

Уровень митохондриального (азидчувствительного) дыхания тимоцитов крыс (рисунк 1), в отличие от общего потребления кислорода, характеризуется возрастной зависимостью ( $p < 0,05$  тест ANOVA Краскела-Уоллиса). Необходимо отметить, что если у трех и восьмимесячных крыс этот показатель составляет более 70 % от всего утилизируемого тимоцитами кислорода, то у 2-летних крыс потребление кислорода митохондриями снижается практически на 50 % по сравнению с более молодыми животными. Это может свидетельствовать о снижении активности дыхательной цепи митохондрий, а также системы антиоксидантной защиты тимоцитов и, в конечном итоге, способствовать развитию возрастной иммунодепрессии. Таким образом, значимые различия параметров тканевого дыхания наблюдаются в тимоцитах двухлетних животных, при их сравнении как с трех- так и с восьмимесячными животными ( $p < 0,05$ , критерий Манна-Уитни). Снижение интенсивности митохондриального дыхания тимоцитов 2-летних крыс сопровождается стимуляцией азидрезистентного дыхания, что отражает увеличение утилизации кислорода в перекисных процессах до 60, против 30 % у молодых животных. Полученные данные хорошо согласуются с теорией, предложенной в 50-х годах прошлого века D. Hartman и Н. М. Эммануэлем [1], согласно которой, возрастное накопление повреждений различных клеточных структур, развитие дисфункций и формирование возрастной патологии обусловлено избыточным образованием в клетках активных форм кислорода (АФК), обладающих в норме регуляторной активностью.

#### **Заключение**

Интенсивность митохондриального дыхания тимоцитов с возрастом, особенно на начальных этапах возрастной инволюции тимуса, меняется незначительно и лишь у старых животных наблюдается существенное снижение активности дыхательной цепи и стимуляция перекисных процессов.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Анисимов, В. Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения / В. Н. Анисимов. – СПб Наука, 2003. — С. 386.
2. Dröge, W. Free Radicals in the Physiological Control of Cell Function / W. Dröge // *Physiol. Rev.* — 2002. — Vol. 82, № 1. — P. 47–95.
3. Pachman LNT. The carbohydrate metabolism and respiration of isolated small lymphocytes: In vitro studies of normal and phytohemagglutinin stimulated cells. *Blood.* — 1967. — Vol. 30. — P. 691–706.
4. Mitochondrial Pathways and Respiratory Control. 2 edition / Edited by Gnaiger E. — Innsbruck: OROBOROS MiPNet Publications, 2008. — 96 p.
5. Cutler, R. G. Oxidative stress and aging: catalase is a longevity determinant enzyme / R. G. Cutler // *Rejuvenation. Res.* — 2005. — Vol. 8. — P. 138–140.
6. Кольтовер, В. К. Свободнорадикальная теория старения и антиоксиданты: ревизия / В. К. Кольтовер // Тез. докл. XX съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова, 4–8 июня 2007 г. — М., 2007. — С. 78.
7. Melov, S. Lifespan extension and rescue of spongiform encephalopathy in superoxide dismutase 2 nullizygous mice treated with superoxide dismutase-catalase mimetics / S. Melov // *J. Neurosci.* — 2001. — Vol. 21. — P. 8348–8353.

**УДК 616.72-018.3:577.3]:616.72-008.8**

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГИАЛИНОВОГО ХРЯЦА В РАЗЛИЧНЫХ ЖИДКИХ СРЕДАХ**

**Николаев В. И., Ермаков С. Ф., Суслов А. А.**

**Учреждение образования**

**«Гомельский государственный медицинский университет»**

**Государственное научное учреждение**

**«Институт механики металлополимерных систем**

**им. В.А. Белого НАН Беларуси»**

**г. Гомель, Республика Беларусь**

#### **Введение**

Гиалиновый хрящ является одной из составляющих синовиальной среды суставов. Благодаря взаимодействию и взаимозависимости элементы суставной среды (синовиальная оболочка, синовиальная жидкость и суставной хрящ) способны создавать опти-

мальные биофизические условия, осуществлять обменные процессы между суставной полостью и кровеносными сосудами, поддерживать длительную работоспособность суставов в самых различных условиях [1].

Одним из факторов, объясняющих феномен аномально низких трения и изнашивания суставов, является естественный механизм самоадаптации контактных поверхностей сустава. Сущность самоадаптации состоит в том, что при длительных нагрузках благодаря медленной упруго-вязкой деформации суставного хряща и реологическим свойствам синовиальной жидкости (СЖ), происходит увеличение площади фактического касания и снижение удельной нагрузки в суставе [2].

Хрящ, как двухфазный композит, характеризуется значительным градиентом деформационных свойств по глубине, отражающим морфологические и биохимические изменения данной структуры (включая соотношение твердой и жидкой фаз) при удалении от поверхности. Чтобы определить градиент механических характеристик, например, модуля упругости, т.е. проследить его распределение по толщине хряща, измерения должны проводиться для тонких, насколько возможно, слоев указанной биоткани. Обычно выделяют четыре характерные зоны хряща сустава человека: поверхностную, промежуточную, радиальную и кальцинированную [3]. Наиболее тонкая, поверхностная зона имеет толщину порядка 0,2–0,6 мм [3], что приводит к необходимости исследования образцов толщиной не менее 0,2 мм. Исходя из особенностей работы сустава (сжатие конформных тел), целесообразно использовать метод контактной диагностики инденторами, имеющими кривизну того же масштаба, что и суставное сопряжение. Модуль упругости может быть определен на основании решения Герца для сжатия шара и упругого полупространства. Однако вследствие малой толщины образца усиливается влияние подложки, что снижает точность указанной оценки [4]. Очевидно, меньшая глубина внедрения индентора может снизить влияние твердой подложки и при определенном соотношении толщины образца и глубины индентирования можно получить приемлемые результаты.

При остеоартрозе наступает дезинтеграция синовиальной среды сустава, в результате которой происходит постепенное истончение хряща вплоть до субхондральной кости, а синовиальная жидкость утрачивает свою смазывающую способность. Это и определяет необходимость исследования механических характеристик хряща на различной глубине в присутствии различных жидкостей.

#### ***Цель исследования***

Определить контактный модуль упругости гиалинового хряща на различной его глубине и влияние на него заменителей СЖ на основе сыворотки крови.

#### ***Материалы и методы***

В качестве образцов гиалинового хряща использовали средний мениск коленного сустава свиньи не позже чем через 12 часов post mortem. Цилиндр диаметром 6 мм вырезался в самой толстой части (приблизительно 3 мм). После этого каждый цилиндр разрезался параллельно суставной поверхности на образцы толщиной 0,5 мм, начиная от поверхности. Так тестировались слои хряща по глубине 0; 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 мм от суставной поверхности.

В экспериментах использовались следующие жидкие среды: натуральная синовия, взятая не позднее 12 часов post mortem и исследуемая без хранения, сыворотка крови, сыворотка крови + хондронтин сульфат (2:1) и физиологический раствор. Исследуемые образцы погружались в среду так, чтобы жидкость не покрывала поверхность слоя хряща. Эксперименты проводились при окружающей температуре 22–24 °С.

Для проведения механических испытаний тонких слоев хряща было разработано специальное устройство для микроиндентирования электромагнитом, управляемым

компьютером через электронный блок с калибровкой по схеме компенсации весовой нагрузки. Индентирование происходило при постоянном усилии либо перемещении.

Измерительная система, датчиком которой служил высокочувствительный зонд атомно-силового микроскопа (АСМ), регистрировала глубину индентирования с нанометрической точностью, позволяя минимизировать силовое воздействие на образец. Калибровка датчика перемещений производилась по традиционной для зондовых микроскопов схеме. Устройство позволяет размещать образец в жидкой среде и исследовать влияние последней на деформационные характеристики.

При статическом нагружении производилось индентирование образца со скоростью нормального перемещения 100 мкм/мин до достижения заданного усилия с последующей выдержкой под нагрузкой в течение 60 с, после чего осуществлялось плавное снятие нагрузки.

В условиях циклических испытаний нагружение и разгрузка чередовались с частотой около 0,1 Гц. Максимальное усилие индентирования задавалось равным 16 Н при статическом и 3,5 Н при динамическом нагружении соответственно.

Максимальная глубина индентирования в обоих случаях не превышала 200 мкм. В диапазоне создаваемых нагрузок пластические деформации испытуемых тонких слоев хряща отсутствовали. Результаты измерения усилий и перемещений сохранялись и обрабатывались на компьютере.

#### ***Результаты и обсуждение***

Среди исследуемых жидкостей максимальную жесткость имеют образцы хряща в среде натуральной синовии и сыворотки крови + хондронтин сульфат (СК+ХС). Это может быть подтверждением теории, предложенной в [5], по которой жидкокристаллические компоненты натуральной синовии, как производной плазмы крови, являются ответственными за деформационные и фрикционные свойства хряща.

Самый высокий модуль упругости (35 и 30 МПа) имеют поверхностные слои хряща. Коллагеновые волокна и сплюснутые хондроциты, формирующие поверхностную зону, ориентируются в хряще вдоль суставной поверхности. Такая структура обеспечивает высокую прочность при растяжении и сжатии этой области матрикса. Таким образом, неоднородная структура хряща, наряду со структурной особенностью в виде подвижности межфазной границы «матрикс-синовия», по-видимому, обладает выраженной зависимостью модуля упругости от сжимающего напряжения.

Измерения восстановления образцов хряща немедленно после разгрузки показали, что наименьший гистерезис (5–10 %) также имеет место в среде синовиальной жидкости. В среде СК+ХС был достигнут самый близкий результат к синовии (10–15 %-ный гистерезис). Гистерезис слоев хряща в сыворотке крови составлял 20–30 %. Максимальные значения этого параметра были получены в физиологическом растворе: некоторые образцы имели более чем 50 %-ный гистерезис.

Таким образом, наилучшие характеристики статического сжатия слоев хряща были получены в среде натуральной СЖ и СК+ХС. Это свидетельствует о синергизме матрикса и синовии, обеспечивающем оптимальные характеристики суставного сопряжения.

Результаты сжатия слоев хряща при циклическом способе нагружения были практически такими же, как и при статическом нагружении. Тем не менее, расчетные значения модуля упругости были ниже, особенно для поверхностных слоев. Это может быть вызвано сниженной скоростью упругого восстановления биоткани в более глубоких слоях и возрастанием глубины индентирования с каждым циклом. В данном случае распределение модуля упругости поперек внутренних слоев хряща отличается от наблюдаемого при статическом нагружении: более глубокие зоны показывают более медленное восстановление матрикса хряща в этой области.

### **Заключение**

Установлено соответствие контактного модуля упругости на различной глубине хряща в присутствии «здоровой» синовии и ее заменителя на основе сыворотки крови и хондронтин сульфата. Учитывая истончение хряща до 0,5–1,5 мм и снижение смазывающей способности синовиальной жидкости при остеоартрозе I–III стадии, внутрисуставное введение заменителя синовиальной жидкости на основе сыворотки крови и хондронтин сульфата оптимизирует антифрикционные характеристики суставов, обусловленные синергизмом хрящевого матрикса и присутствующей в нем жидкой фазы.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Хрящ / В. Н. Павлова [и др.] — М.: Медицина, 1988.
2. Basic orthopaedic biomechanics / Ed. by V. C. Mow, W. C. Hayes. — New York, Raven Press, 1991. — 450 p.
3. Buckwalter, J. A. Articular cartilage: tissue design and chondrocyte-matrix interactions / J. A. Buckwalter, H. J. Mankin // AAOS Inst. Course Lect. — Vol. 47 (1998). — P. 477–486.
4. Pleskachevsky, Yu. M. Methods of wear reducing based on bioprototypes of tgibojoints / Yu. M. Pleskachevsky, S. V. Shilko, S. F. Ermakov // Journal of Synthetic Lubrication. — 2005. — Vol. 22, № 4. — P. 225–236.
5. Купчинов, Б. И. Биотрибология синовиальных суставов / Б. И. Купчинов, С. Ф. Ермаков, Е. Д. Белоенко. — Минск: Веды, 1997.

**УДК 371.3:800.92]-057.875**

## **ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К СТУДЕНТАМ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА**

**Ничипоренко Т. Н.**

**Учреждение образования**

**«Гомельский государственный медицинский университет»**

**г. Гомель, Республика Беларусь**

### **Введение**

Каждый преподаватель стремится совершенствовать методы своей работы, повышать их результативность. Теория и практика накопила множество разнообразных путей, обеспечивающих повышение эффективности обучения. Одним из них является дифференцированное обучение.

### **Цель исследования**

Описать основные приемы использования дифференцированного подхода к студентам в процессе изучения иностранного языка.

### **Методы исследования**

Тестирование студентов; анализ исходных грамматических и лексических навыков; наблюдение за работой студентов на занятиях; анализ методической литературы по схожим вопросам.

Обучение по единым программам и методикам не может обеспечить полноценное развитие каждого студента. Интересную мысль по этому поводу высказывал П. П. Блонский: «Развитые забывают неразвитых, преподавателю трудно работать в такой пестрой группе, он невольно предъявляет к слабым более высокие требования» [5]. А последние исследования психологов показывают, что дети с врожденными замедленными динамическими характеристиками личности обречены на неизбежное затруднение в работе в едином темпе для всей группы. Отсюда требование обучения всех быстрым темпом и на высоком уровне сложности представляется нереализуемым для всех студентов. Поиск решения проблемы привел к необходимости организации дифференцированного обучения, нацеленность на личность, создание равных возможностей для каждого от начала до окончания обучения. Оно направлено на достижение студентами всей группы разных уровней усвоения знаний. Все студенты должны овладеть базовым уровнем, а более способные превзойти этот уровень. «Это достигается не за счет сокращения учебной информации для слабых и расширения для сильных, а путем предъявления