



УДК 531/534: [57+61]

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХ ВЫБРАННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТОНУСА МЫШЦ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

П. Шифта¹, Д. Равник², Я. Юдл¹, П. Дастых¹, В. Биттнер³, В. Фантова⁴

¹ Faculty of Physical Education and Sport, Charles University of Prague, Jose Martiho 31, CZ-162 52, Prague, Czech Republic, e-mail: siffta@nemjbc.cz

Факультет физического воспитания и спорта, Университет Карла, Чехия

² Faculty of Health Sciences, University of Primorska, Polje 42, SI-6310, Izola, Republic of Slovenia, e-mail: david.ravnik@fvz.upr.si

Факультет здравоохранения, Приморский университет, Словения

³ Department of Physical Education, Technical University of Liberec, Na Bohdalci 715, CZ-460 15 Liberec, Czech Republic, e-mail: vaclav.bittner@tul.cz

Кафедра физического воспитания, Технический университет Либереца, Чехия,

⁴ Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague, Technická 2, CZ-166 27, Prague, Czech Republic

Электротехнический факультет, Чешский технический университет, Чехия

Аннотация. Объектом исследования является тонус мышц, который может быть повышенным даже у здоровых людей. В качестве сравнения были выбраны два общепринятых метода: сауна-терапия (которая используется большинством людей) и иглоукалывание, используемое терапевтами для уменьшения мышечного тонуса и облегчения боли. Для измерений вязкоупругих свойств мягких тканей был сконструирован прибор миотонметр. Производилась оценка влияния сауны на напряжения в мышце, возникающие после краткосрочной максимальной анаэробной нагрузки в сравнении с пассивным отдыхом. Также исследовалось влияние иглоукалывания на тонус мышц. После короткой максимальной анаэробной нагрузки ожидался повышенный мышечный тонус, однако по результатам было выявлено, что тонус мышц, наоборот, мог уменьшаться. Величины мышечного тонуса после нагрузки были отличны от ожидаемых и, следовательно, влияли на измерения после сауна-терапии. Ранее было предположено, что значительно увеличенный мышечный тонус после упражнений будет уменьшаться быстрее при использовании сауна-терапии, чем при пассивном отдыхе. Данная гипотеза не может быть подтверждена, поскольку значения мышечного тонуса у волонтеров с триггерными точками показывали уменьшение после иглоукалывания в большинстве случаев.

Ключевые слова: мышечный тонус, сауна-терапия, иглоукалывание, миотонметр.

ВВЕДЕНИЕ

Мышечный тонус является предметом исследований, интересным каждому. Повышенный мышечный тонус может быть в мышцах даже здоровых людей, подверженных напряжению при физических упражнениях, ручном труде и т.д., либо при перенапряжении мышцы при какой-либо неправильной позе или стереотипном движении, либо при нейровегетативных реакциях на эмоциональные расстройства.

Существует множество методов, используемых для снижения повышенного мышечного тонуса. В этом исследовании были рассмотрены два широко используемых способа снижения мышечного тонуса, и целью была оценка их эффективности. Для этого необходимо точно измерять изменения мышечного тонуса. Для измерения вязкоупругих свойств мягких тканей был разработан миотометр. Саунатерапия, являющаяся широко используемым методом релаксации и регенерации, – предмет первых измерений авторов, иглоукалывание исследовалось во вторую очередь. Иглоукалывание представляет собой общепринятый лечебный метод для пациентов с триггерными точками и повышенным мышечным тонусом. Саунатерапия состоит из двух фаз – нагрев и охлаждение, повторяющихся несколько раз и завершающихся отдыхом. Польза для здоровья саунатерапии известна сотни лет. Предметом изучения множества работ является исследование физиологических реакций человеческого тела, вызванных посещением сауны. В основном исследовались сердечно-сосудистые, метаболические и нейрогуморальные реакции. Некоторые из этих физиологических реакций, такие как изменение мозгового кровотока [7], увеличение секреции стресс-гормона [6] и увеличение парасимпатической активности [4, 7, 10], могут вызывать изменения мышечного тонуса. Однако в данных исследованиях не проводились фактические измерения влияния саунатерапии на изменение мышечного тонуса. Похожие исследования проводились по исследованию влияния тепла на гипертонус мышцы вследствие спастичности [2, 8], где значительное снижение мышечного тонуса было найдено.

Иглоукалывание является одним из приложений акупунктуры при помещении иглы непосредственно в триггерную точку. Этот метод часто используется в качестве средства для лечения больных с нарушениями мышечного тонуса, таких как миофасциальный болевой синдром и т.д. Некоторые исследования по оценке влияния иглоукалывания проводились на основе субъективных измерений, например сопротивления мышцы при пассивном растяжении [3], с использованием визуально-аналоговой шкалы боли или при различных движениях [5]. В связи с отсутствием точных измерений можно отметить низкое качество большинства исследований, содержащих небольшое количество точных значений для доказательства положительного влияния иглоукалывания на мышечный тонус, что и было указано в обзоре [1].

Методы

Для сравнительного анализа двух выбранных методов использовался миотометр.

Миотометр

Данное биомеханическое устройство было сконструировано для оценки вязкоупругих свойств мягких тканей. Основной частью устройства является тензометрический датчик, который подключен через аналого-цифровой усилитель к компьютеру (рис. 1). Миотометр работает с постоянной скоростью для измерения сопротивления мягких тканей. Было предсказано, что каждый вид мягкой ткани

(жир, фиброзные ткани, мышцы) имеет специфическую реакцию к постоянной силе. Откликом является петля гистерезиса в координатах «сила – удлинение». Кривая гистерезиса имеет определенную форму для каждой группы мышц. Зная форму и площадь гистерезиса, можно определить вязкие и упругие компоненты мягких тканей (в нашем случае – свойства мышечной ткани).

Интерпретация петли гистерезиса

Значения тензометрического датчика и положение датчика, записанные в зависимости от времени, являются выходными данными. Для обработки и оценки данных с помощью программы *Matlab* был разработан специальный код. Собранные значения представлены в виде петли гистерезиса (рис. 2), которая имеет две части. Первая часть представляет собой экспоненциальную восходящую кривую, отражающую первые 5 с эксперимента – сжатие миотонометром мягкой ткани. Вторая часть кривой гистерезиса является нисходящей экспоненциальной кривой, представляющей последующие 5 с эксперимента.

Для устранения влияния кожно-жировой ткани были установлены нижняя граница на уровне 10 Н и верхняя граница – на уровне 40 Н для защиты пациента от чрезмерных болевых ощущений. Данные предельные точки соединяются хордой, которая отражает наклон кривой. В наиболее удаленном месте от хорды до кривой гистерезиса строится перпендикуляр. Длина перпендикуляра прямо пропорциональна размеру отклонения кривой гистерезиса и представляет собой упругость мышцы [9, 11, 14]. После изучения данных пациентов и результатов измерений с помощью миотонометра были обнаружены два параметра, которые определяют механические характеристики: во-первых, наклон хорды (чем больше наклон, тем жестче мышца) и, во-вторых, длина перпендикуляра (чем больше отклонение кривой по возрастанию, тем менее степень поражения мышцы вследствие гипертонуса или спастичности [12, 13]). Помимо этих двух параметров, степень диссипации энергии может быть определена по площади петли гистерезиса [15]: чем больше площадь, тем больше диссипация и мышца менее пластичная [13, 14].

Процедура измерения с помощью миотонометра

При проведении измерений пациенты находились в положении лежа с полусогнутой в коленном суставе ногой. Производились измерения тонуса, когда мышца находилась в расслабленном состоянии. Для измерения была выбрана камбаловидная мышца. Каждое измерение осуществлялось два раза, и результаты были усреднены.

Этика

Этическое одобрение измерений было получено от комитета по этике исследований факультета физического воспитания и спорта человека Университета Карла (г. Прага). Все пациенты подписали информированное согласие.

Метод терапии I: сауна-терапия

Цель. Оценка влияния сауны на напряжение мышц после краткосрочной максимальной анаэробной нагрузки и сравнение его с пассивным отдыхом.

Гипотеза. Было предсказано, что после короткой максимальной анаэробной нагрузки мышечный тонус будет увеличиваться. Далее тонус после сауна-терапии будет уменьшаться более интенсивно, чем при пассивном отдыхе.

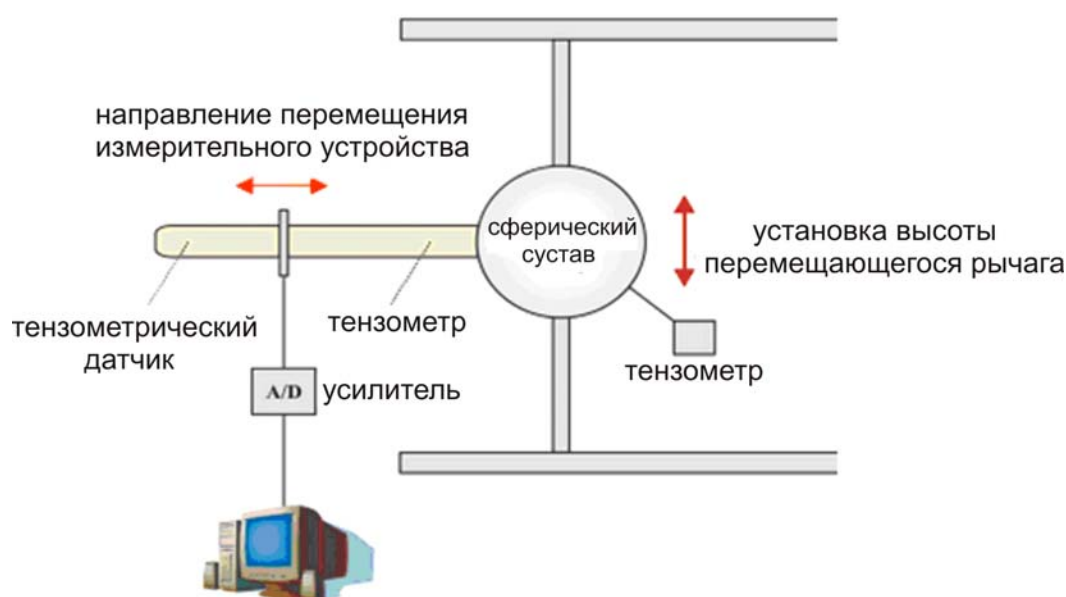


Рис. 1. Устройство миотонометра

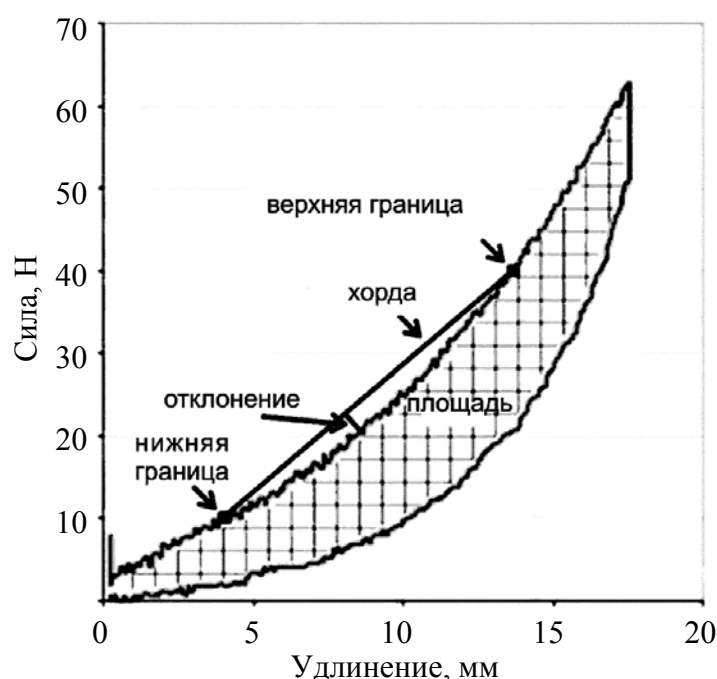


Рис. 2. Петля гистерезиса

Участники. Шесть здоровых студентов-добровольцев были отобраны на факультете физического воспитания и спорта в Праге. Шесть человек были выбраны случайным образом и разделены на две группы. Первая группа из трех человек – группа исследований, вторая – контрольная группа.

Процедура. Сначала производились измерения обеих групп с помощью миотонометра. После этого обе группы были подвергнуты тесту Вингейта (*Wingate*). Также у всех добровольцев была взята кровь для оценки уровня лактата в крови с целью подтверждения анаэробной нагрузки. Затем экспериментальная группа участвовала в саунаотерапии из двух циклов, а у контрольной группы был пассивный

отдых в тот же промежуток времени. Напряжение мышц измеряли до нагрузки, после нагрузки, а также после сауны / пассивного отдыха. Измерения проходили в лаборатории кинезиологии факультета физического воспитания и спорта Университета Карла.

Метод терапии II: иглоукалывание

Цель. Вторым рассмотренным методом стало иглоукалывание. Оценивалось его влияние на тонус мышц при патологии (триггерные точки, гипертонус).

Гипотеза. Было предсказано, что мышечный тонус снизится после иглоукалывания.

Участники. Четыре добровольца с хроническим заболеванием камбаловидной мышцы были отобраны из пациентов физиотерапевтического отделения факультета физического воспитания и спорта Университета Карла.

Процедура. Сначала у всех четверых добровольцев измерялся тонус мышц с помощью миотометра, а затем производилось иглоукалывание триггерных точек камбаловидной мышцы. Сразу после лечения у всех участников был измерен тонус мышц с помощью миотометра.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Метод терапии I: сауна

Измерения после нагрузки указывают на снижение мышечного тонуса у трех участников; у трех участников мышечный тонус был повышен. После сауны у двух участников мышечный тонус снизился, а у одного – повысился. В контрольной группе результаты отличаются таким образом, что никаких выводов не может быть сделано. Данные после саунаотерапии показали, что влияние на мышечный тонус было противоположным, чем для случая после нагрузки. Следовательно, гипотеза, что саунаотерапия обычно понижает мышечный тонус, не может быть подтверждена.

Таблица 1

Тонус мышц, измеренный у экспериментальной группы (сауна)

Участники	До нагрузки	После нагрузки	После сауны
<i>A</i>	3	2,7	3,8
<i>B</i>	3	3,15	2,65
<i>C</i>	2,6	3,2	3,1

Таблица 2

Тонус мышц, измеренный у экспериментальной группы (пассивный отдых)

Участники	До нагрузки	После нагрузки	После пассивного отдыха
<i>A</i>	3,75	2,5	3,25
<i>B</i>	3,35	2,95	2,65
<i>C</i>	3,2	3,6	3,05

Таблица 3

Тонус мышц, измеренный у группы после иглоукалывания

Участники	До иглоукалывания	После иглоукалывания
<i>A</i>	5,5	3,7
<i>B</i>	3,4	2,8
<i>C</i>	4,7	3,1
<i>D</i>	3	3,5

Метод терапии II: иглоукалывание

Трое из четырех участников показали значительное снижение мышечного тонуса после применения иглоукалывания в триггерную точку. У одного из участников наблюдалось увеличение мышечного тонуса. Интересным фактом было то, что это произошло с участником с наименьшим мышечным тонусом перед иглоукалыванием. При рассмотрении результатов обоих методов можно видеть, что среднее значение мышечного тонуса у здоровых волонтеров (табл. 1 и 2) перед нагрузкой – 3,15. Сравнивая это значение с данными табл. 3, видим, что наличие триггерных точек может привести к значительному увеличению мышечного тонуса, но не во всех случаях. Значения тонуса мышц некоторых людей с триггерными точками такие же, как и у здоровых.

ОБСУЖДЕНИЕ

Тест Вингейта был выбран потому, что интенсивная краткосрочная анаэробная нагрузка вызывает значительное увеличение уровня лактата в крови и, как считалось, повышение мышечного тонуса. Это не было подтверждено, напротив, в ходе эксперимента значения мышечного тонуса у большинства участников после нагрузки уменьшились. Это можно объяснить тем фактом, что интенсивные анаэробные упражнения вызывают стресс-реакции с повышенной секрецией катаболических гормонов, особенно адреналина, который участвует в увеличении циркуляции крови в нагруженной мышце и сердце. В связи с увеличением объемного кровотока метаболиты вымываются из мышц. Температура мышечной ткани повышается. Из-за короткой продолжительности нагрузки сокращение мышц не препятствует кровотоку, что обуславливает понижение мышечного тонуса после нагрузки. Значения тонуса мышц после нагрузки были противоположны ожидаемым величинам, следовательно, сауна-терапия оказала влияние на измерения. Предполагали, что значительное повышение мышечного тонуса после тренировки будет уменьшаться после сауна-терапии интенсивнее, чем при пассивном отдыхе, что не было подтверждено. Интересным фактом является то, что значения мышечного тонуса после сауна-терапии всегда менялись на противоположные, в отличие от изменений при пассивном отдыхе. Это означает, что сауна-терапия может изменять мышечный тонус к средним значениям. Значения мышечного тонуса у пациентов с триггерными точками показывают снижение после иглоукалывания в большинстве случаев, что должно быть вновь подтверждено в дальнейших исследованиях.

Что касается новых фактов, то возникают новые вопросы: Будет ли сауна-терапия повышать мышечный тонус в гипотонических мышцах? Какой тип упражнений увеличивает мышечный тонус, а какой может понизить его? Может ли иглоукалывание увеличить мышечный тонус в гипотонических мышцах? Какова связь между мышечным тонусом и триггерными точками? Следовательно, необходимо продолжение экспериментов в этой области исследований. Новые исследования также должны охватывать большие группы участников, чтобы получить значимые данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cotchett M.P., Landorf K.B., Munteanu S.E. Effectiveness of dry needling and injections of myofascial trigger points associated with plantar heel pain: a systematic review // *Journal of Foot and Ankle Research*. – 2010. – Vol. 1 (3). – P. 18–38.
2. Fukui K. *Thermotherapy: physical therapy*. – Tokyo: Ishiyaku, 1991. – 213 p.
3. Galego P.H., Moral O.M. A case study looking at the effectiveness of deep dry needling for the management of hypertonia // *Journal of Musculoskeletal Pain*. – 2007. – Vol. 15 (2). – P. 55–60.
4. Horne J.A., Reid A.J. Modifications de l'EEG du sommeil nocturne après élévation de la température corporelle par un bain chaud // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. – 1985. – Vol. 60. – P. 154–157.
5. Huguenin L., Brukner P.D., McCrory P., Smith P., Wajswelner H., Bennell K. Effect of dry needling of gluteal muscles on straight leg raise // *British Journal of Sports Medicine*. – 2005 – Vol. 39 (2). – P. 84–90.
6. Kukkonen-Harjula K., Kaupinen K. Health effects and risks of sauna bathing // *International Journal of Circumpolar Health*. – 2006. – Vol. 65. – P. 35–39.
7. Matej M. *Sauna v zdraví a chorobe*. – Martin: Osveta, 2005. – 115 p.
8. Matsumoto S., Kawahira K., Etoh S., Ikeda S., Tanaka N. Shortterm effects of thermotherapy for spasticity on tibial nerve F-waves in post-stroke patients // *Int. J. Biometeorol.* – 2006. – Vol. 50. – P. 243–250.
9. Pandayan A.D., Price C.I.M., Rodgers H., Barnes M.P., Johnson G.R. Biomechanical examination of a commonly used measure of elasticity // *Clinical Biomechanics*. – 2001. – Vol. 35, Suppl. 16. – P. 859–865.
10. Putkonen P.T.S., Elomaa E., Kotilainen P.V. Increase in delta (3+4) sleep after heat stress in sauna // *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* – 1973. – Vol. 31, Suppl. 130. – P. 19.
11. Šifta P. Measurement of viscoelastic properties of soft tissue in spastic syndrome: postgraduate work. – Prague, 2005. – 109 p.
12. Šifta P., Otáhal S., Šüssová J. Measurement of viscoelastic properties of soft tissue in spastic syndrome // *Proceedings of the 4th Congress for Neurorehabilitation. Neurorehabilitation and Neural Repair*, 2006. – P. 20.
13. Singer B., Dunne J., Allison G. Evaluation of triceps surae muscle length and resistance to passive lengthening in patients with acquired brain injury // *Clinical Biomechanics*. – 2002. – Vol. 36, Suppl. 17. – P. 152–161.
14. Sobotka Z. *Rheology of materials and structure*. – Prague: Academia, 1981. – 196 p.
15. Stupka M. Possibility of identification of changes of muscle tonus with CT examination: postgraduate work. – Prague, 2001. – 109 p.

THE EFFECTIVITY OF TWO SELECTED REHABILITATION METHODS USED FOR DECREASING MUSCLE TONE: A PILOT STUDY

P. Šifta (Prague, Czech Republic), D. Ravnik (Isola, Republic of Slovenia), J. Judl,
P. Dastyh (Prague, Czech Republic), V. Bittner (Liberec, Czech Republic), V. Fantova
(Prague, Czech Republic)

Muscle tone is a subject of research for the whole population. Increased muscle tone can be found in muscles, also in healthy subjects. Two commonly used methods were studied: sauna-therapy, which is commonly used by the general population and dry needling, which is commonly used by therapists to decrease muscle tone and relieve pain. For this purpose, a prototype device “myotonometer” was developed to measure the viscoelastic properties of soft tissues. The impact of sauna usage on muscle tension has been assessed, which occurred after short term maximal anaerobic exercise in comparison with passive rest. It has also been assessed the impact of dry needling on muscle tension. The surprising finding was that after a short maximal anaerobic load increased muscle tonus was expected, but according to results it did not necessarily occur – but contrary, this tonus may even decrease. The values of muscle tone after load were opposite to expectations and thus affected the measurements of sauna-therapy. Earlier, the hypothesis was that significantly increased muscle tone after exercise will decrease using sauna-therapy significantly more then during passive rest. This could not be confirmed. Because values of muscle tone in participants with trigger points show a decrease after dry needling in most cases, it should be reconfirmed in further studies.

Key words: muscle tone, sauna-therapy, dry needling, myotonometer.

Получено 4 июля 2013