

THE EFFECTS OF LONG-TERM MUSCLE UNLOADING ON THE CONTRACTILE AND ELECTRICAL PROPERTIES OF THE TRICEPS SURAE

Koryak Y.

State Research Center - Institute of Biomedical Problems RAS, Moscow

Introduction. Various Earth-based models have been used in an effort to simulate unweighting of the neuromuscular system [Berg et al., 1991; Dudley et al., 1992; Koryak, 1995, 1996]. "Dry" immersion (DI) has been used on occasion to simulate the unweighting effects of spaceflight on human [Shulzhenko, Vil-Villiams, 1976]. The results of such studied support the use of Earth-based models [Kozlovskaya et al., 1984]. It is known that inactivity results in deconditioning and physiological deconditioning induced by inactivity affects important system of the body including musculoskeletal. Skeletal muscle deconditioning is associated with adaptation to a microgravity environment. These physiological changes may result in altered muscle function and motor control [Kozlovskaya et al., 1982; Jaweed et al., 1992; Koryak, 1997]. The interesting finding that the reduction of the mechanical tension is not proportional to the reduction of muscle weight, fiber diameter, and concentration of contractile proteins [Fournier et al., 1983; St.-Pierre, Gardiner, 1985], suggested that electrical activity might contribute to the reduction of the contraction force in disused muscle [Booth, 1982]. Up to now, owing to methodological difficulties, the free contractile properties of human skeletal muscles in a true weightless environment or during its simulation were beyond the field of vision of the scientists who in the main have concentrated on examining the mechanical features of the voluntary muscular contractions. This is the first study to make quantitative measurement of the functional properties of a single muscle in a man exposed to the long-term physical unloading. The investigation was concerned with the parameters of the mechanical responses of the triceps surae muscle, which has been shown to be a postural antigravity muscle [Campbell et al., 1973]. **Purpose.** The purpose of the present study was to determine the effects of 7-day of (DI) on the mechanical and electrical changes of the triceps surae muscle. **Methods.** The methods for measuring electrically evoked and voluntary forces have been described in detail elsewhere [Koryak, 1995, 2003]. Maximal voluntary contraction (MVC), maximal twitch (Pt), tetanic forces (P_0), time-to-peak tension (TPT), half-relaxation ($1/2RT$), and total contraction time (TCT) were measured. Rates of tension development and relaxation in the tetanus were also obtained. The difference between P_0 and MVC expressed as a percentage of P_0 and referred to as force deficiency (FD) has also been calculated. The surface action potential (SAP) was recorded by bipolar surface electrodes applied over the belly of the soleus. **Results.** After DI, the MVC was reduced by 33.8% ($p < 0.01$), and the P_0 was reduced by 8.2% ($p > 0.05$). The FD increased by 44.1% ($p < 0.01$). The decrease in P_0 was associated with increased maximal rates of tension development (7.2%) and of tension relaxation. The TPT was not significantly changed, and $1/2RT$, and TCT were de-

creased by 5.3% and 2.8%, respectively, but the P_t was not significantly changed and the P_t/P_0 ratio was decreased by 8.7%. The muscle SAP showed an increase in duration (18.8%) and decreases in amplitude and total area (14.6% and 2.8%; $p < 0.05-0.01$, respectively). **Conclusions.** Comparison of the electrical and mechanical alterations recorded during voluntary contractions, and in contractions evoked by electrical stimulation of the motor nerve, suggests that immersion not only modifies the peripheral processes associated with contraction, but also changes central and/or neural command of the contraction. At peripheral sites, it is proposed that the intracellular processes of contraction play a role in the contractile impairment recorded during unweighting (immersion).

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ МЫШЦ НА СОКРАТИТЕЛЬНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРЕХГЛAVOЙ МЫШЦЫ ГОЛЕНИ

Коряк Ю.А.

Государственный научный центр РФ - Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Введение. В условиях Земли для имитации фактора невесомости на нервно-мышечный аппарат человека используют различные модели [Berg et al., 1991; Dudley et al., 1992; Koryak, 1995, 1996]. В настоящей работе использовали метод "сухой" иммерсии (СИ) [Шульженко, Виль-Вильямс, 1976]. Результаты, ранее выполненных исследований, поддерживают возможность использования данного метода для имитации фактора невесомости на Земле [Kozlovskaya et al., 1984]. Невесомость вызывает изменения в ряде систем живого организма и в том числе двигательной, которые рассматривают как адаптация к внешним условиям среды, что проявляется в снижении, как функций самих мышц, так и системы управления ими [Kozlovskaya et al., 1982; Jaweed et al., 1992; Koryak, 1997]. Более того, показано, что сила сокращения мышцы снижается не пропорционально уменьшению веса мышцы, диаметра волокон и концентрации сократительного белка [Fournier et al., 1983; St.-Pierre, Gardiner, 1985], указывая, таким образом, что электрическая активность может способствовать уменьшению силы сокращения мышцы при неупотреблении [Booth, 1982]. В настоящее время, из-за методологических трудностей, внимание исследователей в основном было обращено к изучению влияния факторов невесомости или моделей, имитирующих ее, на сократительные свойства мышц при произвольном движении конечности. Это первое исследование с количественной оценкой функциональных свойств отдельной мышцы у человека в условиях длительной физической разгрузки. Исследовались механические параметры трехглавой мышцы голени (ТМГ) - постуральной, антигравитационной, мышцы [Campbell et al., 1973]. **Цель.** Цель настоящей работы - определить влияние 7-суточной СИ на механические и электрические изменения ТМГ. **Методы.** Методы измерения электрически вызванной и произвольной силы сокращения ТМГ было подробно описано ранее [Koryak, 1994, 1995]. Измерялись: максимальная произвольная

сила (МПС), сила одиночного сокращения (P_{oc}), теганическая сила (P_o), время одиночного сокращения (ВОС), время полурасслабления ($1/2ПР$), и общее время сокращения (ОВС), скорость развития и расслабления P_o . Разница между МПС и P_o , выраженной в процентах к P_o , позволяла определить величину силового дефицита (СД). Поверхностный потенциал действия (ППД) регистрировали биполярными электродами, расположенными на брюшке камбаловидной мышце. **Результаты.** После СИ МПС уменьшилась на 33.8% ($p < 0.01$) и P_o на 8.2% ($p > 0.05$). СД увеличился на 44.1% ($p < 0.01$). Уменьшение P_o сопровождалось увеличением максимальной скорости развития напряжения (7.2%) и расслабления мышцы. ВОС существенно не изменилось, но $1/2ПР$ и ОВС уменьшилось на 5.3% и 2.8%, соответственно. P_{oc} существенно не изменилось и уменьшилась величина отношения P_{oc}/P_o на 8.7%. ППД обнаружил увеличение в длительности (18.8%) и уменьшение в амплитуде и общей площади (14.6% и 2.8%; $p < 0.05-0.01$, соответственно). **Заключение.** Сравнение электрических и механических изменений, зарегистрированных во время выполнения произвольных движений (сокращений) и электрически вызванных сокращений, позволяет предположить, что СИ модифицирует не только периферические процессы, ассоциируемые с сокращениями, но также изменяет центральную “моторную” команду. Из периферических факторов, возможно внеклеточные процессы играют доминирующую роль в изменении сократительных свойств.

ПРИМЕНЕНИЕ ИОНИЗАЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА КВАРЦЕВЫХ СТЕКОЛ

Лаврентьев В.В., Идрисов И.М.

*Кубанский государственный университет,
Краснодар*

Метод ионизационной спектроскопии [1] может найти свое применение не только при исследовании высокомолекулярных органических соединений, каковыми являются полимеры, но и для исследования неорганических полимеров, например неорганического кварцевого стекла, применяемого в прецизионных кварцевых резонаторах. Толщина кварцевых пластин в данных резонаторах составляет от 20 до 60 мкм, что сравнимо с толщиной полимерных пленок и покрытий.

Известно [2], что структурная неоднородность кварца проявляется в виде дискретных значений уровней прочности. Этим уровням адекватно соответствует набор длин микродефектов. Как будет показано ниже, между механической и электрической прочностью, а также между уровнями механической и электрической прочности существует определенная корреляция, обусловленная однотипным влиянием дефектов на эти параметры. Так как с дефектностью материала связана и величина напряжения возникновения ионизационных процессов, можно предположить, что дискретным значениям механической прочности будут также однозначно соответствовать дис-

кретные уровни напряжения начала ионизационных процессов.

Были проведены исследования на дисковых пластинах искусственного кристалла кварца (неорганическое стекло) толщиной 40 мкм и диаметром 6 мм. В связи с тем, что метод ионизационной спектроскопии можно применять для очень малых объемов исследуемого вещества, столь небольшая площадь образцов не имела принципиального значения. Статистические данные измерений напряжения $U_{ин}$ проводились по методике, описанной в [3]. По полученным данным строились вариационные диаграммы в виде зависимостей $U_{ин} = f(n)$ и кривые распределения напряжения в виде зависимости плотности вероятности $\rho(U_{ин})$ от величины $U_{ин}$. На вариационной диаграмме распределения $U_{ин}$ каждая площадка соответствует дискретному уровню напряжения, а их количество (5) соответствует максимумам на кривой распределения прочности.

Объяснением дискретности электрических свойств стекол может служить концепция о микронеоднородности их структуры. Возникновение микронеоднородностей объясняется процессами микрорасслоения в расплавах стекол.

Электронно-микроскопическими исследованиями [3] обнаружены упорядоченные структурные образования с линейными размерами от 1,5 до 20 нм. Эти упорядоченные области представляют собой кристаллические зародыши и кристаллиты. В исследуемом монокристалле кварца по данным рентгеновской дифракции, размер упорядоченных областей достигает 22 нм. Границы упорядоченных областей являются слабыми местами структуры, а кристаллиты – прочными. Под дефектами структуры стекла понимают различные несовершенства его реальной структуры. К ним относятся примеси, микропустоты, разрывы цепей, микронеоднородности и т.д. Типичными дефектами структуры стекла являются субмикротрещины и микротрещины. Многие микротрещины и субмикротрещины, как правило, настолько малы, что их трудно обнаружить визуальными методами исследований.

Метод ионизационной релаксационной спектроскопии, которым измеряют напряжение возникновения ионизационных процессов, позволяет судить о дефектности твердых тел. Чем больше концентрация микродефектов, тем больше вероятность возникновения ионизационных процессов и тем меньше значение напряжения, при котором начинают происходить эти процессы. Таким образом, дефектность материала должна быть однозначно связана не только с прочностными свойствами, но и с величиной напряжения ионизации. Полученные в работе данные подтверждают эти выводы.

Таким образом, микронеоднородность строения кварцевого стекла приводит к дискретному распределению размеров микродефектов, что в свою очередь вызывает дискретное распределение электрофизических характеристик. Это в свою очередь ведет к тому, что при дальнейшей эксплуатации кварцевых резонаторов, изготовленных с использованием кварцевых пластин, происходит необъяснимое на первый взгляд изменение температурной стабильности частоты,