

Методологические особенности комплексного описания мышц при удлинении конечностей

М.С. Сайфутдинов, Т.И. Менщикова, Н.К. Чикорина

The methodological peculiarities in complex muscle description for limb lengthening

M.S. Saifutdinov, T.I. Menschikova, N.K. Chikorina

Федеральное государственное учреждение

«Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова Росмедтехнологий», г. Курган
(генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Сопоставление результатов ЭМГ- тестирования мышц удлиняемой конечности с результатами ультразвуковой визуализации структуры мышцы у больных в клинике и данными морфологических исследований у экспериментальных животных с учётом различий анатомических характеристик, видовой специфичности реакции тканей на экстремальные воздействия позволяют констатировать однонаправленность динамики функциональных и структурных признаков реактивно-репаративного ответа мышечной ткани на воздействие факторов distraction. **Ключевые слова:** электромиография, ультразвуковая визуализация, электронная микроскопия, мышца, distraction-остеосинтез.

The comparison of results of EMG-testing of the muscles of the limb lengthened with the results of ultrasound visualization of muscular structure of in-patients and the data of morphological studies of experimental animals allows to ascertain the unidirectional dynamics of functional and structural signs of reactive-and-reparative response of muscular tissue to the influence of distraction factors in view of anatomical characteristic differences, species-related specificity of tissue reaction to extreme exposures.

Keywords: electromyography, ultrasound visualization, electron microscopy, muscle, distraction osteosynthesis.

В настоящее время разработаны [1] и широко используются [2] разнообразные экспериментальные модели distraction-остеосинтеза, позволяющие всесторонне изучать процессы, протекающие в мышцах удлиняемого сегмента конечности. Их важным преимуществом является возможность сопоставления многообразных физиологических показателей функционального состояния мышц с комплексом структурных изменений [3, 4].

Сложность возникает при экстраполяции полученных данных на ситуацию удлинения конечностей у человека в клинике [5]. Прежде всего, ЭМГ мышц удлиняемого сегмента у больных регистрируется при их максимальном произвольном напряжении по команде врача [6]. Естественно, экспериментальное животное выполнить такую команду не может, поэтому для тестирования мышц в этом случае используется стимуляционная электромиография (М-ответы при супрамаксимальном раздражении соответствующих нервов) [3]. В клинике подобные тесты используются преимущественно для мышц сегмента конечности, расположенного дистальнее зоны удлинения [7]. Тест «максимальное произвольное напряжение» показывает (рис. 1) долю мотонейронов, способных активироваться при произвольном напряжении мышцы т.е. фактически характеризует уровень центрального торможения мотонейронного пула, в то время как максимальный М-ответ количественно отражает число мышечных волокон, активно

отвечающих на супрамаксимальное раздражение соответствующего нерва, т.е. характеризует состояние периферического звена части двигательных единиц (ДЕ), оставшихся не вовлечёнными в реактивно-пластические процессы. Поэтому в экспериментальных моделях динамика М-ответов фактически отражает изменение на разных этапах воздействия доли мышечных волокон, не захваченных реактивно-репаративными процессами, а в клинических условиях мы наблюдаем динамику интенсивности охранительного торможения соответствующих двигательных центров, маскирующего истинный объём структурно-функциональных преобразований, поскольку пул заторможенных мотонейронов превосходит множество ДЕ, вовлечённых в процессы трансформации.

Сопоставление данных электрофизиологических наблюдений в клинике и эксперименте с результатами морфологических исследований препаратов мышечной ткани и периферических нервов, полученных после удлинения конечности у экспериментальных животных, должно проводиться осторожно с учётом различий анатомических характеристик (абсолютные и относительные размеры сегментов конечностей, величины и темпы удлинения), видовой специфичности реакции тканей на экстремальные воздействия (особенности реактивных, регенераторных и патологических процессов) и того обстоятельства, что в клинике в подавляющем большинстве случаев (за исключе-

нием косметических операций) удлиняют патологически изменённую, а у экспериментальных животных – практически здоровую конечность. Феномены, получаемые на экспериментальных моделях, могут принадлежать к реактивным, репаративным или деструктивным изменениям мышечных волокон. Но на основании качественных данных мы не можем судить о масштабах и характере их распределения в целой мышце или группе мышц экспериментального животного, а тем более у больного в клинике. Даже биопсия мышечной ткани, взятая непосредственно у пациентов в процессе удлинения, ввиду пространственно-временной локальности процедуры не даст окончательной и всеобъемлющей картины структурных перестроек в мышце. Все наблюдаемые на микроуровне феномены в какой-то мере ответственны за снижение ЭМГ-параметров, но количественно для каждого из них эту меру ответственности охарактеризовать в настоящее время невозможно. Проблема состоит ещё и в том, что вышеупомянутые ЭМГ-тесты отражают функциональное состояние мышцы в целом, т.е. макроуровень изучаемого объекта, а описательные морфологические исследования – его микроуровень. Возникающую между ними пропасть, могли бы заполнить данные количественной морфологии [8] и игольчатая миография [9].

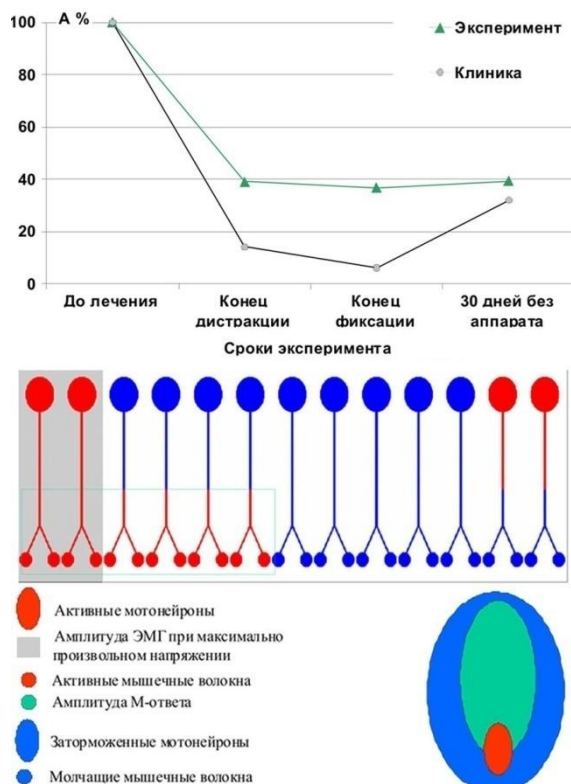


Рис. 1. Связь динамики ЭМГ-показателей передней большеберцовой мышцы с состоянием её двигательных единиц при удлинении голени в эксперименте и клинике

Другим перспективным направлением [10] развития систем диагностики для заполнения информационно-формационной пропасти в мезопространстве меж-

ду макро- и микроуровнями мышцы мы считаем включение в комплекс тестирования методов ультразвуковой визуализации, позволяющей увидеть перисто-волокнистый рисунок, образуемый пучками мышечных волокон n-го порядка. Это позволяет оценить их толщину, чёткость (размытость) очертаний, направление и угол наклона к оси мышцы, состояние соединительнотканых перегородок между отдельными мышечными порциями и окружающими тканями. Возможности метода можно продемонстрировать, сравнивая визуальную картину состояния мышцы до оперативного вмешательства и в процессе удлинения (рис. 2), когда её структура становится «размытой», так как исчезают четкие границы между отдельными субъединицами. Данный феномен возникает, прежде всего, за счёт дезинтеграции внутреннего порядка взаиморасположения элементов мышечной и соединительной ткани при некотором увеличении количества последних, косвенным свидетельством этого можно считать возрастание эхоплотности. При этом контуры мышцы становятся неровными и нечеткими. Если подобная картина наблюдается при сохранении произвольной ЭМГ, выше некоторого минимального критического уровня (20-30 мкВ), эмпирически установленного в ранее проведённых исследованиях [11], мы вправе экстраполировать на микроуровень данные о наличии процессов регенерации мышечных волокон, полученные на соответствующей экспериментальной модели (рис. 3, 4).

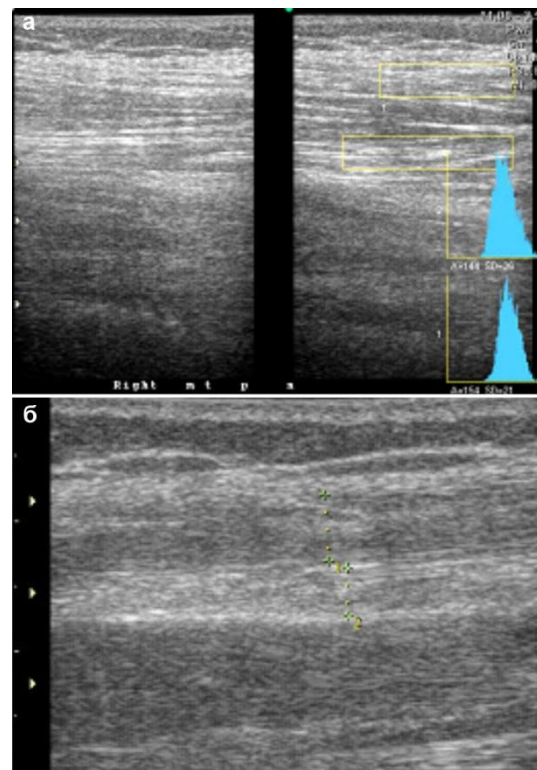


Рис. 2. Эхограммы передней группы мышц голени больного ахондроплазией 11 лет: а – период дистракции 65 дней (в состоянии покоя и при статическом напряжении); б – период фиксации 10 дней (в состоянии покоя)

Таким образом, несмотря на то, что разработка чётких алгоритмов синтеза ЭМГ-, ультразвуковой визуализации и морфологических данных в настоящее время далека от завершения, сопоставление тестирования мышц удлиняемой

конечности этими методами позволяет констатировать однонаправленность динамики функциональных и структурных признаков реактивно-репаративного ответа мышечной ткани на воздействие факторов дистракции.



Рис. 3. Ультраструктура участка мышечного волокна брюшка передней большеберцовой мышцы взрослой собаки через 28 суток дистракции. Очаговая внутриклеточная регенерация. Электронограмма $\times 7200$

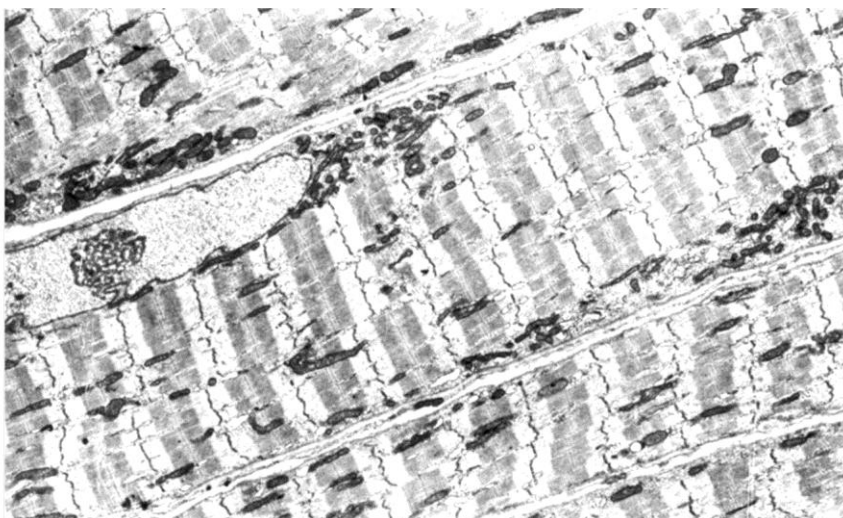


Рис. 4. Ультраструктура участка брюшка передней большеберцовой мышцы взрослой собаки через 30 суток после снятия аппарата. Электронограмма $\times 3200$

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевцов, В. И. Эксперимент : значение фундаментальных и прикладных научных исследований в разработке новых принципов лечения ортопедо-травматологических больных на основе метода чрескостного остеосинтеза / В. И. Шевцов // Гений ортопедии. – 1999. - № 2. – С. 6-9.
2. Теоретические аспекты дистракционного остеосинтеза. Значение режима дистракции / А. А. Шрейнер [и др.] // Гений ортопедии. – 1999. - № 2. – С. 13-17.
3. Сайфутдинов, М. С. Зависимость динамики вызванной биоэлектрической активности и морфологических характеристик мышц голени от вида оперативного вмешательства при ее удлинении в эксперименте / М. С. Сайфутдинов, С. А. Ерофеев, Н. К. Чикорина // Гений ортопедии. – 2003. - № 4. – С. 67-71.
4. Морфофункциональная характеристика мышц голени при удлинении ее с высокой дробностью и в разное время суток / Н. К. Чикорина [и др.] // Гений ортопедии. – 2001. - № 4. - С. 13-17.
5. Сайфутдинов, М. С. Комплексное исследование мышц при удлинении конечностей / М. С. Сайфутдинов, Т. И. Менщикова, Н. К. Чикорина // Морфофункциональные аспекты регенерации и адаптивной дифференцировки структурных компонентов опорно-двигательного аппарата в условиях механических воздействий : материалы междунар. науч.-практ. конф. - Курган, 2004. – С. 238-240.
6. Дедова, В. Д. Оперативное удлинение укороченных нижних конечностей у детей / В. Д. Дедова, Т. И. Черкасова. - М. : Медицина, 1973. – 128 с.
7. Шеин, А. П. Электрофизиологическое исследование функциональных характеристик срединного и локтевого нервов в условиях оперативного удлинения плеча / А. П. Шеин, Г. А. Криворучко, В. И. Калякина // Чрескостный компрессионный и дистракционный остеосинтез в ортопедии и травматологии : сб. науч. тр. - Курган, 1980. - Вып. VI. - С. 70-76.
8. Стереологический анализ, характеризующий процессы адаптации передней большеберцовой мышцы при различных режимах удлинения голени по Илизарову / Г. Н. Филимонова [и др.] // Гений ортопедии. – 1999. - № 3. – С. 14-19.
9. Шеин, А. П. Механизмы дезинтеграции в системе «сенсомоторный аппарат – схема тела» периферического генеза на модели удлинения конечностей / А. П. Шеин // Гений ортопедии. – 1998. - № 4. – С. 65-71.
10. Возможности рентгенологической и ультрасонографической оценки состояния мягких тканей при лечении укорочений нижних конечностей по методу Илизарова / В. И. Шевцов [и др.]. – Курган, 2003. – 167 с.
11. Криворучко, Г. А. Электромиографический контроль пластических перестроек нервных стволов и мышц в условиях дистракционного остеосинтеза по Илизарову / Г. А. Криворучко, А. П. Шеин // Лечение ортопедо-травматологических больных в стационаре и поликлинике методом чрескостного остеосинтеза, разработанным в КНИИЭКОТ : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Курган, 1982. - С. 79-82.

Рукопись поступила 10.01.2008.