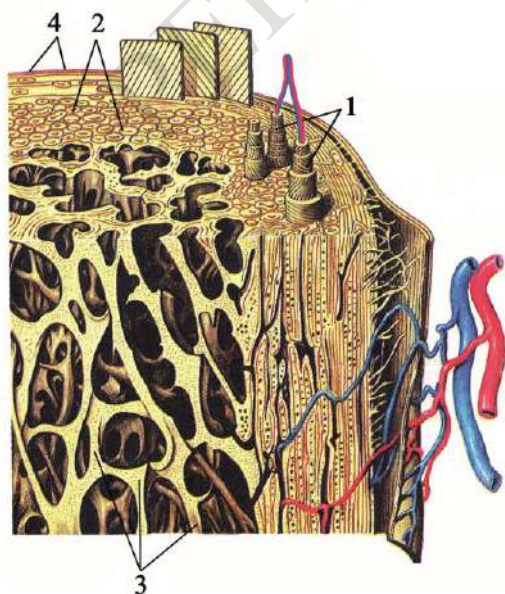


Рисунок 1. Строение трубчатой кости:

- 1 – остеоны с сосудами;
- 2 – компактное вещество;
- 3 – перекладки губчатого вещества;
- 4 – надкостница.

Кость снаружи покрыта надкостницей (кроме суставных поверхностей), которая выполняет защитную, трофическую и костеобразующую функцию. Рост костей в толщину обеспечивается надкостницей на протяжении всей жизни (рисунок 2).

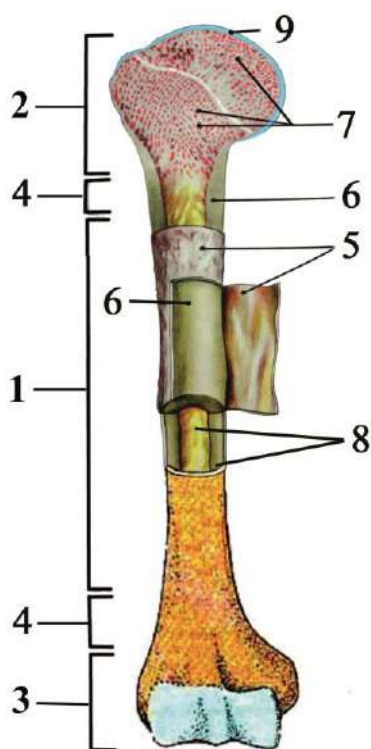


Рисунок 2. Длинная трубчатая (плечевая) кость:

- 1 – диафиз;
- 2 – проксимальный эпифиз;
- 3 – дистальный эпифиз;
- 4 – метафизы;
- 5 – надкостница с сосудами;
- 6 – компактное вещество;
- 7 – губчатое вещество с красным костным мозгом;
- 8 – костномозговая полость с желтым костным мозгом;
- 9 – суставной хрящ.

Рост костей в длину происходит за счет эпифизарного хряща (между диафизом и эпифизом) и заканчивается примерно к 19–21 годам у девушек и 23–25 годам у юношей.

П.Ф. Лесгафт писал, что «кости развиваются тем сильнее во всех своих размерах, чем больше деятельность окружающих их мышц; при меньшей деятельности со стороны этих органов они становятся тоньше, длиннее, уже и слабее». В местах прикрепления к костям сухожилий мышц образуются бугры, бугристости и шероховатости. Костная ткань перестраивается в зависимости от двигательной активности (интенсивности труда, характера физической нагрузки и т. п.). Под влиянием систематических физических упражнений наступает **рабочая гипертрофия костей** как приспособительное благоприятное влияние.

Методы исследования костной ткани

В настоящее время существует множество разнообразных методов исследования костной ткани человека. В основу каждого метода входит целый ряд физических явлений, определяющих те или иные показатели.

Инструментальные методы

Рентгенографический метод дает возможность прижизненного изучения изменений формы, величины, внутреннего строения костей в процессе занятий спортом. Этот метод широко применялся при исследованиях костной системы В.Н. Тонковым, П.Ф. Лесгафтом, М.Ф. Иваницким, А.И. Кураченковым, М.Г. Привесом и др. Рентгеновские лучи используются и в методе компьютерной томографии, которая дает послойное и более детальное представление о строении костной ткани.

Ультразвуковой метод (УЗИ) позволяет исследовать способность костей приспосабливаться к нагрузкам. Установлено, что под влиянием внешних нагрузок меняются структура, форма и химический состав кости. Исследование костной структуры с помощью УЗИ невозможно. Однако, ультразвуковой метод может использоваться для оценки состояния поверхности кости.

Денситометрия (остеоденситометрия, костная денситометрия) – диагностический метод, с помощью которого определяют плотность костной ткани и степень минеральной насыщенности костей. Измерения можно проводить двумя способами – с применением рентгеновских лучей и ультразвука. Полученные результаты обрабатываются компьютерной программой в соответствии с возрастными нормами и половой принадлежностью.

Рентгенологическая денситометрия – просвечивание костей скелета рентгеновскими лучами. Этим способом обследуются кости пояснично-крестцового отдела позвоночника и тазобедренного сустава. Именно в этих областях чаще всего случаются травмы. Можно также провести исследование костей плеча, предплечья, бедра или всего скелета.

Ультразвуковая денситометрия – в основе метода лежит измерение скорости распространения ультразвука по костной ткани. Чем выше скорость поглощения, тем плотнее структура кости. Этот способ на сегодняшний день является единственным исследованием, не несущим лучевую нагрузку.

Антропометрический метод позволяет количественно определить тотальные и парциальные размеры костей, а также их изменения в процессе занятий спортом. Например, измерением диаметров дистальных концов плеча, предплечья, бедра и голени определяется абсолютное и относительное количество костного компонента массы тела. Для этого метода используется скользящий циркуль.

Абсолютная масса костной ткани в компонентном составе массы тела определяется по формуле:

$$O = Lo^2k ,$$

где O – абсолютная масса костной ткани, кг; L – длина тела, см; o – средняя величина диаметров дистальных эпифизов плеча, предплечья, бедра и голени; k – коэффициент, равный 1,2.

С целью сопоставления развития костного компонента у лиц, имеющих разные показатели массы тела, принято, наряду с абсолютными величинами, определять и относительные, которые вычисляются в процентах от массы тела. Для этого абсолютная величина исследуемого компонента массы тела делится на массу тела и умножается на 100.

Экспериментальные методы исследования тонкого строения костной ткани

Метод меченых атомов позволяет определить степень воздействия нагрузки на кости скелета, выражающуюся в изменении количества и локализации минеральных веществ в костной ткани. Этот метод был впервые применен М.Г. Привесом в эксперименте на животных. Было показано, что кости скелета, расположенные ближе к площади опоры, испытывают большую нагрузку, следовательно, подвергаются большей перестройке.

Благодаря этому методу установлено, что ежедневно в организме человека обменивается от 10 до 20 % минеральных веществ костной ткани; в течение 50 дней обменивается 29 % фосфора эпифизов бедренной и большой берцовой костей, почти половина минеральных веществ в лопатке.

Люминесцентный метод позволяет выявить изменения в аппозиционном росте костей под влиянием повышенной функции мышц. При люминесцентном методе животному вводят специальное вещество, которое откладывается в костях и флюоресцирует в ультрафиолетовом свете. По интенсивности желтого свечения можно судить об изменении поверхностного роста костей.

Экспериментальные методы, проведенные на животных, находят свое применение при изучении особенностей костной системы спортсменов.

Методы исследования физико-механических свойств костей

Методы исследования физико-механических свойств костей заключаются в изучении прочности, упругости и эластичности костной ткани. Этими методами установлено, что предел прочности плечевой кости составляет 242 кг/см². Бедренная кость в вертикальном положении выдерживает давление в 1,5 тонны, а большеберцовая – до 1,8 тонн.

Методы микроскопического исследования

Гистологический и **электронномикроскопический** методы с использованием светового и электронного микроскопов дают возможность изучать тонкое строение и перестройку костной ткани.

Характеристика рабочей гипертрофии костной системы спортсменов

Под влиянием систематических физических нагрузок у спортсменов развивается **рабочая гипертрофия**.

Причинами возникновения рабочей гипертрофии являются:

1. Усиленная мышечная деятельность. Установлено, что механические нагрузки больше действуют на ширину и толщину костей, чем на длину. Продольные размеры костей (длина) передаются по наследству (генетическая детерминированность).

2. Характерное положение тела спортсмена.
3. Преимущественное действие на скелет сил давления или растяжения.

Механизм возникновения рабочей гипертрофии заключается в том, что усиленная мышечная деятельность вызывает расширение кровеносных сосудов, открытие резервных капилляров, а это, в свою очередь, приводит к улучшению трофики (питания) мышц и костей в целом.

Морфологические изменения костной системы у спортсменов

Морфологические изменения костной системы у спортсменов под влиянием физических нагрузок носят характер адапционных (приспособительных). Происходят они на всех уровнях строения костной системы: молекулярном, субклеточном, клеточном, тканевом, органном и системном.

На *молекулярном уровне* в костной ткани констатируется повышенный синтез белков, мукополисахаридов, ферментов и других органических веществ, усиливается отложение неорганических веществ, обеспечивающих высокую степень прочности костной ткани. Степень увеличения мукополисахаридов в костной ткани находится в прямой зависимости от интенсивности нагрузки: чем она интенсивнее, тем большее количество мукополисахаридов определяется в костях.

На *субклеточном уровне* происходит увеличение количества рибосом, митохондрий, цитоплазматической сети, т. е. активизируются все компоненты клетки.

На *клеточном уровне* отмечается увеличение количества остеоцитов, изменяется количественный и качественный состав остеобластов и остеокластов.

На *тканевом уровне* увеличивается количество остеонов за счет образования новых, которые являются зрелыми дифференцированными структурами, обладающими достаточным запасом прочности. Вместе с этим происходит разрушение старых остеонов и образование большого количества новых костных пластин, значительно более упругих. Изменяется солевой состав основного вещества.

На *органном уровне* адаптационные изменения проявляются в виде изменений химического состава, формы и размеров костей, компонентов кости как органа – надкостницы, компактного и губчатого вещества, костномозговой полости.

Изменения химического состава костей под влиянием нагрузок несколько сдвигаются в сторону увеличения содержания неорганических веществ (кальция, фосфора).

На *системном уровне* морфологические изменения носят характер локальных (в наиболее нагружаемых отделах скелета) и тотальных (во всем скелете).

Рассматривая костную систему на уровне *целостного организма*, можно констатировать, что все адаптационные морфологические изменения костей у спортсменов протекают как благоприятные, прогрессивные и носят характер **рабочей гипертрофии**. Рентгенологически рабочая гипертрофия костей юных спортсменов отмечается через 6–7 месяцев после начала тренировок, а у спортсменов среднего и старшего возраста через 1–1,5 года.

Адаптационные изменения костной системы под влиянием физических нагрузок в различных видах спорта

Изменения формы и размеров костей. Форма и размеры костей скелета значительно меняются в связи с повышенной мышечной деятельностью. В местах прикрепления сухожилий мышц образуются гребни, бугры, шероховатости. Они тем больше, чем сильнее развиты мышцы.

Так, например, у штангистов сильно меняются форма лопатки и ключицы. Ключица утолщается, латеральный край лопатки также становится толще.

У пловцов в связи с гипертрофией дельтовидной мышцы увеличивается диафиз плечевой кости, хирургическая шейка сглаживается; наблюдается удлинение кисти за счет пясти.

У гребцов на байдарке становится слабо выраженной шейка лучевой кости в результате увеличения бугристости, куда прикрепляется двуглавая мышца плеча.

У боксеров и штангистов может изменяться даже изгиб диафиза лучевой кости.

У гимнастов увеличивается головка лучевой кости; кости запястья характеризуются угловатой формой, особенно отличаются размерами и своеобразными очертаниями трапециевидная, головчатая и ладьевидная кости. Также у гимнастов отмечается удлинение пястных костей: суммарное их удлинение на 1 см приводит к увеличению физиологического поперечника межкостных мышц (одних из основных сгибателей пальцев кисти) на 2 см² и приросту силы на 20 кг (для двух рук – 40 кг). Это имеет огромное функциональное значение при выполнении сложнейших гимнастических упражнений.

У занимающихся художественной гимнастикой, фехтованием и метанием молота ладьевидная и полулунная кости приобретают округлую форму.

У легкоатлетов, спортсменов игровых видов спорта, гимнастов, лыжников и прыгунов в воду в области таза отмечаются значительные изменения формы вертлужной впадины.

У метателей диска утолщается дистальная часть диафиза бедренной кости.

У бегунов наблюдается утолщение большеберцовой кости в области ее бугристости и малоберцовой кости – в области ее головки.

У хоккеистов и борцов увеличивается ширина проксимальных эпифизов костей голени.

Значительные изменения претерпевают позвонки, форма которых может стать клиновидной, что заметно на рентгенограммах. Клиновидная форма с клином, суживающимся кпереди, – у штангистов, гребцов и велосипедистов, а с клином, суживающимся кзади, – у борцов, применяющих сложные приемы в партере с мостом.

Изменения надкостницы. Надкостница костей при систематических физических нагрузках сильно утолщается вследствие повышенной функции ее внутреннего (камбиального, или костеобразующего) слоя. В надкостнице увеличивается количество сосудов. Утолщение надкостницы отмечается больше при статических нагрузках, чем при динамических.

Изменения компактного вещества. Компактное вещество костей у спортсменов, как правило, утолщается. Утолщение компактного вещества может быть *симметричным* и *асимметричным*.

Симметричное утолщение компактного слоя на костях конечностей отмечается у пловцов, бегунов, штангистов, конькобежцев и футболистов. В таких же видах спорта, как теннис и метания, в которых верхние конечности человека подвергаются неодинаковым нагрузкам, наблюдаются *асимметричные изменения* толщины компактного слоя костей рабочей конечности. У стрелков из винтовки наблюдаются изменения в костях предплечья, а у стрелков из пистолета компактный слой утолщается во всех звеньях рабочей руки.

У фехтовальщиков рабочая гипертрофия, как и у метателей, наблюдается преимущественно на верхней рабочей конечности – в области плечевой кости и первой пястной кости, а на нижней конечности в области бугра пяточной кости (в связи с выпадами и ударами пяткой об опорную поверхность).

Асимметричные изменения компактного слоя кости отмечаются также у боксеров. Наибольшему воздействию подвергается кисть, особенно головки II и III пястных костей.

У легкоатлетов-прыгунов происходит перестройка компактного вещества в костях преимущественно на толчковой ноге. Поперечный размер диафиза бедренной кости толчковой ноги превышает соответствующий размер бедренной кости другой ноги на 1–5 мм.

У велосипедистов наблюдается равномерное увеличение компактного слоя по всей длине диафиза бедренной кости. На костях же голени компактный слой гипертрофирован неравномерно, распределение его зависит от вида велогонок (трек, шоссе и др.).

Изменения губчатого вещества. В губчатом веществе костей под влиянием больших спортивных нагрузок происходит увеличение его ячеек и толщины перекладин, что обеспечивает прочность и легкость костей.

Перекладины губчатого вещества находятся соответственно функциональным нагрузкам по линиям наибольшего растяжения или сжатия (рисунок 3). По строению губчатого вещества на рентгенограммах некоторых костей можно определить специализацию спортсменов.

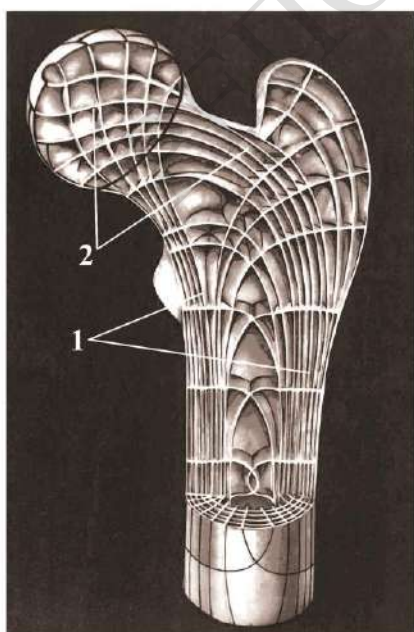


Рисунок 3. Схема расположения костных перекладин (трабекул) в губчатом веществе проксимального эпифиза бедренной кости:

- 1 – линии сжатия;
- 2 – линии растяжения.

Так, у штангистов ячейки губчатого вещества эпифизов костей кисти становятся почти квадратными или округлыми, на стопе же мощные костные пластинки располагаются по длиннику костей и имеют едва заметные перпендикулярно идущие перекладины. Крупноячеистая структура губчатого вещества отмечена в костях гимнастов, борцов, тяжелоатлетов и велосипедистов.

Изменения костномозговой полости. Костномозговая полость в костях спортсменов в связи с утолщением компактного слоя уменьшается. На рентгенограммах она иногда имеет вид узкой щели между двумя теньями сильно развитого компактного вещества.

При прекращении физических нагрузок морфологические изменения в скелете типа рабочей гипертрофии, появившиеся в течение активных занятий спортом, держатся очень долго, сохраняясь и в пожилом возрасте, даже после прекращения спортивной деятельности.

Возникновение возрастного остеопороза (разрежение костной ткани) у спортсменов среднего и пожилого возраста замедляется.

Таким образом, наблюдаемые изменения в костной системе у спортсменов отражают ту морфофункциональную перестройку, которая обусловлена прогрессивными сдвигами в организации опорно-двигательного аппарата под влиянием специфической спортивной деятельности.

Влияние статических и динамических нагрузок на костную систему спортсменов

Нагрузки статического и динамического характера оказывают различное влияние на костную систему. Рост костей непосредственно связан с окостенением (синоостозированием) в области эпифизарных хрящей. Под влиянием нагрузок *динамического характера* отмечается стимуляция продольного роста костей. Нагрузки *статического характера*, наоборот, вызывают некоторое укорочение костей.

Ростовая зона, как правило, не реагирует ни на увеличение, ни на уменьшение статической нагрузки, а при определенной дозировке динамической нагрузки размеры сегментов конечностей увеличиваются.

У юных спортсменов, занимающихся легкой атлетикой (бег, прыжки, метание), тяжелой атлетикой, боксом, футболом, теннисом, фехтованием и конькобежным спортом, не отмечается изменений в процессах созревания скелета и росте костей в длину. У акробатов, пловцов, гребцов и метателей диска наблюдается замедление синоостозирования в дистальном отделе костей предплечья.

Формы адаптации костей к физическим нагрузкам

Различают рациональную и иррациональную (нерациональную) формы адаптации трубчатых костей к физическим нагрузкам (рисунок 4).



Рисунок 4. Схема адаптации кости к физическим нагрузкам

При *рациональной форме* в костях увеличиваются поперечные размеры при сохранении широкой костномозговой полости. Продолжается рост кости в длину, прочность кости увеличивается.

Нерациональная форма характеризуется утолщением компактного слоя со стороны костномозговой полости, что приводит к ее сужению. Наблюдается раннее прекращение роста кости в длину, кость менее прочна, чем при рациональной форме.

Следует отметить, что разнообразие функций скелета (механических и биологических), удивительная его легкость, прочность и надежность давно привлекали внимание исследователей.

Под влиянием занятий спортом в скелете, помимо прогрессивных изменений, увеличивающих его прочность и надежность, могут появляться предпатологические и патологические изменения в виде костных выступов (остеофитов), деформирующего артроза, в отдельных суставах остеопороза и др., характеризующие состояние перетренированности организма. Зная о подобных изменениях скелета, тренеры могут избежать их, корректируя соответствующим образом тренировочные нагрузки. В условиях всевозрастающих нагрузок (как тренировочных, так и соревновательных) наблюдения за состоянием костной системы спортсмена становятся необходимыми, особенно в свете оздоровительных задач современной физической культуры и спорта.

Вопросы и задания для контроля знаний

1. Расставьте на рисунке нумерацию соответственно приведенным подписям:

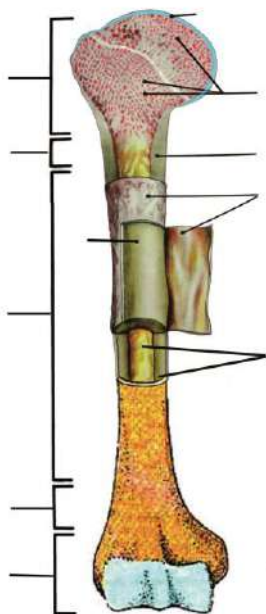


Рисунок. Длинная трубчатая (плечевая) кость:

- 1 – диафиз;
- 2 – проксимальный эпифиз;
- 3 – дистальный эпифиз;
- 4 – метафизы;
- 5 – надкостница с сосудами;
- 6 – компактное вещество;
- 7 – губчатое вещество с красным костным мозгом;
- 8 – костномозговая полость с желтым костным мозгом;
- 9 – суставной хрящ.

2. За счет чего и до какого возраста кость растет в длину?

3. За счет чего и до какого возраста кость растет в толщину?

4. Отметьте методы исследования костной системы:

- 1) рентгенографический;
- 2) микроскопический;
- 3) антропометрический;
- 4) метод аускультации;
- 5) метод перкуссии;
- 6) метод биопсии.

5. Выберите метод, позволяющий определить величину костного компонента массы тела:

- 1) антропометрический;
- 2) рентгенографический;
- 3) экспериментальный.

6. Напишите формулу определения абсолютной массы костной ткани.

7. Отметьте методы, позволяющие изучить тонкое строение костной ткани:

- 1) метод меченых атомов;
- 2) гистологический;
- 3) электронно-микроскопический.

8. Укажите метод, позволяющий определить степень минеральной насыщенности костей:

- 1) денситометрический;
- 2) рентгенографический;
- 3) люминесцентный.

9. Назовите термин, определяющий адаптационные морфологические изменения костей у спортсменов:

- 1) атрофия;
- 2) рабочая гипертрофия;
- 3) окостенение.

10. Перечислите уровни строения костной системы, на которых происходят адаптационные изменения у спортсменов:

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____
- 5) _____
- 6) _____

11. Клетки, количество которых увеличивается в костной ткани при систематических физических нагрузках:

- 1) остециты, остеобласты, остеокласты;
- 2) фиброциты, фибробласты;
- 3) хондроциты, хондробласты.

12. Укажите, что происходит с надкостницей при систематических физических нагрузках:

- 1) истончение;
- 2) утолщение;
- 3) не изменяется.

13. Нагрузки динамического характера стимулируют _____ рост костей.

14. Нагрузки статического характера вызывают _____ костей.

15. Перечислите формы адаптации трубчатых костей к физическим нагрузкам:

1) _____

2) _____

16. Через какой период занятий спортом у юных спортсменов отмечается возникновение рабочей гипертрофии? _____

17. Рабочая гипертрофия спортсменов среднего и старшего возраста отмечается через _____

РЕПОЗИТОРИЙ БГУФК

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анатомия с основами спортивной морфологии : учеб. пособие / П. И. Кривошапкин [и др.] ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Сев.-Вост. федеральный ун-т им. М. К. Аммосова, Ин-т физ. культуры и спорта. – Якутск : СВФУ, 2019. – 149 с.
2. Брновицкая, Г. М. Анатомия человека : учеб. : в 2 ч. / Г. М. Брновицкая, Л. А. Лойко. – 4-е изд. – Минск : ИВЦ Минфина, 2020. – Ч. 1 : Остеология, артросиндесмология и миология. – 374 с.
3. Дорохов, Р. Н. Спортивная морфология : учеб. пособие для студентов вузов физ. культуры / Р. Н. Дорохов, В. П. Губа. – М. : СпортАкадемПресс, 2002. – 256 с.
4. Иваницкий, М. Ф. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии) : учеб. для вузов физ. культуры / М. Ф. Иваницкий ; под ред. Б. А. Никитюка, А. А. Гладышевой, Ф. В. Судзиловского. – 13-е изд. – М. : Спорт, 2016. – 624 с.
5. Козлов, В. И. Основы спортивной морфологии / В. И. Козлов, А. А. Гладышева. – М. : Физкультура и спорт, 1977. – 103 с.
6. Мартиросов, Э. Г. Методы исследования в спортивной антропологии / Э. Г. Мартиросов. – М. : Физкультура и спорт, 1982. – 199 с.
7. Никитюк, Б. А. Адаптация скелета спортсменов / Б. А. Никитюк, Б. И. Коган. – Киев : Здоров'я, 1989. – 126 с.
8. Никитюк, Б. А. Анатомия и спортивная морфология (практикум) : учеб. пособие для ин-в физ. культуры / Б. А. Никитюк, А. А. Гладышева. – М. : Физкультура и спорт, 1989. – 176 с.
9. Никитюк, Б. А. Морфология человека / Б. А. Никитюк, В. П. Чтецов. – М. : МГУ, 1990. – 56 с.
10. Спортивная морфология : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Г. Д. Алексанянц [и др.]. – М. : Советский спорт, 2005. – 92 с.
11. Тристан, В. Г. Спортивная антропология и морфология : учеб. пособие / В. Г. Тристан, Ю. Н. Глухих. – Омск : СибГАФК, 2000. – 112 с.

Учебное издание

Лойко Лилия Адамовна
Броновицкая Галина Михайловна
Комар Елена Брониславовна

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОСТНОЙ СИСТЕМЫ У СПОРТСМЕНОВ

Учебное наглядное пособие
для управляемой самостоятельной работы студентов

Ответственный за выпуск *Г. М. Броновицкая*

Подписано в печать 15.10.2021. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Ризография.
Усл.-печ. л. 0,87. Уч.-изд. л. 0,71. Тираж 305 экз. Заказ 473.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет физической культуры».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/153 от 24.01.2014.
Пр. Победителей, 105, 220020, Минск.