

Прижизненное биомеханическое тестирование кожных покровов человека в условиях функциональной циклической нагрузки

В.А. Щуров, Э.Н. Абрамов

Intravital biomechanical testing of human skin integuments during functional cyclic loading

V.A. Schurov, E.N. Abramov

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган (Генеральный директор — академик РАМТН, д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ В.И. Шевцов)

Предложено новое устройство для оценки биомеханических свойств кожных покровов человека, которое можно использовать в процессе выполнения пробы с велоэргометрической нагрузкой.

Апробация устройства позволила выявить, что характерное снижение упругости кожных покровов в процессе выполнения пробы было более выражено у спортсменов и взрослых здоровых людей по сравнению с детьми и подростками. У дезадаптированных к физическим нагрузкам больных в условиях лечения по Илизарову выше исходные показатели упругости, что связано с гипергидратацией тканей, меньше уровень работоспособности и амплитуда изменений показателя упругости тканей.

Ключевые слова: кожа, биомеханика, тестирование, функциональная нагрузка, чрескостный остеосинтез, аппарат Илизарова.

A new device for assessment of biomechanical properties of human skin integuments is proposed, which can be used in the process of testing with veloergometric load.

Evaluation of the device allows to reveal, that characteristic decrease of skin integument elasticity during testing is more marked in sportsmen and sound adult subjects in comparison with children and adolescents. Initial indices of elasticity are higher in patients, disadapted to physical loads, during the treatment according to Ilizarov, that is connected with hyperhydration of tissues, less level of fitness to work and amplitude of changes in the index of tissue elasticity.

Keywords: skin, biomechanic, testing, functional loading, transosseous osteosynthesis, the Ilizarov apparatus.

Лечение ортопедо-травматологических больных по Илизарову, в частности увеличение длины конечностей, замещение дефектов тканей сопровождаются значительными и мало исследованными изменениями биомеханических свойств кожных покровов (2, 3, 5). Несмотря на доступность кожных покровов в качестве объекта исследования, существующие в настоящее время методики механического тестирования кожи не получили распространения в клинической практике. В работе врачей эти методики могут найти применение лишь в том случае, если они будут неинвазивными, безболезненными, относительно простыми и доступными, позволяющими получать объективную и достоверную информацию о биомеханических свойствах кожных покровов.

Нами усовершенствовано разработанное ранее Б.И. Кудриным и В.А. Щуровым [2] измерительное устройство. Предлагаемый способ биомеханического тестирования отвечает перечисленным выше требованиям и кроме того позво-

ляет производить измерения в процессе функциональной циклической нагрузки [1]. Это обстоятельство имеет существенное значение, поскольку одним из постулатов учения Г.А. Илизарова при лечении больных является обеспечение после операции функционального циклического нагружения. Однако влияние этой нагрузки на состояние тканей конечности остаётся практически не исследованным.

Исследование в условиях циклической мышечной деятельности в силу ряда особенностей предъявляет дополнительные требования к данному типу измерительных устройств [4]:

- исследуемый участок кожи при повторных пробах должен полностью совпадать с предшествующими;
- усиленное потоотделение, сопровождающее мышечную деятельность, не должно снижать адгезивные свойства материала;
- сила прижима диска устройства к кожным покровам не должна изменяться, так как это влияет на оцениваемые показатели.

Предлагаемая нами модификация устройства сохранила в себе все достоинства прототипа, но позволила исключить влияние отмеченных особенностей на результаты измерений.

Изменение претерпела контактная часть прибора, а именно модернизирован накладной диск, который легко отделяется от корпуса устройства и приклеивается к поверхности кожи клеолом (рис. 1).

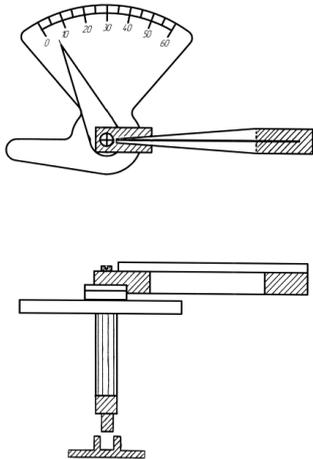


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для определения упругости кожных покровов (две проекции).

Принцип действия прибора основан на измерении степени ротации ограниченного участка кожи, вызываемой приложением тангенциально направленного момента силы. Момент силы прилагается к поверхности кожи через накладной диск, который предварительно приклеивается с помощью клеола. При этом целостность функции устройства обеспечивает вставление торца оси измерительного устройства, выполненного в виде пластинки, в адекватную по размеру прорезь на накладном диске.

Устройство состоит из стержня, являющегося осью, на одном конце которого неподвижно крепится сектор. На секторе нанесена шкала в градусах. К противоположному концу сектора крепится стальная пластинка. Стрелка крепится к упору на дистальном конце стальной пружины и служит для контроля необходимого вращающего момента. Вторая стрелка жестко соединена с осью прибора и позволяет определить угол вращения диска относительно градуированного сектора. В нашем устройстве диаметр накладно-

го диска равен 20 мм, вращающий момент - 6 Н*см.

Подлежащий измерению участок кожи обезжиривают с помощью спирта, наносят слой клеола и приклеивают накладной диск. Эксплуатация прибора возможна после высыхания клея. Обеспечив неподвижный контакт с кожей, измерительную часть прибора вставляют торцевой частью в прорезь на диске. Исследователь левой рукой неподвижно удерживает сектор, создавая требуемый вращательный момент приложением к торцу плоской пружины усилия указательным пальцем правой руки. Величину вращающего момента контролируют по показанию первой стрелки. Угол ротации кожи отсчитывают по положению второй стрелки на шкале сектора.

Показатель упруго-эластических свойств кожи (E) оценивается по углу ротации, который прямо пропорционален вращающему моменту силы и обратно пропорционален площади накладного диска. Размерность показателя выражается в Н/(см*град).

Исследования следует проводить в положении обследуемого "лежа на спине", все звенья тела должны быть расслаблены.

С помощью данной методики изучалось влияние 2-часовой велоэргометрической нагрузки (мощность 60% от максимальной, скорость педалирования - 75 об/мин) на биомеханические свойства кожных покровов передней поверхности бедра у спортсменов различной специализации, не занимающихся спортом здоровых обследуемых разного возраста и больных с переломами костей плеча или голени в конце периода фиксации.

Поскольку биомеханические свойства мягких тканей в состоянии физического покоя при прочих равных условиях определяются степенью их гидратации, результаты исследования позволили определить динамику перераспределения жидкостных объемов при циклическом нагружении конечности и оценить особенности реакции мягких тканей при лечении больных.

Обнаружено, что у спортсменов показатель упругости кожи самый низкий, повышается в начале работы и снижается к 30 минуте, оставаясь сниженным до конца пробы (табл. 1).

Таблица 1

Показатели упруго-эластических свойств кожных покровов во время велоэргометрической нагрузки (E=Н/(см*град))

Группы обл	До нагр.	ВРЕМЯ НАГРУЗКИ (мин)							
		15	30	45	60	75	90	105	120
Спортсм. (12)	0,054±0,003	0,070±0,004	0,030±0,007	0,054±0,002	0,051±0,003	0,050±0,002	0,050±0,006	0,050±0,003	0,047±0,004
Неспортсмен. (42)	0,064±0,004	0,068±0,006	0,067±0,003	0,071±0,007	0,061±0,003	0,059±0,003	0,055±0,006	0,062±0,004	0,072±0,005
Больные (8)	0,082±0,009	0,095±0,003	0,082±0,005	0,095±0,008	0,079±0,003	0,095±0,007	0,100±0,007	-	-

У спортсменов повышение упругости кожных покровов наблюдается также на 15 минуте пробы и связано с усилением кровенаполнения сосудов кожи и мышц. Известно, что при работе кровоснабжение мышц усиливается в десять и более раз. Однако в ходе дальнейшей работы происходит избирательное перераспределение периферического кровотока (кожно-мышечное циркуляторное чередование), в результате которого упругость кожи становится меньше исходной (рис. 2).

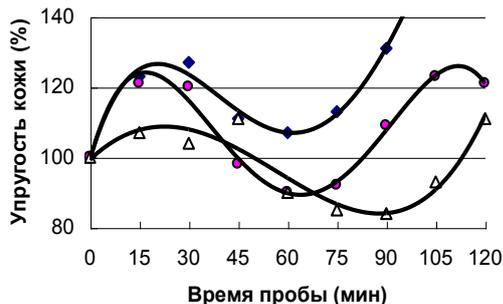


Рис. 2. Биомеханические свойства кожных покровов бедра у детей (верхняя кривая), подростков и взрослых, обследуемых (нижняя кривая) в процессе выполнения функциональной пробы.

После часовой нагрузки механизм перераспределения кровотока начинает нарушаться, и гидратация кожных покровов неуклонно повышается, испытуемые отказываются от выполнения задания из-за возникшего утомления. У

взрослых обследуемых срыв реакции наблюдается через 90 минут работы, у подростков и детей - через час работы, у больных ещё раньше.

Максимальная амплитуда изменения показателя упругости у спортсменов составила 29%, у взрослых спортсменов - 24%, у подростков - 25%, у детей - 16%, у больных обследуемых - 17%.

Следует отметить, что в группе больных показатель упругости кожных покровов существенно выше, чем у здоровых обследуемых, а отказ от работы наступает сравнительно рано.

У больных, по-видимому, затруднена дифференциация в регуляции кровоснабжения различных тканей конечности. В начале периода лечения показатели упругости кожных покровов наиболее высокие (2, 3, 5). Это позволяет, в частности, изучая кровоснабжение мягких тканей, судить и о состоянии кровоснабжения регенерирующей кости. Дифференциация регуляции кровоснабжения мышц и кожных покровов возможна лишь в конце лечения.

Таким образом, исследование биомеханических свойств кожных покровов в сочетании с функциональной мышечной пробой позволяет найти путь к оценке степени тренированности спортсменов, зрелости регуляторных механизмов кровообращения у здоровых людей разного возраста и их восстановлению при лечении больных с повреждениями и заболеваниями конечностей.

Рукопись поступила 20.09.98.