

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ТРЕХГЛАВОЙ МЫШЦЫ ГОЛЕНИ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ IN VIVO

Кузьмина М.М., ¹Коряк Ю.А., ²Черкасов А.Д.

ФГУ «Клиническая больница № 1» УД Президента РФ, ¹ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, ²Институт проблем передачи информации РАН, Москва, Россия.

Архитектура скелетной мышцы отражает расположение мышечных волокон, особенности ее строения и является важным показателем функциональных свойств мышцы (Gans et al., 1965). С анатомической точки зрения скелетные мышцы можно разделить на две группы — с параллельным расположением волокон относительно оси активности мышцы и перистые, волокна которых расположены под некоторым углом относительно оси сухожильного комплекса и оси точек их прикрепления к апоневрозу или вхождения в сухожилие (Steno, 1667; Jones et al., 1989). Перистые мышцы развивают большую силу благодаря увеличению площади поперечного сечения волокна. Попытки определить геометрию расположения мышечных волокон у человека в основном ограничивались анализом анатомических фрагментов, полученных путем рассечения трупных препаратов (Alexander et al., 1975; Spoor et al., 1991), но с развитием современных технологий визуализации тканей появилась возможность измерения угла наклона мышечного волокна, ультразвуковым (УЗ) методом. (Ратэрфорд et al, 1992; Kawakami et al., 1993). Cady et al. (1983), используя УЗ метод, показали его высокую чувствительность по сравнению с компьютерной томографией в обнаружении патологических изменений в мышце. Наиболее удобна для изучения трехглавая мышца голени, которая имеет перистое строение трех головок, обладает высокой силой сокращения и доступна для УЗ-визуализации.

Нами проанализированы результаты исследования архитектуры трехглавой мышцы голени по данным УЗ сканирования мышц, определение в условиях in vivo изменения угла наклона (θ), длины волокна (L) и толщины мышцы (H) в головках трехглавой мышцы голени: медиальной икроножной мышце — GM, камбаловидной мышце — SOL, латеральной икроножной мышце — GL в покое и при выполнении произвольного изометрического усилия (напряжения) у здоровых лиц, у пациентов с двигательными нарушениями.

Материал и методы исследования. Первая группа обследуемых с отсутствием двигательных нарушений состояла из 8 здоровых мужчин (52 ± 3.6 года), дополнительно была обследована группа лиц старше 78 лет - 19 человек (82.9 ± 1.1 года); вторая группа с наличием двигательных (моторных) нарушений, вызванными острым нарушением мозгового кровообращения и его последствием — гемипарезом, последствиями перенесенного детского церебрального паралича (ДЦП), миелопатией, радикулопатией на фоне остеохондроза позвоночника, облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей, гиподинамией на фоне травмы голени состояла из 22 пациентов (55 ± 3.4 лет).

Измерение архитектуры мышц. Для определения архитектуры трех головок GM, SOL и GL (см. сокращение выше) получали изображения в реальном времени в В-режиме на ультразвуковом аппарате SOLOLINE Elegra (фирмы Siemens) с электронным линейным датчиком 7.5 МГц. Определялись следующие УЗ-параметры структуры мышцы: L — длина волокна определялась как расстояние между местом прикрепления волокна у поверхностного апоневроза до места вхождения в глубокий апоневроз мышцы в области нижней стенки (Ichinose et al., 1995; Narici et al., 1996; Fukunaga et al., 1997). Угол Q мышечного волокна определялся как угол, образованный волокном в месте его прикрепления в области нижнего апоневроза и самим нижним апоневрозом (Rutherford, 1992; Jones, 1992; Fukunaga et al. 1997). H — толщина мышцы определялась как расстояние между верхним и нижним апоневрозом мышцы по перпендикуляру. Изображения обрабатывались с использованием программы Magic View 300 (фирмы Siemens) с

архивацией данных в системе SIENET (фирмы Siemens). Получали три изображения каждой мышцы в условиях покоя и в условиях напряжения. У каждого испытуемого анализировались до трех волокон и полученные данные усреднялись.

Измерение силы. Для определения суставных моментов во время выполнения произвольных изометрических сокращений мышц-разгибателей стопы — трехглавой мышцы голени использовали изокINETИЧЕСКИЙ динамометр (модель CYBEX® II, USA). У здоровых лиц все измерения были выполнены на правой конечности, в ряде случаев изучались обе голени. Во время измерения суставного момента трехглавой мышцы голени испытуемый располагался на специальной кушетке в положении лежа на животе. Стопа исследуемой конечности относительно жестко фиксировалась на специальной платформе измеряемого устройства динамометра. При этом ось вращения измеряемого устройства совмещалась с осью вращения в голеностопном суставе. Стопа фиксировалась в нейтральной анатомической позиции (угол в голеностопном суставе составлял — 90°). Перед тестовой процедурой каждый обследуемый выполнял стандартную разминку и 3-5 субмаксимальных сокращений для ознакомления с тестовой процедурой. Затем его инструктировали и просили выполнить задание — «как можно сильнее сократить мышцу» и измерялся максимальный суставной момент (максимальная произвольная сила — МПС). Учитывался лучший результат из трех попыток. Затем испытуемого просили развить усилие в 50 % МПС и удерживать в течение 5 сек. для получения УЗ изображения. Пациентов с моторными нарушениями просили выполнить только максимальное произвольное усилие аналогичного характера, лежа на спине, используя упор для стопы.

Результаты. Результаты исследования показывают, что у здоровых лиц 52 ± 3.6 г. в момент мышечного напряжения — произвольного усилия, наблюдается достоверное увеличение угла наклона мышечного волокна во всех трех головках икроножной мышцы: в GM — на 60%, SOL — на 17% и GL — на 41%. Отмечается высокий $\Delta\%$ изменений угла наклона у GM и GL. Достоверно изменяется и длина мышечного волокна: укорочение волокна в момент усилия составляет в GM, SOL и GL — 31, 41, 26 %% соотв. Толщина мышцы достоверно увеличивается только в GL — на 22%, незначительно выражено утолщение мышцы в GM, SOL.

На рисунках представлены ультразвуковые изображения головок икроножной мышцы здоровых лиц в условиях покоя, усилия (напряжения) и у больного с атрофией мышцы.

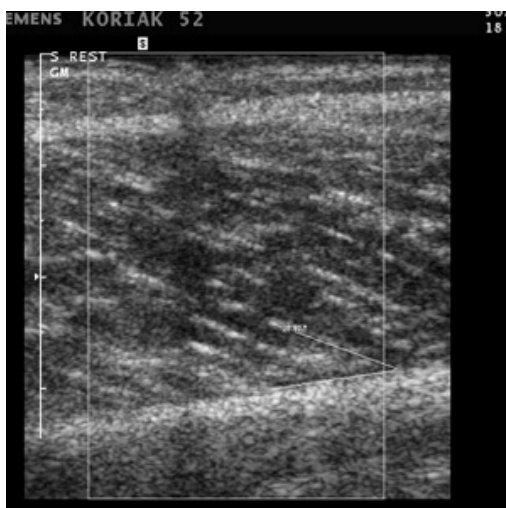


Рис.1 GM в норме и покое.



Рис.2. GM в норме при напряжении.

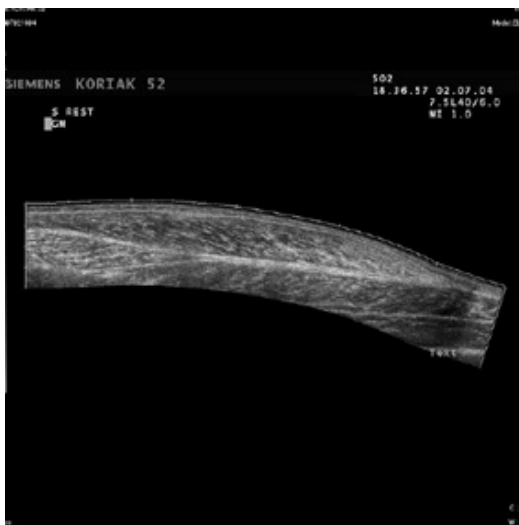


Рис. 3.

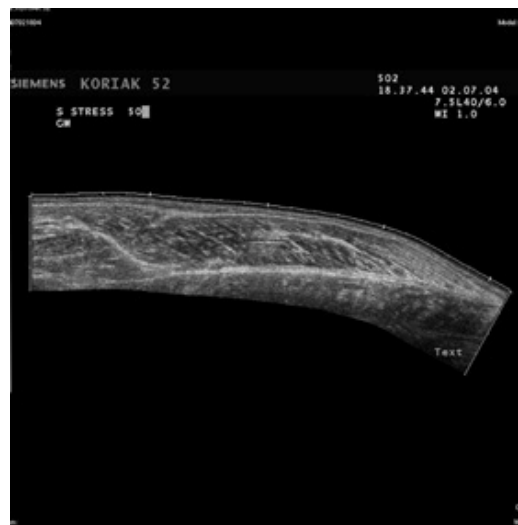


Рис. 4.

Рис. 3. Продольное сечение GM в норме. Рис. 4. Продольное сечение GM в норме при напряжении.



Рис. 5

Рис. 5. Признаки атрофии мышцы у б. с последствиями ДЦП в покое.

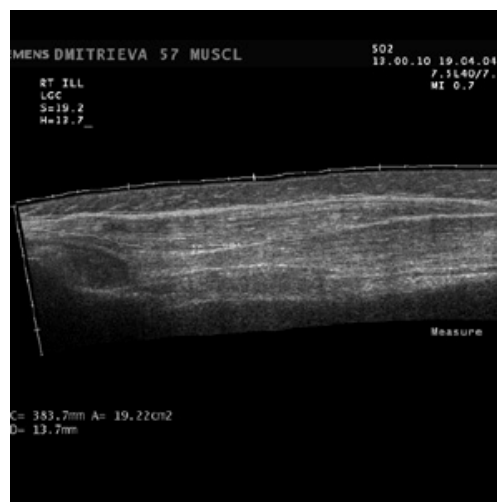
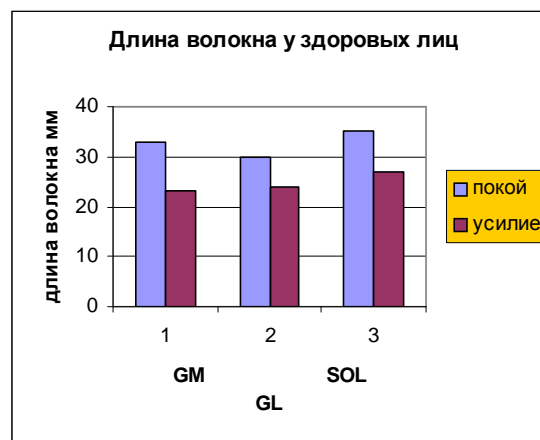
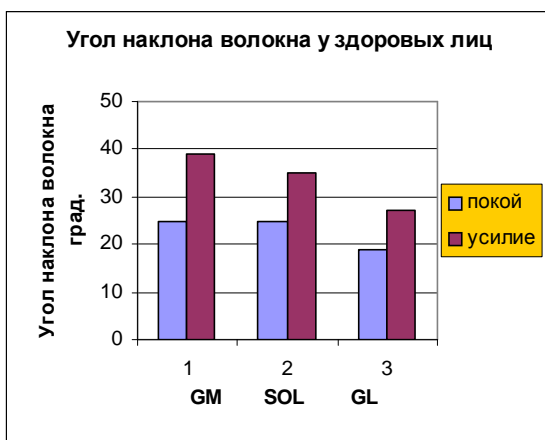


Рис. 6

Рис. 6. GL у больной с признаками атрофии мышцы при напряжении.



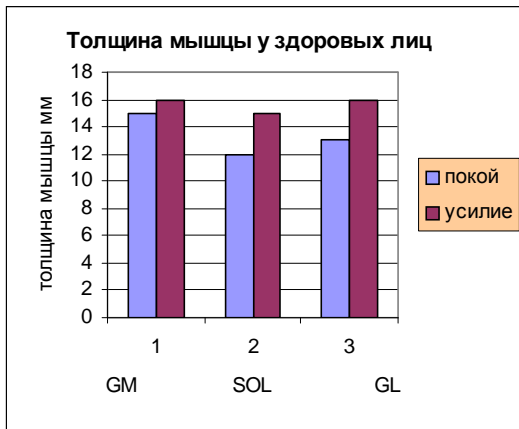


График 1. Показатели архитектуры трех головок икроножной мышцы здоровых лиц в покое и при усилии (напряжении).

С возрастом меняются функциональные свойства мышц, снижается сила различных мышечных групп, уменьшается количество и объем мышечных волокон, наблюдается замена сократительных элементов соединительной тканью и жиром (Мак-Комас, 2001). С целью выявления особенностей сократительной функции трех головок икроножной мышцы у практически здоровых лиц пожилого возраста по сравнению со здоровыми лицами более молодого возраста были обследованы по той же методике 19 здоровых лиц старше 78 лет.

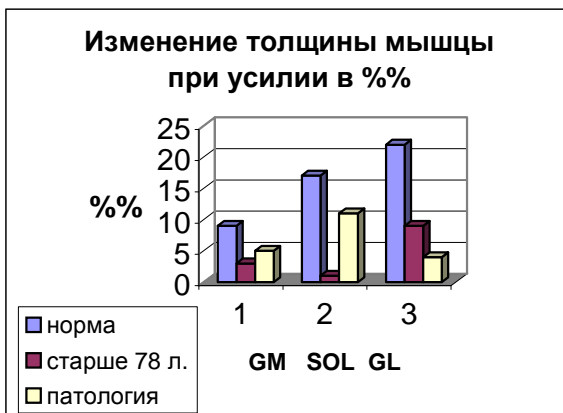
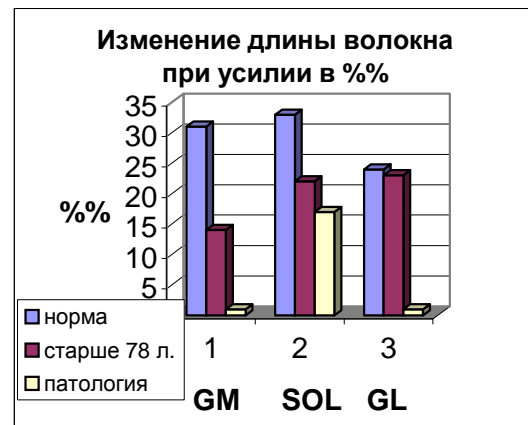
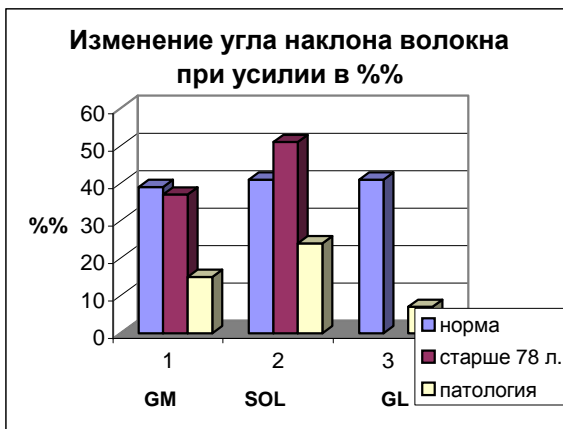


График 2. Показатели архитектуры 3-х головок икроножной мышцы в 2-х группах здоровых лиц – в т.ч.старше 78 лет и у пациентов с двигательными нарушениями при усилии.

Результаты исследования показывают, что в момент мышечного напряжения — произвольного усилия, наблюдается достоверное увеличение угла наклона мышечного волокна во всех трех головках икроножной мышцы: в GM - на 38%, SOL - на 51% и GL - на 65% и преобладает в SOL и GL: в более молодом возрасте прирост больше выражен в GM. Отмечается высокий $\Delta\%$ изменений угла наклона у всех 3-х мышц. Достоверно изменяется и L мышечного волокна: укорочение волокна — в момент усилия составляет в GM, SOL и GL - 14, 22, 23% соответственно; укорочение одинаково в GI и SOL и более выражено по сравнению с GM, т.е. наблюдается такая же зависимость, как и в изменении θ наклона мышечного волокна по сравнению с группой более молодого возраста. H у всех трех мышц не меняется.

Таким образом, характер изменений основных показателей функциональных свойств мышц у лиц пожилого возраста по данным УЗ исследования аналогичен изменениям, выявленным у здоровых лиц более молодого возраста. Особенностью является перераспределение функциональных нагрузок между головками икроножной мышцы голени, отсутствие достоверного утолщения мышц в момент усилия.

В группе больных с двигательными нарушениями укорочение L и H было недостоверно, составили в GM, SOL и GL: -0.5; 16.5, -0,6 и 5.1; 11.3, 3.9 %% соответственно. Наблюдалось незначительное увеличение угла Q — на 15.1, 24,0, 7.3 %% ($p < 0.01$) соответственно. У пациентов отмечались некоторые особенности изменений архитектуры при выполнении усилия 50 % МПС – изменения носили обратный характер по сравнению со здоровыми лицами: в GM, SOL в 37% случаев отмечалось увеличение L на 33 % ($p < 0.01$), в 19 % сл. H уменьшалась на 13% ($p < 0.01$), в 22 % — Q уменьшался на 19 %. В SOL особенности изменения архитектуры мышцы были аналогичны изменениям у здоровых испытуемых, однако, степень этих изменений была меньше.

Заключение. Таким образом, у пациентов с моторными нарушениями в условиях выполнения функциональной нагрузки – произвольного усилия, изменения архитектуры мышц отличаются от здоровых испытуемых. Функциональные изменения архитектуры 3-х главой мышцы голени у лиц пожилого возраста старше 78 лет сохраняются те же тенденции, что и у лиц более молодого возраста и наблюдается перераспределение функциональных нагрузок между головками икроножной мышцы голени. Отмеченные особенности архитектуры мышц обусловлены заболеванием и гиподинамией, требуют дальнейшего исследования. Более того, можно допустить, что условия невесомости — гиподинамии, также могут быть причиной подобных изменений в мышечном аппарате. Изучение архитектуры скелетной мускулатуры имеет важное значение в понимании патологических изменений, вызванных заболеваниями или гиподинамией. Эти результаты помогут на ранних этапах болезни, а также в процессе лечения и реабилитации пациента определить прогноз функционального состояния мышцы и объем возможных физических нагрузок.