УДК 616.72-008.1
https://doi.org/10.32885/2220-0975-2018-3-4-107-118
© Ю. П. Потехина, А. А. Курникова, Д. Р. Даутов, А. Д. Постникова, К. Е. Новгородский, 2018

Факторы, влияющие на подвижность суставов

Ю. П. Потехина, профессор, докт. мед. наук, профессор кафедры нормальной физиологии им. Н. Ю. Беленкова; Scopus Author ID: 55318321700; ORCID ID: 0000-0001-8674-5633
А. А. Курникова, канд. мед. наук, доцент кафедры нормальной анатомии; ORCID ID: 0000-0002-4317-6247
Д. Р. Даутов, студент лечебного факультета; ORCID ID: 0000-0003-2428-2375
А. Д. Постникова, студент лечебного факультета
К. Е. Новгородский, студент лечебного факультета

Приволжский исследовательский медицинский университет.
603005, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1

Целью обзора была систематизация основных факторов, влияющих на подвижность суставов, которые можно подразделить на анатомические и функциональные, нормальные и патологические. Различные анатомические элементы сустава и околосуставных тканей служат ограничителями и тормозами движения в суставе. Основным тормозом являются мышцы. Под влиянием физических нагрузок профессионального и спортивного характера в суставах могут происходить функциональные и структурные перестройки, увеличивающие или уменьшающие их подвижность. С возрастом подвижность в суставах уменьшается и могут развиваться дегенеративные заболевания. Факторы риска остеоартроза могут быть неизменяемые (пол, возраст, наследственность, травмы в анамнезе) и изменяемые (масса тела, уровень физической активности). Влияя на изменяемые факторы, можно проводить профилактику и лечение дегенеративных поражений суставов.
Ключевые слова: *сустав, подвижность сустава, гониометрия, объем движений, остеоартроз, спорт, травма*

UDC 616.72-008.1
© Yu. Potekhina, A. Kurnikova, D. Dautov, A. Postnikova, K. Novgorodskij, 2018

Factors affecting joint mobility

Yu. P. Potekhina, professor, M. D., Ph. D., D. Sc., professor of the N.Yu. Belenkov Normal Physiology Department; Scopus Author ID: 55318321700; ORCID ID: 0000-0001-8674-5633
A. A. Kurnikova, M. D., Ph. D., Associate Professor of Normal Anatomy Department; ORCID ID: 0000-0002-4317-6247
D. R. Dautov, student of the medical faculty; ORCID ID: 0000-0003-2428-2375
A. D. Postnikova, student of the medical faculty
K. E. Novgorodskij, student of the medical faculty

Privolzhsky Research Medical University. 10/1, pl. Minin i Pozharsky, Nizhny Novgorod 603005

The review aims to systematize the main factors affecting the joint mobility. These factors can be divided into anatomical and functional, normal and pathological. Various anatomical elements of the joint and periarticular tissues serve as restraints of movement in the joint. Muscles are the main restraints. Under the influence of physical loads related to sports or profession, joints can undergo functional and structural changes that increase or decrease their mobility. With age, mobility in the joints decreases and degenerative diseases can develop. Risk factors for osteoarthrosis can be unchangeable (gender, age, heredity, history of trauma) and changeable (body weight, level of physical activity). By influencing changeable factors, it is possible to prevent and treat degenerative joint lesions.
Key words: *joint, joint mobility, goniometry, range of movements, osteoarthrosis, sports, trauma*

Введение

Состояние суставов определяет эффективность двигательной активности человека. Для передвижения в пространстве и для выполнения различных действий, в том числе для профессио-

нальной деятельности, человеку необходима достаточная подвижность суставов. Это важнейшее их свойство ухудшается с возрастом, что вызывает необходимость разработки профилактических мер. Недостаточная подвижность в суставах ограничивает уровень проявления силы, отрицательно влияет на скоростные и координационные возможности, снижает экономичность работы и часто является причиной вторичного повреждения опорного-двигательного аппарата.

Подвижность суставов вместе с их надежностью особенно важна для спортсменов. Для каждого вида спорта необходима повышенная подвижность определенных суставов, на основе измерения которой следует проводить отбор детей в спортивные секции. Актуальной задачей для спорта является разработка и подбор специальных упражнений для развития подвижности суставов, а также для профилактики их травм. Чрезвычайно возросший за последнее время уровень спортивных достижений предъявляет повышенные требования к опорно-двигательному аппарату. Травма любого сустава надолго выбивает спортсмена из тренировочного и соревновательного процессов и даже может привести к досрочному завершению спортивной карьеры.

В настоящее время заболевания опорно-двигательного аппарата занимают ведущее место по распространенности, с течением времени их число неуклонно растет. Ввиду того, что эти заболевания непосредственно не приводят к летальному исходу, а также зачастую люди не обращаются за помощью к специалистам, практически невозможно вести точную статистику заболеваемости, но, тем не менее, даже имеющиеся цифры являются огромными. Заболевания суставов являются источником хронической боли, основной причиной инвалидизации и одной из причин преждевременной смерти. Следовательно, измерение подвижности суставов и исследование различных факторов, влияющих на ее показатели, является актуальной задачей функциональной анатомии, физиологии, биомеханики, спортивной медицины, травматологии, ревматологии, остеопатии и кинезиологии.

Основные показатели подвижности суставов и методы их измерения

Подвижность (мобильность) суставов характеризуется объемом движений и может быть оценена по следующим показателям [1, 2]:

- объем активного движения — угол между осью нормально расположенного сегмента конечности и его положением либо угол между двумя сегментами конечности при активном движении;
- объем пассивного движения — угол между осью нормально расположенного сегмента конечности и его положением либо угол между двумя сегментами конечности при пассивном движении, когда обследующий или сам обследуемый нажимает на сегмент конечности (обычно больше, чем при активных движениях); прямой зависимости между активной и пассивной подвижностью не существует [3];
- предельный объем активного движения — измерение угла (см. выше) при активном движении до достижения болевого порога;
- предельный объем пассивного движения — измерение угла при пассивном движении до достижения болевого порога;
- размах (диапазон) движений — измерение угла между крайними положениями сегмента конечности при активных или пассивных противоположных движениях (сгибание–разгибание, приведение–отведение и т. п.).

Основным методом измерения этих показателей является гониометрия с помощью гониометров (угломеров) различной сложности и точности — от простейших механических до электронных. Гониометрия давно и успешно используется в различных отраслях медицинской науки и практической медицины [4, 5].

Углы можно измерять не только у обследуемого в кабинете врача, но и на фотографиях или видеозаписях различных движений, особенно у спортсменов [6]. Одним из проверенных методов яв-

ляется фотографическая гониометрия, но процедура обычно сложна: изображение должно быть загружено с камеры на компьютер, а затем отредактировано с помощью специального программного обеспечения [7]. Этот недостаток может быть преодолен новым поколением мобильных телефонов (смартфонов), которые имеют компьютерную функциональность и встроенную цифровую камеру. G. Ferriero и соавт. оценили надежность приложения DrGoniometer (DrG) на базе смартфона, разработанного для фотографической гониометрии, и сделали вывод, что DrG будет надежным методом для измерения угла сгибания колена. Это приложение mHealth может быть альтернативным/дополнительным методом гониометрии, проще в использовании, чем другие приложения [8].

Таким образом, за многие годы использования гониометрия суставов зарекомендовала себя информативным и надежным методом исследования. Этот простой метод можно использовать для доказательства эффективности остеопатической коррекции.

Анатомо-физиологические факторы, влияющие на подвижность суставов

Огромный вклад в синдесмологию (науку о суставах) внес российский ученый П. Ф. Лесгафт (1837–1909) — родоначальник функциональной анатомии и физической культуры в нашей стране. Он установил, что амплитуда движений в суставах зависит от разницы величин суставных поверхностей сочленяющихся костей. Костные выступы являются ограничителями для движений в суставах. По его мнению, связки могут служить главным образом для удержания отдельных частей сустава в определенном положении. В живом организме они не могут оказывать большого сопротивления и вряд ли могут служить тормозами. Основными же тормозами служат мышцы. Чем сильнее развиты мышцы-антагонисты, тем меньше подвижность сустава.

Девизом П. Ф. Лесгафта было выражение: «Движение — жизнь, покой — смерть». Все органы, деятельность которых поддерживается упражнением, совершенствуются. Эта закономерность напрямую касается суставов. Он писал: «...Пока существует полное равновесие или гармония в мышцах, окружающих сустав, до тех пор и мышечная сила является правильным и положительным деятелем. Если же эта гармония нарушается ..., отчего в том или другом месте сустава изменяются условия давления на капсулу или же влияние на нее мышечной силы совсем уничтожается и мышцы перестают напрягать соответствующие связки, то правильное движение становится невозможным, и капсула может подвергаться большему или меньшему растяжению. В таких случаях уже *apriori* мы должны ожидать изменений в соответствии суставных поверхностей, которые выразятся изменением суставных хрящей, а также утолщением сумки и накоплением синовии в суставе» [9]. Возможность изменений в суставах и костях при физических упражнениях Лесгафт связывал с улучшением их питания.

Активным продолжателем идей П. Ф. Лесгафта можно назвать основателя школы нижегородских морфологов А. П. Сорокина, который заведовал кафедрой нормальной анатомии человека Горьковского медицинского института с 1965 по 1987 г. Он создал новое направление — исследование морфофункциональных основ индивидуальной реакции организма на моделях двигательной нагрузки и гипокинезии. Базой этих исследований служил системный подход. Сотрудничество с учеными различных специальностей позволило профессору А. П. Сорокину найти факторы, формирующие ту или иную структуру и определяющие различные состояния онтогенетических реакций индивида, а также разработать модель дозирования двигательной активности [10, 11]. Длительная повышенная нагрузка или малоподвижность сустава могут привести к постепенной перестройке соединительнотканных структур, для которых механические раздражения являются специфическими [12].

Более поздние исследования Ф. Л. Доленко, ученика А. П. Сорокина, подтвердили, что подвижность суставов зависит от степени совершенства межмышечной координации, то есть от способности растягиваемых мышц к расслаблению, и, в свою очередь, мышц, осуществляющих движение, производить нормальное мышечное сокращение [2]. Ф. Л. Доленко изучал структурно-

функциональные особенности суставов у спортсменов. Анализ публикаций П. Ф. Лесгафта, А. П. Сорокина и Ф. Л. Доленко позволяет систематизировать структуры, обеспечивающие определенный объем движений в суставе (*рис. 1*).

Подвижность суставов у женщин больше, чем у мужчин. В статье С. Н. Деревцовой и соавт. представлены результаты обследования 1059 человек — 417 мужчин и 642 женщин. «Измерение объема активных движений в крупных суставах верхней и нижней конечностей осуществляли гониометром. Выявлены половые, возрастные и конституциональные различия по объему производимых движений в крупных суставах конечностей. Женщины II периода зрелого возраста в сравнение с мужчинами аналогичного возраста демонстрировали наибольший объем движений в лучезапястном, тазобедренном и голеностопном суставах. У лиц пожилого возраста обоего пола регистрировался дефицит по объему выполняемых движений во всех суставах. Однако пожилые женщины в отличие от мужчин производили с достоверно большей амплитудой движения в локтевом, лучезапястном, тазобедренном и голеностопном суставах. Наибольшую амплитуду движений демонстрировали мужчины и женщины зрелого возраста астенического соматотипа, среди лиц пожилого возраста — мужчины нормостенического соматотипа. Результаты исследования могут использоваться в качестве маркеров для выявления отклонений от нормы и предупреждения ряда заболеваний с учетом индивидуальных особенностей организма» [13]. Преобладание подвижности суставов у женщин может быть объяснено морфофункциональными особенностями соединительной ткани, в частности связочного аппарата, меньшей силой и большей растяжимостью скелетной мускулатуры, а также более высоким уровнем эстрогенов.

Подвижность суставов значительно меняется с возрастом. У детей суставы чрезвычайно подвижны. Практически для всех детей 3–4 лет и для большинства детей 5–7 лет характерна гипермобильность суставов, которая у девочек встречается на 20 % чаще, чем у мальчиков. Более гибкими являются дети, которые по сравнению со сверстниками меньше по росту и массе тела. Повышенная подвижность суставов является физиологической нормой для большинства дошкольников, в дальнейшем она уменьшается прямо пропорционально возрасту [14].

«После десяти лет подвижность в плечевом суставе снижается из-за формирования эпифиза плечевой кости. В среднем снижение составляет 3,8°. У лиц женского пола этого снижения не наблюдается. Аналогичные результаты отмечаются при отведении плечевого сустава. Показатели подвижности в плевом суставе у лиц различных возрастных групп, соматотипов и вариантов биологического развития показывают неравномерность их прироста. Выявлена функциональная

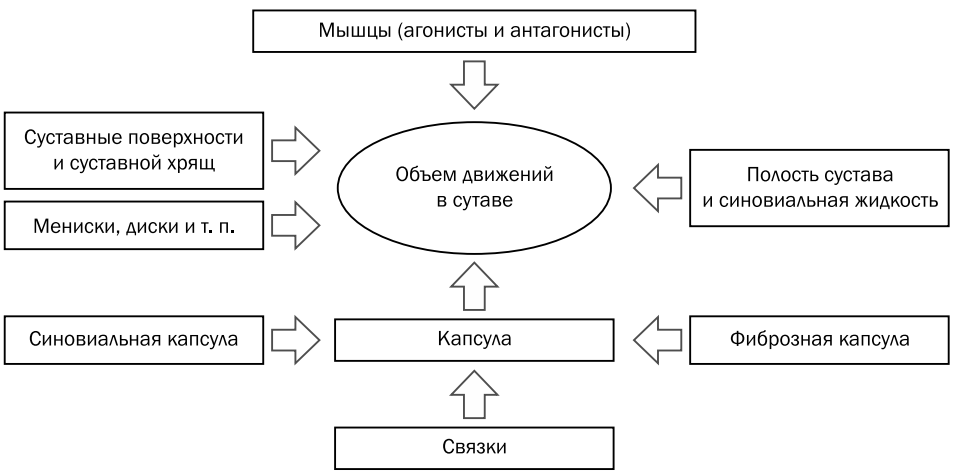

Рис. 1. Структуры, обеспечивающие объем движений в суставе

асимметрия в плечевом суставе. Максимальные изменения подвижности приходятся на период первого детства и конец подросткового возраста. Минимальные — характерны для периода второго детства» [15]. Подвижность тазобедренных суставов у мальчиков с 1-го по 6-й класс статистически значимо меньше, чем у девочек, и неуклонно снижается, у девочек же она остается практически неизменной. Специальное воздействие физическими упражнениями на подвижность в суставах должно быть согласовано с естественным ходом возрастного развития организма [16].

Не все суставы одинаково снижают свою подвижность с возрастом. В исследовании H. B. Medeiros и соавт. оценивали подвижность суставов с помощью Flexitest, и каждое движение было оценено от 0 до 4. Flexindex систематически уменьшался с возрастом ($p<0,001$), причем женщины-участники были более гибкими во всех возрастных группах ($p<0,001$) и имели более постепенное снижение — 0,6% против 0,8% в год ($p<0,001$). Начиная с 30 и 40 лет, соответственно для участников мужского и женского пола, относительный вклад каждого сустава в Flexindex резко изменился. В общем пропорционально плечо и туловище стали менее подвижными, в то время как подвижность локтя и колена сохранялась в большей степени. Авторы делают вывод, что возрастные потери подвижности сустава довольно специфичны и могут быть связаны с регулярным использованием определенных движений в крупных суставах [17].

Таким образом, на подвижность суставов влияют возраст, пол, соматотип. Подвижность снижается с возрастом, но неравномерно в различных суставах. У женщин подвижность суставов больше во всех возрастных группах. О влиянии физической активности и спортивных нагрузок на суставы стоит говорить отдельно.

Суставы и спорт

Исследования влияний спорта на подвижность суставов дают противоречивые результаты [18]. Дело в том, что суставы, состоящие из соединительной ткани, могут проявлять функциональную адаптацию и перестраивать свою структуру в соответствии с характером нагрузки. При определенных систематических упражнениях возможно как увеличение подвижности, так и ее уменьшение.

Многие исследователи проводили сравнительный анализ гониометрических показателей суставов конечностей у спортсменов-борцов разных стилей. Найденные различия отражают четко определенный вид спорта.

- Борцы имеют более высокую амплитуду движений в суставах запястья, что определяет надежный захват в бою [19, 20].
- У кикбоксеров большая амплитуда движений в локтевых (особенно сгибание справа) и плечевых суставах. Это позволяет достигнуть качественного и сильного удара. Увеличение абдукции в тазобедренном суставе и уменьшение сгибания в левом коленном суставе иллюстрируют специфику удара ногами, оптимизацию их техники у опытных спортсменов. Постоянство поддержания боевой стойки обусловливает уменьшение амплитуды приведения в правом лучезапястном суставе и отведения в левом плечевом суставе у опытных атлетов [21–23].
- Выявлена тенденция к повышению подвижности в тазобедренном суставе у самбистов, каратистов и дзюдоистов, борцов тхэквондо. Увеличение отведения правого тазобедренного сустава и уменьшение сгибания в левом коленном суставе иллюстрируют особенности нанесения ударов ногами [24–28].

Анализ амплитуды движений в суставах рук и ног подтверждает заключение о влиянии специфики вида спорта на гониометрические показатели. Чем выше спортивный опыт, тем больше рабочая асимметрия движений суставов.

Каждый вид спорта предъявляет повышенные требования к предельному размаху конкретных движений в определенных суставах. В то же время, разные виды спорта подвергают повышенным

нагрузкам разные суставы и могут быть причиной типичных травм и хронических поражений суставов. Анализ большого количества публикаций [2, 29–39] позволил нам составить сводную таблицу, показывающую влияние разных видов спорта на суставы (*таблица*). В таблице указаны наиболее характерные движения и частые повреждения.

Подвижности суставов у спортсменов характерны следующие особенности: если в каком-то суставе увеличено сгибание, то разгибание (то есть противоположное движение) будет уменьшено, а размах движений в этом суставе практически не будет отличаться от такового у людей, не занимающихся спортом [2].

Знания об увеличенных предельных объемах движений в определенных суставах для высоких достижений в том или ином виде спорта необходимы для отбора детей в спортивные секции. Далее подвижность суставов можно развивать с помощью специальных упражнений. У профессиональных спортсменов все элементы суставов могут подвергаться структурной перестройке. Обычно утолщаются связки и гипертрофируются мышцы. Например, годы тренировок в спортивном плавании приводят к снижению эластичности надостных мышц, утолщению их сухожилий [40].

Необходимо проводить профилактику острых травм и хронических повреждений суставов у спортсменов с помощью правильно спланированных тренировок. Тренировка выносливости мышц для укрепления и стабилизации суставов является важной составляющей в любой программе профилактики повреждений [41–43]. Боли и травмы чаще встречаются у спортсменов с несовершенной техникой. Профилактикой данных поражений является отработка корректной техники, отточенность движений, то есть выработка правильного двигательного стереотипа [44].

Требования разных видов спорта к подвижности суставов и типичные локализации повреждений

Сустав	Увеличенный предельный объем движений	Хроническое повреждение	Типичные травмы
Лучезапястный	Разгибание кисти — толкание ядра, армрестлинг. Сгибание и приведение – армрестлинг	—	Гимнастика, лёгкая атлетика
Локтевой	Пронация — баскетбол, метание диска. Сгибание — кикбоксинг	Теннис, гольф	Метание копья
Плечевой	Сгибание — тяжелая атлетика (рывок способом «разножка»), метание копья, волейбол, гандбол, прыжки в воду	Плавание	—
Тазобедренный	Сгибание — барьерный бег, гимнастика, прыжки в высоту, фехтование. Отведение — барьерный бег, гимнастика, дзюдо, каратэ, самбо. Разгибание — гимнастика, прыжки в высоту, прыжки с шестом, фехтование, тяжелая атлетика (рывок способом «ножницы»). Супинация — лыжный спорт (коньковый ход)	Лыжный спорт (коньковый ход), лёгкая атлетика, теннис	—
Коленный	Ротация — горнолыжный спорт (слалом). Наружная ротация голени — плавание брассом. Внутренняя ротация голени — плавание кролем и баттерфляем	Горнолыжный спорт, плавание брассом	Горнолыжный спорт, футбол, баскетбол, бадминтон
Голеностопный	Разгибание стопы — тяжелая атлетика (рывок способом «разножка»), прыжки на лыжах с трамплина, плавание брассом, бег на коньках, конный спорт. Сгибание стопы — плавание кролем. Отведение стопы — плавание брассом	Футбол	Плавание, спортивные игры (футбол, баскетбол, волейбол и пр.)

Факторы риска дегенеративных заболеваний суставов

Подвижность суставов резко снижается при дегенеративных заболеваниях. От остеоартрита/остеоартроза (в англоязычной литературе обычно используется первый термин, в русскоязычной — второй) различных суставов страдают более 10% взрослого населения, и более чем у 80% людей старше 60 лет он диагностируется [45]. ВОЗ предсказывает, что к 2020 г. остеоартроз (ОА) станет четвертой ведущей причиной инвалидизации населения. Нарушения опорно-двигательного аппарата начинаются уже в молодом возрасте, они составляют 15–42,5% всех отклонений в здоровье студентов. Подобные нарушения ограничивают профессиональный выбор и могут привести к инвалидности [46].

ОА можно рассматривать как дегенеративное заболевание сустава, связанное с нарушениями или биомеханическими повреждениями синовиальной мембраны, суставного хряща и субхондральной кости вследствие воспаления, предшествующей травмы и/или биомеханических нарушений [47]. В итоге, ОА характеризуется прогрессирующим повреждением суставного хряща. Со временем происходит прогрессивная утрата хряща, называемая хондропенией, которая приводит к уменьшению суставной щели, зачастую в области высокой нагрузки, например в верхней части суставной щели. Эрозия сустава с потерей хряща и уменьшением суставной щели происходит до обнажения субхондральной кости (суставной хрящ исчезает). Эрозия ведёт к увеличению биомеханической нагрузки на субхондральную кость, которая реагирует процессом, известным как эбурнеация [48] — состояние, при котором субхондральная кость подвергается склерозу и затвердеванию. Кроме того, изменения в субхондральной кости уменьшают способность к поглощению нагрузки, повышая риск травмы сустава и воспалительных изменений. Уменьшение подвижности сустава при ОА ведет к изменению нормальной подвижности конечности, повышает потребление энергии при движении, усиливает нестабильность суставов [49].

Распространенность ОА коленного и тазобедренного суставов выше у женщин [50, 51]. Показатели заболеваемости ОА коленного и тазобедренного суставов непрерывно увеличиваются с возрастом. У женщин риск ОА суставов рук достигает максимума в 60–64 года, а максимальная разница в заболеваемости между женщинами и мужчинами наблюдается в 50–55 лет, то есть в период менопаузы [52]. Было выявлено, что суставной хрящ имеет рецепторы для эстрогенов, и при снижении уровня этих гормонов в периоде постменопаузы наблюдают ухудшение его функционирования, увеличивается хрупкость [53].

Травма сустава, ожирение и профессиональная активность, связанная с повышенной нагрузкой на определенные суставы ног, являются факторами риска ОА коленного и тазобедренного суставов. У людей, перенёсших травму, в 5 раз вероятнее развитие ОА по сравнению с людьми без травм. Во многих случаях прежняя травма создаёт изменения суставной поверхности и биомеханические нарушения, которые приводят к аномальной нагрузке на сустав [54].

Повреждения голеностопного сустава являются наиболее частой травмой опорно-двигательного аппарата и составляют 12–24% всех повреждений костей. Травмы этой области встречаются у 60–70% лиц трудоспособного возраста. Посттравматический артроз голеностопного сустава развивается в 60% случаев [55]. Инвалидизация при данной патологии составляет 8,8–46% [56, 57]. Несмотря на достижения современной медицины, до 50% пациентов с повреждениями связок голеностопного сустава получают недостаточно эффективное лечение, что приводит к развитию хронической его нестабильности и быстрому развитию ОА [58].

В нескольких исследованиях высокий индекс массы тела (ИМТ≥30) и ожирение признаны факторами риска ОА тазобедренного сустава [54, 59]. Увеличение ИМТ на 5 единиц (например, с 32 до 37) связано с повышением риска ОА тазобедренного сустава на 11% [60]. Кроме механического влияния, ожирение связано с повышенным уровнем адипокинов [59], который способствует воспалению суставов.

На *рис. 2* показаны факторы риска развития дегенеративных заболеваний суставов. Особо следует остановиться на изменяемых факторах риска ОА, уменьшение или ликвидация которых

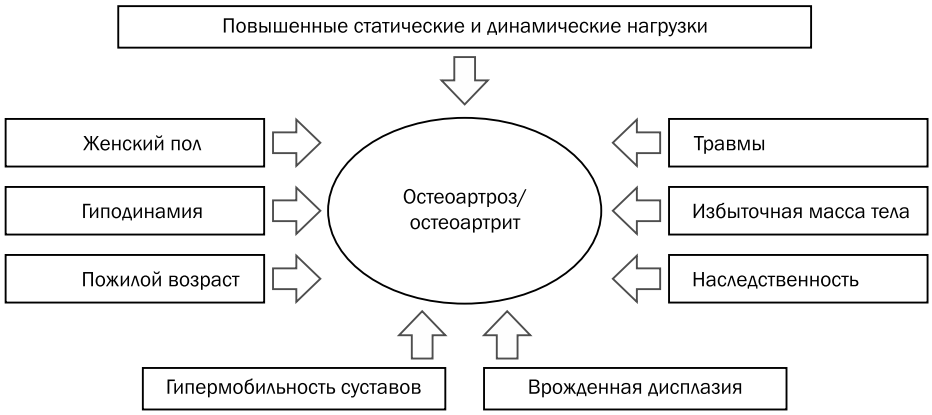

Рис. 2. Факторы риска развития остеоартроза

значительно улучшает состояние больных. Это профессиональная деятельность, связанная с длительной вынужденной позой, поднятием тяжестей, частыми наклонами, приседаниями, ходьбой по лестнице и т. п., воздействие вибрирующих инструментов, профессиональные занятия спортом, ожирение или высокий индекс массы тела (≥30) [54, 61, 62].

Хотя не все факторы риска изменяемые, разумно предположить, что контроль факторов риска путём рекомендаций в отношении образа жизни может замедлить развитие симптомов и, возможно, замедляет дегенеративные процессы [63]. Физическая активность на досуге, например ходьба, бег или катание на велосипеде, снижают риск дегенеративного ОА по сравнению с малоподвижным образом жизни [61, 64, 65]. Правильно подобранные упражнения задерживают необходимость операции по замене сустава и уменьшают симптомы ОА независимо от возраста [66, 67].

Лечебная физкультура значительно улучшает состояние пациентов с уже развившимися заболеваниями суставов. Долгосрочное наблюдение за двумя рандомизированными группами пациентов с тазобедренным ОА в течение 6 лет показало, что лечебная физкультура в дополнение к обучению пациентов может снизить потребность в протезировании тазобедренного сустава на 44 % [68]. Следовательно, регулярная физическая активность положительно сказывается на подвижности суставов и может использоваться для профилактики и лечения дегенеративно-дистрофических поражений.

Заключение

«Любое движение нашего тела возможно настолько, насколько это позволяет подвижность наших суставов» (П. Ф. Лесгафт). Поэтому строение и функции суставов, возможности влияния на их функции, в частности — условия развития подвижности, привлекают внимание многих исследователей. Высокая подвижность суставов необходима не только в спорте. Она характеризует общее физическое развитие человека и уровень его физической подготовки. Недостаточная подвижность ограничивает профессиональную деятельность и снижает качество жизни.

В обзоре систематизированы основные факторы — нормальные и патологические, способные повлиять на подвижность суставов. Своевременное выявление нарушений подвижности в суставах позволяет проводить профилактические мероприятия и предотвращать возможное развитие дегенеративных заболеваний. Авторы надеются, что представленный обзор будет интересен остеопатам, так как суставы являются точкой приложения многих остеопатических техник.

Исследование не финансировалось каким-либо источником, конфликт интересов отсутствует.

Литература / References

1. Битхем У. П., Паллей Г. Ф., Слакамб Ч. Х., Уивер У. Ф. Клиническое исследование суставов. М.: Медицина; 1970; 187 с. Beetham W. P., Polley H. F., Slocumb C. H., Weaver W. F. *Klinicheskoe issledovanie sustavov* [Physical examination of the joints]. M.: Medicina; 1970; 187 p.
2. Доленко Ф. Л. Спорт и суставы. М.: Физкультура и Спорт; 2005; 288 с. Dolenko F. L. *Sport i sustavy* [Physical Education and Sport]. M.: Fizkul'tura i Sport; 2005; 288 p.
3. Алешина Е. И., Гордина Н. Г. Развитие подвижности суставов как условие повышения уровня физической подготовленности студентов. Череповецкие научные чтения 2013: 3–5. Aleshina E. I., Gordina N. G. Development of mobility of joints as a condition for increasing the level of physical fitness of students. *Cherepoveckie nauchnye chtenija* 2013: 3–5.
4. Гамбурцев В. А. Гониометрия человеческого тела (динамическая соматометрия). М.: Медицина; 1973; 200 с. Gamburcev V. A. *Goniometrija chelovecheskogo tela (dinamicheskaja somatometrija)* [Goniometry of the human body (dynamic somatometry)]. M.: Medicina; 1973; 200 p.
5. Jonsson P., Johnson P. W., Hagberg M. Accuracy and feasibility of using an electrogoniometer for measuring simple thumb movements. *Ergonomics* 2007; 50 (5): 647–659. http://doi:10.1080/00140130601164490.
6. Norris B. S., Olson S. L. Concurrent validity and reliability of two-demensional video analysis of hip and knee joint motion during mechanical lifting. *Physiother Theor Pract.* 2011; 27 (7): 521–530. http://doi:10.3109/09593985.2010.533745.
7. Naylor J. M., Ko V., Adie S., Gaskin C., Walker R., Harris I. A., Mittal R. Validity and reliability of using photography for measuring knee range of motion: a methodological study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011; 12: 77. http://doi:10.1186/1471-2474-12-77.
8. Ferriero G., Vercelli S., Sartorio F., Lasa S. M., Ilieva E., Brigatti E., Ruella C., Foti C. Reliability of a smartphone-based goniometer for knee joint goniometry. *Int J Rehabil Res.* 2013; 36: 146–151. http://doi:10.1097/MRR.0b013e32835b8269.
9. Лесгафт П. Ф. Избранные труды по анатомии. М.: Медицина; 1968; 371 с. Lesgaft P. F. *Izbrannye trudy po anatomii* [Selected works on anatomy]. M.: Medicina; 1968; 371 p.
10. Сорокин А. П. Системно-структурный подход к изучению анатомии. Горький; 1977; 264 с. Sorokin A. P. *Sistemno-strukturnyj podhod k izucheniju anatomii* [System-structural approach to the study of anatomy]. Gor'kij; 1977; 264 p.
11. Сорокин А. П., Доленко Ф. Л. Морфофункциональные аспекты типологии суставов. Архив анатомии 1977; 7: 49–53. Sorokin A. P., Dolenko F. L. Morpho-functional aspects of the typology of joints. *Arhiv anatomii* 1977; 7: 49–53.
12. Сорокин А. П. Общие закономерности строения опорного аппарата человека. М.: Медицина; 1973; 264 с. Sorokin A. P. *Obshhie zakonomernosti stroenija opornogo apparata cheloveka* [General patterns of the structure of the human support apparatus]. M.: Medicina; 1973; 264 p.
13. Деревцова С. Н., Штейндердт С. В., Ачкасов Е. Е. Сравнительная характеристика гониометрических исследований суставов конечностей мужчин и женщин различных соматотипов. Спортивная медицина: наука и практика. 2013; (4): 50–55. Derevtsova S. N., Shteynerdt S. V., Achkasov E. E. Comparative evaluation of limb joints goniometric studies of men and women of different somatotypes. *Sports medicine: research and practice* 2013; (4): 50–55. http://doi:10.17238/ISSN2223-2524.
14. Иванова И. И., Гнусаев С. Ф., Макарова И. И., Иванова А. А. Сравнительный анализ распространенности гипермобильности суставов в детской популяции Твери и других регионов Российской Федерации. Вопросы современной педиатрии 2014; 13 (4): 102–109. Ivanova I. I., Gnusaev S. F., Makarova I. I., Ivanova A. A. Comparative analysis of the occurrence of hypermobility of joints in the children's population of Tver and other regions of the Russian Federation. *Current Pediatrics* 2014; 13 (4): 102–109.
15. Сафоненкова Е. В. Онтогенез и изменчивость подвижности в плечевом суставе у лиц различных соматических типов и вариантов биологического развития. Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. 2013; 6 (100): 113–118. Safonenkova E. V. Ontogenesis and variability of mobility in the humeral joint among the people with the various somatic types and options of biological development. *Uchenye zapiski universiteta im. P. F. Lesgafta* 2013; 6 (100): 113–118. http://doi:10.5930/issn.1994-4683.2013.06.100.p113-118.
16. Доронина Н. В., Кагазежева Н. Х., Коломийцева Н. С. Гендерные и возрастные отличия в развитии подвижности тазобедренного сустава школьников первого–шестого классов. Вестник АГУ 2014; 1 (133): 89–94. Doronina N. V., Kagazezheva N. Kh., Kolomiytseva N. S. Gender and age differences in mobility of coxofemoral joint at school students of the first-sixth classes. *Vestnik AGU* 2014; 1 (133): 89–94.
17. Medeiros H. B., De Araújo D. S., De Araújo C. G. Age-related mobility loss is joint-specific: an analysis from 6,000 Flexitest results. *Age (Dordr).* 2013; Dec. 35 (6): 2399–2407. http://doi:10.1007/s11357-013-9525-z.
18. Richmond S. A., Fukuchi R. K., Ezzat A., Schneider K., Schneider G., Emery C. A. Are joint injury, sport activity, physical activity, obesity, or occupational activities predictors for osteoarthritis? A systematic review. *J. Orthop Sports PhysTher.* 2013; Aug. 43 (8): 515–519. http://doi:10.2519/jospt.2013.4796.
19. Podrigalo L. V., Volodchenko A. A., Rovnaya O. A., Stankiewicz B. Analysis of martial arts athletes' goniometric indicators. *Physical education of students* 2017; 21 (4): 182–188. http://doi:10.15561/20755279.2017.0406.
20. Iermakov S. S., Podrigalo L. V., Jagiello W. Hand-grip strength as an indicator for predicting the success in martial arts athletes. *Arch Budo* 2016; 12: 179–186.

21. Hölbling D., Preuschl E., Hassmann M., Baca A. Kinematic analysis of the double side kick in pointfighting, kickboxing. *Journal of Sports Science*s. 2016; 35 (4): 1–8. http://doi:10.1080/02640414.2016.1164333.
22. Подригало Л. В., Володченко О. А. Порівняльний аналіз біомеханічних аспектів кік-боксу та інших одноборств. Вестник Черниговского национального педагогического университета 2016; 139(1): 145–149. Podrigalo L., Volodchenko O. Comparative analysis of the biomechanical aspects of kick-boxing and other combat sports. *Visnik Chernigivs'kogo nacional'nogo pedagogicheskogo universiteta* 2016; 139 (1): 145–149.
23. Саенко В. Г. Корреляционный анализ показателей силы нанесения ударов ногами в верхний уровень и гибкости у каратистов-тяжеловесов высокой квалификации. Физическое воспитание студентов 2010; 3: 81–83. Saienko V. G. The correlation analysis of parameters force of performance blows by legs in top level and flexibility at karatekas-heavyweights high qualification. *Physical Education of Students* 2010; 3: 81–83.
24. Arziutov G., Iermakov S., Bartik P., Nosko M., Cynarski W. J. The use of didactic laws in the teaching of the physical elements involved in judo techniques. *Ido Movement for Culture.* 2016; 16 (4): 21–30. http://doi:10.14589/ido.16.4.4.
25. Bliznevsky A. A., Kudryavtsev M. D., Iermakov S. S., Jagiello W. Formation of active-effective attitude of 12–13 years' judo athletes to sports functioning in competition period. *Archives of budo* 2016; 12: 101–115.
26. Preuschl E., Hassmann M., Baca A. A Kinematic Analysis of the Jumping Front-Leg Axe-Kick in Taekwondo. *J Sport Sci Med.* 2016; 15 (1): 92–101.
27. Wasik J., Shan G. B. Kinematics of the turning kick — measurements obtained in testing well-trained taekwon-do athletes. *Archives of budo* 2015; 11: 61–67.
28. Черницына Н. В., Созаилов У. А. Влияние занятий самбо и дзюдо на подвижность суставов нижних конечностей. Научные исследования: от теории к практике 2015; 5: 75–76. Chernitsyna N. V., Sozailov U. A. The influence of sambo and judo on the mobility of the joints of the lower extremities. *Nauchnye issledovanija: ot teorii k praktike* 2015; 5: 75–76.
29. Мельничук К. Н. Физическая подготовленность и функциональное состояние мышечно-связочного аппарата верхней конечности у теннисистов 14–16 лет. Физическая культура, спорт — наука и практика 2015; 2: 64–69. Melnichuk K. Recovery of physical efficiency of elbow joint among 14–16 years old tennis players using a technique of lateral epicondylitis secondary prevention. *Fizicheskaja kul'tura, sport — nauka i praktika* 2015; 2: 64–69.
30. Мельничук К. Н. Анализ проблемы травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата у теннисистов. Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта 2015; 3 (212): 64–68. Melnichuk K. N. Analysis of the problem of injuries and diseases of locomotor system among the tennis players. *Uchenye zapiski universiteta im. P. F. Lesgafta* 2015; 3 (212): 64–68. http://doi:10.5930/issn.1994-4683.2015.03.121.p64-68.
31. Морозова Е. В. Оценка функционального состояния опорно-двигательного аппарата футболистов 16–17 лет. Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта 2014; 2 (9): 121–126. Morozova E. V. Functional state evaluation of 16–17 year old football players musculoskeletal system. Pedagogico-*Psychological and Medico-Biological Problems of Physical Culture and Sports* 2014; 2 (9): 121–126. http://doi:10.14526/00_1111_16.
32. Панасюк Т. В., Распопова Е. А. Особенности развития опорно-двигательного аппарата при занятиях прыжками в воду. Учебные записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова 2011; 2 (18): 108–109. Panasyuk T. V., Raspopova E. A. Specificity of the locomotor apparatus development in diving training. *Uchebnye zapiski SPbGMU im. Akad. I. P. Pavlova* 2011; 2 (18): 108–109.
33. Пожидаев З. П. Алгоритмизация тестирования гибкости в гимнастике. Теория и практика физической культуры. 2013; 6: 76–79. Pozhidaev S. N. Algorithmization of flexibility test in gymnastics. *Teorija i praktika fizicheskoj kul'tury* 2013; 6: 76–79.
34. Dischler J. D., Baumer T. G., Finkelstein E., Siegal D. S., Bey M. J. Association Between Years of Competition and Shoulder Function in Collegiate Swimmers. *Sports Health* 2018; 10 (2): 113–118. http://doi:10.1177/1941738117726771.
35. Olstad B. H., Zinner C., Vaz J. R., Cabri J. M.H., Kjendlie P. L. Muscle Activation in World-Champion, World-Class, and National Breaststroke Swimmers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017; 12 (4): 538–547. http://doi:10.1123/ijspp.2015-0703.
36. Guignard B., Olstad B. H., Simbaña Escobar D., Lauer J., Kjendlie P. L., Rouard A. H. Different Muscle-Recruitment Strategies Among Elite Breaststrokers. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015; 10 (8): 1061–1065. http://doi:10.1123/ijspp.2014-0498.
37. Подригало Л. В., Галашко М. Н., Галашко Н. И. Гониометрическое исследование спортсменов армспорта. Физическое воспитание студентов 2013; 1 (17): 45–48. Podrigalo L. V., Galashko M. N., Galashko N. I. Goniometric researches of arm wrestling sportsmen. *Physical education of student*s 2013; 1 (17): 45–48. http://doi:10.6084/m9.figshare.156357.
38. Ribeiro A., Pascoal A. Assessment of shoulder external rotation range-of-motion on throwing athletes: the effects of testing end-range determination (active versus passive). *Physiother Theory Pract.* 2015; 31 (5): 362–366. http://doi:10.3109/09593985.2014.1003344.
39. Wanivenhaus F., Fox A. J., Chaudhury S., Rodeo S. A. Epidemiology of Injuries and Prevention Strategies in Competitive Swimmers. *Sports Health* 2012; 4 (3): 246–251. http://doi:10.1177/1941738112442132.
40. McKenna L. J., De Ronde M., Le M., Burke W., Graves A., Williams S. A. Measurement of muscle thickness of the serratus anterior and lower trapezius using ultrasound imaging in competitive recreational adult swimmers,

with and without current shoulder pain. *J Sci Med Sport* 2018; Feb. 21 (2): 129–133. http://doi:10.1016/j.jsams.2017.06.022.
41. Iizuka S., Imai A., Koizumi K., Okuno K., Kaneoka K. Immediate effects of deep trunk muscle training on swimming start performance. *Int J Sports Phys Ther.* 2016; Dec. 11 (7): 1048–1053.
42. Manske R.C., Lewis S., Wolff S., Smith B. Effects of a dry-land strengthening program in competitive adolescent swimmers. *Int J Sports Phys. Ther.* 2015; 10 (6): 858–867.
43. Weston M., Hibbs A.E., Thompson K.G., Spears I.R. Isolated core training improves sprint performance in national-level junior swimmers. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015; Mar. 10 (2): 204–210. http://doi:10.1123/ijspp.2013-0488.
44. Гилев Г.А. О структуре внутри мышечной координации движений спортсмена (на примере спортивного плавания). Наука и спорт: современные тенденции 2015; 1 (6): 67–70. Gilev G.A. On the structure of intramuscular coordination of movements athlete (on the example of sports swimming). *Science and sport* 2015; 1 (6): 67–70.
45. Murtagh J. General Practice, 5th Ed. McGraw-Hill Medical Publishing; 2011: 1560 p.
46. Дрогомерецкий В.В. Коррекция нарушений суставно-связочного аппарата студентов специальных медицинских групп средствами оздоровительного плавания. Белгород: ЛитКараВан; 2012; 167 с. Drogomereckij V.V. *Korrekcija narushenij sustavno-svjazochnogo apparata studentov special'nyh medicinskih grupp sredstvami ozdorovitel'nogo plavanija* [Correction of violations of the joint-ligament apparatus of students of special medical groups by means of improving swimming]. Belgorod: LitKaraVan; 2012: 167 p.
47. Hunter D.J., Guermazi A., Roemer F., Zhang Y., Neogi T. Structural correlates of pain in joints with osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2013; Sep. 21 (9): 1170–1178. http://doi:10.1016/j.joca.2013.05.017.
48. Palmer A.J., Brown C.P., McNally E.G., Price A.J., Tracey I., Jezzard P., Carr A.J., Glyn-Jones S. Non-invasive imaging of cartilage in early osteoarthritis. *Bone Joint J.* 2013; 95B (6): 738–746. http://doi:10.1302/0301-620X.95B6.31414.
49. Полетаева В.С., Некоркина О.А., Башкина А.С. Лечебная физкультура при остеоартрозе коленных суставов с сопутствующей гипертонической болезнью. Лечебная физкультура и спортивная медицина 2011; 11 (95): 41–49. Poletaeva V.S., Nekorkina O.A., Bashkina A.S. Therapeutic exercise for knee osteoarthrosis with concomitant arterial hypertension. *Exercise therapy and Sports Medicine* 2011; 11 (95): 41–49.
50. Cross M., Smith E., Hoy D., Nolte S., Ackerman I., Fransen M., etal. The global burden of hip and knee osteoarthritis: estimates from the global burden of disease 2010 study. *Ann Rheum Dis.* 2014; Jul. 73 (7): 1323–1330. http://doi:10.1136/annrheumdis-2013-204763.
51. Thiem U., Lamsfuss R., Günther S., Schumacher J., Bäker C., Endres H.G., Zacher J., Burmester G.R., Pientka L. Prevalence of self-reported pain, joint complaints and knee or hip complaints in adults aged 40 years: a cross-sectional survey in Herne, Germany. *PLoS One* 2013 Apr. 8 (4): e60753. http://doi:10.1371/journal.pone.0060753.
52. Prieto-Alhambra D., Judge A., Javaid M.K., Cooper C., Diez-Perez A., Arden N.K. Incidence and risk factors for clinically diagnosed knee, hip and hand osteoarthritis: influences of age, gender and osteoarthritis affecting other joints. *Ann Rheum Dis.* 2014; 73 (9): 1659–1664. http://doi:10.1136/annrheumdis-2013-203355.
53. Coombes B.K., Bisset L., Vicenzino B. Efficacy and safety of corticosteroid injections and other injections for management of tendinopathy: a systematic review of randomised controlled trials. *Lancet* 2010 Nov 20; 376 (9754): 1751–1767. http://doi:10.1016/S0140-6736(10)61160-9.
54. Richmond S.A., Fukuchi R.K., Ezzat A., Schneider K., Schneider G., Emery C.A. Are joint injury, sport activity, physical activity, obesity, or occupational activities predictors for osteoarthritis? A systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013; Aug. 43 (8): 515–519. http://doi:10.2519/jospt.2013.4796.
55. Segal A.D., Shofer J., Hahn M.E. Functional limitations associated with end-stage ankle arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 2012; 94 (9): 777–783. http://doi:10.2106/JBJS.K.01177.
56. Омельченко Т.Н. Переломы лодыжек и быстропрогрессирующий остеоартроз голеностопного сустава: профилактика и лечение. Ортопедия, травматология и протезирование. 2013; 4 (593): 35–40. Omelchenko TN Fractures of the ankles and fast-progressive osteoarthritis of the ankle joint: prevention and treatment. *Orthopedics, traumatology and prosthetics.* 2013; 4 (593): 35–40.
57. Яременко Д.А., Ершов Д.В., Яременко О.Д. Клиника, диагностика и хирургическое лечение застарелых повреждений межберцового синдесмоза (обзор литературы). Ортопедия, травматология и протезирование. 2012; 4 (589): 129–136. Yaremenko D.A., Ershov D.V., Yaremenko O.D. Clinical picture, diagnosis and surgical treatment of old injuries of tibiofibular syndesmosis (review). *Ortopediya, travmatologiya i protezirovanie* 2012; 4 (589): 129–136.
58. Стоянов А.В., Емельянов В.Г., Плиев Д.Г., Михайлов К.С. Эндопротезирование голеностопного сустава. Травматология и ортопедия России. 2011; 1 (59): 144–152. Stoyanov A.V., Emelyanov V.G., Pliev D.G., Mikhaylov K.S. Ankle joint replacement. *Travmatologia i ortopedia Rossii.* 2011; 1 (59): 144–152.
59. Ackerman I.N., Osborne R.H. Obesity and increased burden of hip and knee joint disease in Australia: results from a national survey. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012 Dec13: 254. http://doi:10.1186/1471-2474-13-254.
60. Jiang L., Rong J., Wang Y., Hu F., Bao C., Li X., Zhao Y. The relationship between body mass index and hip osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Joint Bone Spine* 2011 Mar; 78 (2): 150-155. http://doi:10.1016/j.jbspin.2010.04.011.

61. Ageberg E., Engstrom G., Gerhardsson de Verdier M., Rollof J., Roos E. M., Lohmander L. S. Effect of leisure time physical activity on severe knee or hip osteoarthritis leading to total joint replacement: a population-based prospective cohort study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012; 13: 73. http://doi:10.1186/1471-2474-13-73.
62. Lung R., O'Brien J., Grebenyuk J., Forster B. B., De Vera M., Kopec J., Ratzlaff C., Garbuz D., Prlic H., Esdaile J. M. The prevalence of radiographic femoroacetabular impingement in younger individuals undergoing total hip replacement for osteoarthritis. *Clin Rheumatol.* 2012 Aug; 31 (8): 1239–1242. http://doi:10.1007/s10067-012-1981-9.
63. Kolber M. J., Hanney W. J., Cheatham S. W., Salamh P. A. Risk Factors for Hip Osteoarthritis: Insight for the Strength and Conditioning Professional. *Strength & Conditioning Journal.* 2017; 39 (3): 35–41. http://doi:10.1519/SSC.0000000000000222.
64. Walther M., Kirschner S. Is running associated with premature degenerative arthritis of the hip? A systematic review. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2004; 142 (2): 213–220. http://doi:10.1055/s-2004-818783.
65. Williams P. T. Effects of running and walking on osteoarthritis and hip replacement risk. *Med Sci Sports Exerc.* 2013 Jul; 45 (7): 1292–1297. http://doi:10.1249/MSS.0b013e3182885f26.
66. Krauss I., Steinhilber B., Haupt G., Miller R., Martus P., Janssen P. Exercise therapy in hip osteoarthritis — a randomized controlled trial. *Dtsch Arztebl Int.* 2014; Sep. 111: 592–599. http://doi:10.3238/arztebl.2014.0592.
67. Quintrec J. L., Verlhac B., Cadet C., Breville P., Vetel J. M., Gauvain J. B., Jeandel C., Maheu E. Physical exercise and weight loss for hip and knee osteoarthritis in very old patients: A systematic review of the literature. *Open Rheumatol J*. 2014; 8: 89–95. http://doi:10.2174/1874312901408010089.
68. Svege I., Nordsletten L., Fernandes L., RisbergM. A..Exercise therapy may postpone total hip replacement surgery in patients with hip osteoarthritis: a long-term follow-up of a randomised trial. *Ann Rheum Dis*. 2015; Jan. 74 (1): 164–169. http://doi:10.1136/annrheumdis-2013-203628.

Поступила в редакцию 26.12.2017
После доработки 11.12.2018
Принята к публикации 11.12.2018

Контактная информация:
Юлия Павловна Потехина
e-mail: newtmed@gmail.com

Для цитирования: Потехина Ю. П., Курникова А. А., Даутов Д. Р., Постникова А. Д., Новгородский К. Е. Факторы, влияющие на подвижность суставов. *Российский остеопатический журнал* 2018; 3–4 (42–43): 107–118.
For citation: Potekhina Yu. P., Kurnikova A. A., Dautov D. R., Postnikova A. D., Novgorodskij K. E. Factors affecting joint mobility. *Russian osteopathic journal* 2018; 3–4 (42–43): 107–118.
https://doi.org/10.32885/2220-0975-2018-3-4-107-118