

УДК 612.741.61:612.885+613.71

Значение изометрических напряжений в мышечной деятельности человека

М.Г. Агаджанян, Л.Г. Пилосян

*Армянский медицинский институт
0087, Ереван, ул.Титоградян, 14а*

Ключевые слова: статическая мышечная деятельность, проприоцепция, изометрическое сокращение, вегетативное обеспечение, физические упражнения

Двигательная активность является одним из главных факторов здоровья человека и мощным стимулятором жизни. Гипокинезия современного человека опасна тем, что препятствует двигательному развитию и совершенствованию адаптационных реакций организма: не обеспечивает усиления обмена веществ, не приучает органы к активной работе и участию в компенсаторных реакциях, снижает экономичность деятельности сердечно-сосудистой системы и всего организма. Мышечная же деятельность, как динамическая, так и статическая, способствует целому ряду положительных преобразований: стимулируется и активизируется обмен веществ, кровообращение, улучшается регуляция нервной системы, деятельность эндокринных желез, опорно-двигательного аппарата, внутренних органов, облегчается выведение шлаков, повышается настроение, улучшается самочувствие, возрастает диапазон адаптационных сдвигов организма.

В последнее десятилетие в связи с развитием сети фитнес клубов интерес населения к физической активности возрос, однако уровень осведомленности о мышечной деятельности, особенно статической, о целесообразности и правильности использования различных нагрузок и упражнений оставляет желать лучшего. Приобщение населения к физической активности должно быть основано на совместных усилиях медицинских работников и специалистов физической культуры, и обеспечение здоровья здорового человека должно стать одним из приоритетных направлений современной профилактической медицины.

Исходя из вышеизложенного, мы задались *целью* подчеркнуть значимость изометрических напряжений в жизнедеятельности человека.

Как известно, мышечная система играет большую роль в строении тела человека, деятельности опорно-двигательного аппарата и всех систем

организма, прямохождении, сохранении равновесия и обеспечении физической силы человека. Чувство положения тела в пространстве, чувство движения и чувство силы обеспечивается благодаря проприорецепторам, расположенным в мышечно-суставном аппарате [14]. В условиях нормальной жизнедеятельности организма проприорецепция преобладает над другими видами афферентных раздражителей, существенно влияя на физиологические процессы. Наибольшего интереса заслуживают *тельца Гольджи-Маццони*, расположенные между сухожилием и мышцей, и нервно-мышечные веретена, расположенные в мышцах. Импульсы, исходящие из этих проприорецепторов, передаются быстро проводящими миелинизированными волокнами, а импульсы, исходящие из проприорецепторов фасций, суставов и глубоких слоев соединительной ткани, проводятся по менее миелинизированным волокнам. При этом только небольшая часть импульсов достигает уровня коры головного мозга и осознается. Большинство же импульсов служат для автоматического контроля двигательной активности, а также статических рефлексов, противостоящих силе тяжести. Кроме этого, осуществляется сложная межсистемная регуляция физиологических функций, в частности, имеется тесная связь между мышечной деятельностью и функциями всех органов и систем. По А.А.Ухтомскому, без мышечно-суставного аппарата не обходится ни одна существенная физиологическая функция и акт поведения организма. Проприорецептивные импульсы посредством рефлексов через центры вегетативной нервной системы регулируют деятельность внутренних органов и обмен веществ. Эту взаимосвязь объясняет теория моторно-висцеральных рефлексов, разработанная М. Р. Могендовичем [5].

Мышечная деятельность человека происходит в смешанном режиме с превалированием или динамического, или статического мышечного сокращения и различиями в их вегетативном обеспечении. Мышечная деятельность динамического характера сопровождается как физиологическими и биохимическими изменениями, так и выполнением механической работы, связанной с перемещением массы собственного тела или отдельных его частей в пространстве. При мышечной деятельности статического характера, с точки зрения физики, внешняя механическая работа практически сводится к нулю. При этом происходят активные физиологические процессы, которые протекают в нервно-мышечном аппарате и ЦНС и обеспечивают поддержание напряженного состояния мышц.

Сохранение естественной позы человека, поддержание определенного положения тела или его частей в повседневной жизни происходит благодаря тоническим статическим напряжениям. При лежании усилия мышц минимальны, сидение требует напряжения мышц туловища и шеи, а стояние — из-за высокого положения общего центра тяжести и малой опоры — значительных усилий антигравитационных мышц-разгибателей задней поверхности тела [10]. Тонические изометрические сокращения

мышц экономичны и малоутомительны несмотря на то, что даже при неподвижной позе в связи с актом дыхания и другими причинами происходят постоянные взаимные смещения звеньев тела относительно друг друга, изменяющие статику, что приводит к необходимости непрерывного динамического приспособления уравнивающих мышечных моментов. Более утомительны тетанические сокращения мышц, которые обеспечивают статические напряжения по удержанию предметов труда в быту, в трудовой и спортивной деятельности.

Удержание равновесия требует большого напряжения, поскольку управление равновесием и выполнение любого движения в основном подчинены преодолению силы притяжения Земли. Основными регуляторами равновесия являются мышечные и вестибулярные рецепторы. Бег, ходьба и другие действия, даже стояние на месте требуют постоянных усилий для удержания равновесия тела в нужной позе. Чем выше тренированность, тем легче человек приспосабливает свои движения и положение тела к изменяющимся условиям [6].

Силовые способности человека характеризуются большим мышечным напряжением, которое определяется физиологическим поперечником мышцы и функциональными возможностями нервно-мышечного аппарата. Собственно мышечная сила – это способность человека преодолевать внешнее сопротивление или противостоять ему за счет изометрических мышечных напряжений.

Изометрическое напряжение мышцы увеличивается также при статической растяжке по мере медленного и осторожного растягивания мышцы, что регулируется нервно-мышечными веретенами. При сильном и резком удлинении мышцы сигнал от веретен вызывает защитный рефлекс растяжения и мышца самопроизвольно сокращается в попытке помешать удлинению. При растягивании сначала вытягиваются мышечные волокна, а затем в направлении вытягивающего усилия выравниваются коллагеновые волокна. Это позволяет упорядочить волокна в направлении растяжения, благодаря чему восстанавливается здоровая структура ткани.

Изометрические сокращения сопровождаются непрерывным потоком проприоцептивной афферентации, быстрым утомлением нервных клеток в условиях непрерывной деятельности двигательных нервных центров, обеспечивающей постоянное мышечное напряжение, и вызывают выраженные процессы торможения в ЦНС. Этим определяется невозможность долго выдерживать статическое напряжение. Активизирующаяся при изометрических упражнениях проприоцепция посредством ЦНС, главным образом ее надсегментарных уровней, адаптирует вегетативную сферу к потребностям скелетной мускулатуры, тогда как интероцепция лишь восстанавливает гомеостаз.

Вегетативное обеспечение статической деятельности характеризуется рядом особенностей [9]. При статической работе повышается обмен

веществ, увеличивается расход энергии, хотя и в меньшей степени, чем при *динамической работе*. Возникающая в ЦНС доминанта оказывает тормозящее влияние на другие нервные центры, в частности, на центры дыхания и сердечной деятельности. Кровообращение в работающих мышцах затрудняется, происходит уменьшение в них объемного кровотока, уменьшение поступления кислорода и переход на анаэробное энергетическое обеспечение с накоплением большого количества молочной кислоты, пропорционально величине статического напряжения. Несмотря на сравнительно небольшую величину кислородного запроса, он лишь незначительно покрывается во время самого статического упражнения.

После окончания статического усилия возбудимость центров регуляции дыхания и кровоснабжения повышается. Возрастают сердечная производительность и газообмен, увеличивается потребление кислорода. Таким образом происходит запаздывание разворачивания вегетативных сдвигов, максимум которых приходится не на время статического усилия, а на первые минуты восстановительного периода (феномен Линдгарда) [8]. После выполнения статической работы продукты анаэробного мышечного обмена свободно выносятся в общий круг кровообращения. Активизируется буферная функция крови, связывание избытка молочной кислоты бикарбонатами приводит к увеличению содержания CO_2 в крови и усилению дыхания, активизируется метаболизм. После упражнений в изометрическом режиме отчетливо доминируют вегетативные трофические функции, что является результатом воздействия трофотропного парасимпатического отдела гипоталамуса, находящегося в реципрокных отношениях с его эрготропным симпатическим отделом. Именно трофические процессы, развивающиеся в периоде последствий изометрических упражнений, способствуют повышению функциональных способностей мышц и миокарда при тренировке [8].

Исходя из вышеизложенного, следует подчеркнуть важную роль изометрических упражнений в жизни человека. Это относится и к здоровому образу жизни людей всех возрастов, и к реабилитационному процессу, и к физической культуре и спорту [1,2].

В статическом режиме выполняются силовые упражнения, упражнения на равновесие, растягивающие и дыхательные упражнения. Изометрическое напряжение имеется и при выполнении динамических упражнений: в исходных положениях, при поддержании положения работающей конечности или ее сегментов, а также при упражнениях с сопротивлением, преодолением, отягощением и других.

Силовые изометрические упражнения могут выполняться при напряжении мышц как при активных волевых усилиях человека, так и при преодолении сопротивления с использованием вспомогательных предметов (упоры, висы, удержания тяжестей, противодействия твердых и упругих предметов). Можно использовать и обычную стену, подоконник,

дверной проем, на которые можно с силой надавливать различными способами. При этом необходимо правильное сочетание степени и длительности напряжения.

Вся энергия мышц при выполнении изометрических упражнений, осуществляющихся без изменения длины мышцы и угла сустава, расходуется только на напряжение, а не на движение, как это происходит при изотонических упражнениях. Поэтому развитие мышц происходит в значительно более короткие сроки. Таким образом, в условиях маленьких энергозатрат ускоряется развитие мышечной силы и увеличение мышечной массы, гипертрофия мышцы в свою очередь обеспечивает прирост ее силовых показателей [17].

Благодаря изометрическим упражнениям можно наиболее эффективно повысить силу мышц, отстающих в развитии, или мышечных групп, которые по той или иной причине имеют первостепенное значение. Это важно, поскольку когда отдельные мышцы ослаблены, другие, более крупные, принимают на себя часть их функций. При выполнении изотонических упражнений ослабленные мышечные группы оказываются вне тренирующих воздействий и их функция не возрастает, а может и ухудшаться [13].

Изометрические упражнения значительно укрепляют сухожилия и связки, повышают статическую выносливость и гибкость. Изометрические упражнения, развивающие статическую выносливость, особенно необходимы детям школьного возраста для профилактики нарушений опорно-двигательного аппарата.

Изометрические упражнения незаменимы при ограничениях движения в суставах (после травм или при определенных заболеваниях и нарушениях опорно-двигательного аппарата, у людей с ограниченными физическими возможностями и т.д.).

Изометрические упражнения обладают и другими преимуществами. Они способствуют увеличению плотности костей, минимизируют риск развития остеопороза и проявлений артрита. Они избирательно действуют на конкретные мышечные группы и на подвижность определенных суставов, способствуют развитию и укреплению групп мышц, которые в наибольшей степени в этом нуждаются (спины, груди, живота, рук, ног и т.д.). Изометрические упражнения менее травмоопасны, чем изотонические. При их выполнении происходит экономия времени, поскольку разовое напряжение мышц продолжается 5 - 10 секунд. Эффект от нескольких минут, затраченных на изометрическое упражнение, можно приравнять к 1-2 часам традиционной изотонической тренировки. Кроме того, изометрические упражнения можно выполнять практически в любом месте, не привлекая внимания.

Зачастую роль изометрических напряжений недооценивается, не смотря на то, что тотальное применение упражнений в динамическом

режиме противоречит филогенетически обусловленной программе работы мышечной системы человека. Однако следует учесть, что изометрические и изотонические упражнения не являются взаимозаменяемыми. Только в комплексе они могут дать максимальный эффект. Несомненный интерес представляет тот факт, что предшествующее изометрическое напряжение мышц сказывается положительно на последующей изотонической работе [4].

Необходимо отметить, что изометрические напряжения часто происходят с задержкой дыхания и натуживанием. Это требует определенной осторожности для лиц с заболеваниями сердечно-сосудистой системы в связи с эффектом Вальсальвы – увеличение внутригрудного давления приводит к уменьшению притока крови к сердцу, снижению сердечного выброса, артериального давления и рефлекторному увеличению числа сердечных сокращений. Имеет значение и переход на анаэробное энергообеспечение, затруднение кровообращения и накопление молочной кислоты в мышцах, что способствует возникновению усталости и боли в мышцах. Следовательно, изометрическое сокращение нецелесообразно продолжать более 7 сек, что не дает клинического эффекта и может быть чревато осложнениями.

По мере тренировки акт дыхания становится компонентом двигательного навыка, и задержки дыхания и натуживания становятся менее выраженными. Для этого при выполнении изометрического напряжения необходимо научиться не задерживать дыхание. Целесообразно вначале постепенно усиливать мышечное напряжение на вдохе в течение 3-4 сек, затем поддерживать напряжение в течение 7 сек, делая при этом длинный выдох. Затем на вдохе расслабить мышцу в течение 3-4 сек. При этом необходимо сосредоточиваться на выполнении упражнения [11].

Если выполнять только силовые упражнения, то способность мышц к растягиванию уменьшается. Поэтому их следует чередовать с растяжками [7]. Как известно, основная задача упражнений на растягивание состоит в том, чтобы увеличить длину мышц и связок до степени, соответствующей нормальной анатомической подвижности в суставах. Гибкость должна быть в оптимальном соотношении с мышечной силой. Недостаточное развитие мышц, окружающих сустав, может привести к их чрезмерной подвижности и изменению статики человеческого тела [12].

Метод статического растягивания основан на зависимости величины растягивания от его продолжительности. Сначала необходимо расслабиться, а затем выполнить упражнение, удерживая конечное положение от 10-15 секунд до нескольких минут. Целью растяжки после занятий является расслабление нагруженных во время тренировки мышц. Это позволяет удалить из мышц шлаки: лактат, азот и углекислый газ.

При выполнении статических дыхательных упражнений, т.е. в статическом положении туловища и конечностей, основное внимание

уделяется самому акту дыхания: ровное ритмичное дыхание, урежение дыхания, изменение типа дыхания (грудного, диафрагмального, полного и их различных сочетаний), изменение фаз дыхательного цикла (различные изменения соотношений по времени вдоха и выдоха, включение кратковременных пауз и задержек дыхания за счет «выдувания» и других способов, сочетание дыхания с произнесением звуков и др.). При этом особое внимание уделяется работе определенных групп дыхательных мышц и вентиляции определенных отделов легких. Дыхание обычно выполняется через нос, при обструктивных нарушениях выдох можно выполнять через рот с сопротивлением или без него, с произнесением звуков.

К статическим дыхательным упражнениям относятся также упражнения с дозированным сопротивлением рук специалиста. Во время выдоха грудную клетку пациента слегка сдавливают в области, в которой вентиляция должна быть увеличена, а во время вдоха давление на грудную клетку постепенно уменьшают. Пациент вынужден, преодолевая сопротивление, больше напрягать мышцы именно там, где оказывают давление. В результате в этой области увеличивается движение ребер и возрастает вентиляция. При этом усиливаются и мышцы диафрагмы [15].

Изометрические напряжения лежат в основе таких систем физических упражнений, как пилатес, калланетика, стретчинг, в йоготерапии [3,16], а также методах постизометрического расслабления, проприоцептивной нервно-мышечной фасилитации и других применяемых в реабилитации методик.

В заключение следует отметить, что при активном двигательном режиме и правильной методике выполнения упражнений у людей всех возрастов стимулируются собственные возможности организма на всех уровнях его жизнедеятельности. Это в равной степени относится как к практически здоровым людям, так и к больным, проходящим курсы восстановительной терапии. При систематической мышечной деятельности происходит ряд тонких целесообразных изменений вегетативных функций, обеспечивающих увеличение и расширение функциональных возможностей организма и повышение уровня физической работоспособности, что характеризуется способностью выполнять физическую работу с наилучшими результатами при минимальных физиологических затратах. При этом обеспечивается повышение качества жизни и устойчивости к стрессорным воздействиям, снижение риска осложнений и возникновения ряда заболеваний.

Поступила 25.06.18

Իզոմետրիկ լարվածությունների նշանակությունը մարդու մկանային գործունեության մեջ

Մ.Գ.Աղաջանյան, Լ.Գ.Փիլոսյան

Հոդվածում ընդգծված է մկանային գործունեության և հատկապես իզոմետրիկ լարվածության նշանակությունը, նշված է պրոպրիոցեպցիայի կարևոր դերը, ներկայացված են իզոմետրիկ վարժությունների տեսակները, նրանց ազդեցության և վեգետատիվ ապահովման առանձնահատկությունները, առավելությունները և թերությունները, կիրառման ոլորտը և ճիշտ կատարման անհրաժեշտությունը:

The Significance of Isometric Contraction in Human Muscular Performance

M.G. Aghajanyan, L.G. Pilosyan

In the paper the significance of muscular performance and particularly isometric contraction is underlined, the important role of proprioception is pointed out, the types of isometric exercises, the characteristics of their impact and vegetative support, advantages and disadvantages, application fields and the need of proper exercise performance are shown.

Литература

1. Աղաջանյան Մ.Գ., Սպորտային բժշկություն, Երևան, 2015:
2. Աղաջանյան Մ.Գ., Փիլոսյան Լ.Գ. Իզոմետրիկ վարժությունների դերը և նշանակությունը ռեաբիլիտացիայում, «Ռեաբիլիտացիայի ժամանակակից տեսակետները բժշկության մեջ», VIII միջազգային գիտաժողովի նյութեր, Երևան, 2015, էջ 297:
3. Հակոբյան Ե.Ս., Մեծահասակ ազգաբնակչության ֆիզիկական դաստիարակության տեսության և մեթոդիկայի հիմունքները, Երևան, 2011:
4. Гонадзе Ю. К., Мхеидзе Ц. А. Влияние предварительного статического напряжения на последующую динамическую работу. Теория и практика физ. культуры, 1988,10, с. 48-49.
5. Дмитриев И.А., Могендович М.Р., Старицын А.А. Моторно-висцеральные рефлексы в невропатологии и психиатрии. Лечебная физкультура и спортивная медицина, 2008,7,с.40-49.
6. Мышцы в спорте. Анатомия. Физиология. Тренировка. Реабилитация. Под ред. Й.М. Йегера, К. Крюгера (пер. с нем., под общ. ред. Д.Г. Калашникова). М., 2016.
7. Освальд К., Баско С. Стретчинг для всех, М., 2002.
8. Темкин И.Б. Упражнения в изометрическом режиме. Спортивная медицина, 1977.
9. Физиология человека. Под ред. Покровского В.М., Коротко Г.Ф. М., 2003, т.2, с.314.
10. Фомин Н.А. Физиология человека. М., 1995.

11. *Anholt A.* «The isometric exercise bible», what are isometric exercises? 2007, p. 6-7.
12. *Behm D.G., Blazeovich A.J., Kay A.D., McHugh M.* Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol. Nutr. Metab.*, 2016, vol.41, N.1, p.1-11.
13. *Folland J.P., Hawker K., Leach B., Little T., Jones D.A.* Strength training: isometric training at a range of joint angles versus dynamic training. *J Sports Sci.*, 2005, Aug;23(8):817-24.
14. <http://www.braintools.ru/article/9907>.Проприоцептивная сенсорная система, её роль в организации двигательного акта.
15. <http://medbe.ru/materials/profilaktika-raznoe/osnovnye-sredstva-lfk-dykhatelnye-uprazhneniya/>
16. *O'Driscoll, R.N., M. A.* «The complete book of isometrics», (yoga, pilates and isometrics), 2005, p. 9-11, 14-15, 107.
17. *Shahnawaz Anwer, MPT and Ahmad Alghadir, M.S., PhD., P.T.* Effect of isometric quadriceps exercise on muscle strength, pain and function in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled study. *Journal of physical therapy science*, 2014, 26(5), 745-748.