

ЛІТЕРАТУРА

1. Ильин Е. П. Мотивация и мотивы / Е.П. Ильин. — СПб. : Издательство "Питер", 2000. — 502 с.
2. Гордеева Т.О. Психология мотивации достижения / Т.О. Гордеева. — М. : Смысл, 2006. — 336 с.
3. Канатов А.В. Формирование спортивной мотивации у юных баскетболистов на этапе углубленной специализации : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. пед. наук / Канатов А. В. — Тюмень, ТГПИ, 2005. — 21 с.
4. Куртова Г.Ю. Дослідження мотивації занять важкою атлетикою спортсменок високої спортивної кваліфікації / Г.Ю. Куртова // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія : Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. — Чернігів, 2005. — С. 73.
5. Тищенко В.О. Удосконалення техніко-тактичних дій кваліфікованих гандболісток у нападі : дис. ... канд. фіз. вих. : 24.00.01 / Тищенко В.О. — Львів, 2012. — 275 с.
6. Шаповалов Б.Б. Формування мотивації досягнення успіху у спортивно обдарованій молоді : дис... канд. псих. наук : 19.00.07 / Шаповалов Б.Б. — Академія управління МВС. — К., 2007. — С. 162-182.
7. Шопенгауэр А. Полн. собр. соч. : В 4-х т. / А. Шопенгауэр. — Т.1. — М., 1900. — с. 317.

Подано до редакції 03.04.13

УДК 616-008.8

*Е.А. Цветкова, Ж.В. Кадолич,
Л.А. Евтухова, Т.В. Арастович*

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Представлен метод электретно-термического анализа, заключающийся в регистрации термостимулированных токов, возникающих при нагревании диэлектрического образца. Метод рекомендован для повышения исследовательской компетенции студентов медицинских вузов и биологических факультетов для исследования биологических жидкостей.

Ключевые слова: термостимулированные токи, термостимулированная деполяризация, синовиальная жидкость, релаксация заряда.

Актуальность. Роль образования в современном мире и реальная действительность обуславливают необходимость постоянного совершенствования подготовки выпускников вузов. Нынешний абитуриент абсолютно точно знает, что без качественной профессиональной подготовки ему будет достаточно сложно найти свою нишу на рынке труда. Он должен быть компетентным, мобильным, грамотным в профессиональном отношении. Поэтому основная цель высшего образования – дать студенту такой уровень знаний, чтобы он как специалист приносил пользу обществу [14].

Важно также понимать, что исследовательские навыки необходимы не только тем, чья жизнь тесно связана с научной работой. Универсальные умения исследовательского поведения требуются в наше время в самых разных сферах жизни. Обучение студента вуза исследовательским основам, ознакомление его с последними научными достижениями становится важной задачей современного образования [1].

Цель исследования – изучить возможности применения в образовательном процессе метода исследования биологических жидкостей, используемого в физике диэлектриков: методе электретно-термического анализа (ЭТА).

Задачи исследования: проанализировать существующие методы исследования синовиальной жид-

кости (СЖ) и доказать информативность и актуальность использования метода ЭТА.

Методика исследований. Несмотря на большую информационную ценность изучения СЖ для диагностики заболеваний суставов, биохимические методы анализа СЖ редко применяются в медицинской практике стран СНГ. Так, в одном из последних справочников по медицинским лабораторным анализам при ревматическом поражении сустава биохимическое исследование синовии не предусмотрено. Из множества лабораторных методов исследования СЖ в настоящее время трудно выбрать один, наиболее информативный и чувствительный. К сожалению, не разработан комплексный показатель, по параметрам которого можно было бы определить степень патологии СЖ, хотя попытки обобщенной оценки патологических изменений СЖ с помощью ЭВМ предпринимаются. Комплексным критерием функционального состояния СЖ могли бы стать структурные параметры трехмерного молекулярного комплекса, который образован белково-полисахаридной основой и другими компонентами синовии.

Сущность метода ЭТА состоит в регистрации тока, возникающего в образце вследствие стимулированных нагреванием разупорядочения диполей, высвобождения носителей заряда из ловушек и их дви-

жения. Метод ЭТА позволяет изучать релаксацию поляризационного заряда в веществе, находящемся в различных фазовых состояниях. Зависимость тока от температуры представляет собой спектр термостимулированных токов (ТСТ), по которому судят о механизмах, ответственных за проявление электретоного эффекта [5, 6]. Исследуемый образец помещают между электродами, находящимися в измерительной камере, которая снабжена нагревателем и водяной системой охлаждения. В процессе нагревания фиксируют протекающий в цепи ток. Постоянную скорость нагревания образцов задают автоматически программным регулятором температуры ПРТ-1000. Для точного определения энергий активации процессов релаксации поляризационного заряда, соответствующих пикам на спектрах ТСТ, используют метод термоочистки. Образец нагревают с постоянной скоростью, прописывая первый пик, а затем быстро охлаждают до комнатной температуры. После повторного нагревания регистрируют следующий пик при более

высокой температуре и т.д. Методом Гарлика-Гибсона – по начальному участку подъема кривой $I(T)$ к максимуму – определяют энергию активации, соответствующую исследуемому пику. Спектры ТСТ подвергают математической обработке (цифровой фильтрации) и усредненные результаты не менее 5 измерений представляют в виде графических зависимостей $I(T)$.

Каплю СЖ объемом 0,1-0,2 мл помещают на обезжиренный латунный электрод, накрывают тефлоновой прокладкой, на которую накладывают второй электрод. Регистрируют ток, который возникает в цепи, замыкающей электроды, при нагревании образцов со скоростью 5 °С/мин. Схема измерительной ячейки приведена на рисунке 1 [10].

Механизм смазки суставов реализуется в биополе, созданном живыми тканями. Это предполагает, что СЖ характеризуется специфическим комплексом электрофизических свойств, который обуславливает ее чувствительность к воздействию электромагнитных полей [2].

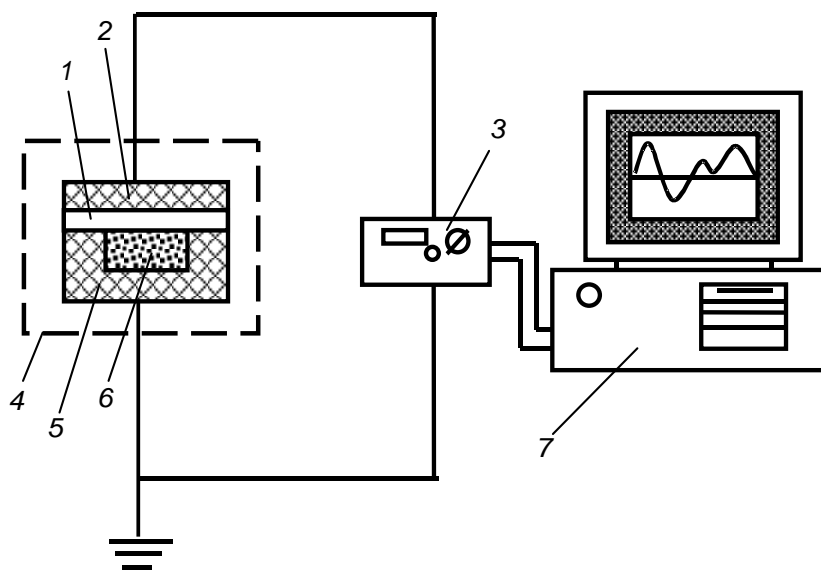


Рисунок 1 – Схема прибора для регистрации термостимулированных токов:
1 – ПТФЭ-пленка, 2 и 5 – верхний и нижний электроды,
3 – усилитель-преобразователь, 4 – экран, 6 – проба крови,
7 – персональный компьютер со специальным программным обеспечением

Результаты и их обсуждение. На сегодняшний день синовиальная жидкость (СЖ) является наименее изученной среди биологических жидкостей. По-видимому, это связано с рядом объективных причин. Так, СЖ для экспериментальных исследований получают от пациентов во время проведения лечебно-диагностических манипуляций. Согласно принятым в медицине этическим нормам, требуется согласие пациентов на дальнейшее экспериментальное изучение этого биологического материала и т.д. Известно, что состояние синовиальной среды в значительной мере определяет характер течения и исход заболеваний суставов, таких как артриты и артрозы различной этиологии, коллагенозы и многие другие. Правильная

оценка биологических возможностей синовиальной среды с учетом специфики сустава как узла трения важна для принятия решений при терапевтическом лечении и восстановительной хирургии суставов [7]. Исследование СЖ имеет большую диагностическую ценность, так как позволяет дифференцировать дистрофические и воспалительные заболевания суставов, выделять в ряде случаев их нозологические формы и следить за динамикой процесса [11, 15]. Методы лабораторного анализа являются в настоящее время наиболее информативными и доступными средствами изучения СЖ [4, 16]. При диагностике заболеваний суставов они оценивают четыре функции СЖ:

- метаболическая функция состоит в удалении

через сосудистую систему продуктов распада клеток синовиальной оболочки и частиц износа хряща;

- трибологическая – обеспечение смазки сустава и равномерного распределения по поверхности хряща давления, возникающего при нагружении сустава;

- трофическая – снабжение бессосудистого хряща энергетическими веществами;

- барьерная функция направлена на защиту суставного комплекса посредством фагоцитоза (активного захватывания и поглощения) чужеродных белковых соединений и собственных денатурированных белков.

У здоровых людей СЖ – стерильная, прозрачная и вязкая. Ее извлекают из сустава путем пункции и оценивают по цвету, вязкости, прозрачности, характеру муцинового сгустка и клеточному составу. Главный компонент муцина – гиалуроновая кислота (ГУК). При посттравматическом воспалительном процессе концентрация ГУК в СЖ понижена, особенно в первые дни после травмы или операции на суставе. По мере снижения остроты воспалительного процесса и уменьшения синовита концентрация ГУК в СЖ повышается, однако даже при выписке больных из стационара при клинически удовлетворительных показателях она не достигает нормальных величин. Снижение концентрации ГУК в СЖ объясняют разбавлением ее экссудатом, а в последующем – угнетением биосинтетической активности клеток, вырабатывающих ГУК. Высокая активность гиалуронидазы в пунктах СЖ, как правило, сопровождается низкой концентрацией ГУК, и, наоборот, при низкой активности гиалуронидазы отмечается высокая концентрация ГУК в СЖ.

Состояние муцинов (гликопротеидов, комплексных соединений ГУК с белками) оценивают, вводя в СЖ ледяную уксусную кислоту (проба Ropes). Образующийся муциновый сгусток в нормальной СЖ – гомогенный, эластичный и вязкий, а в патологически измененной – разжиженный и мутный. СЖ с нарушенными реологическими свойствами не способна удовлетворительно выполнять функции смазочной среды, амортизатора ударных нагрузок и протектора хряща в суставах. Цвет СЖ зависит от наличия в ней инородных включений, которые являются одним из признаков заболевания сустава.

Методами физико-химического анализа определяют содержание в СЖ белков, гликогена и других полисахаридов, а также липидов. Концентрация белков, к которым относятся многие ферменты, составляет в здоровой СЖ 1/3 от их концентрации в сыворотке крови, а при ревматоидном артрите возрастает и становится такой же, как в крови. Разработана методика спектрофотометрического определения белков в СЖ, позволяющая регистрировать некоторые структурные изменения в белковых комплексах. Возрастная динамика активности ферментов в СЖ и сыворотке крови одинакова и отражает закономерности нарушения обменных процессов как в суставах, так и

в организме в целом. Нормальное содержание полисахаридов в СЖ на 10 % выше, чем в крови, но снижается при ревматоидном полиартрите. Липиды составляют жироподобную фракцию СЖ, в которую входят производные холестерина, имеющие свойства жидких кристаллов. Их концентрация составляет 1/3-1/2 от содержания в сыворотке крови. Изменение количественного соотношения клеток СЖ позволяет отличить воспалительный процесс от невоспалительного и судить о степени воспаления. О воспалительных изменениях в СЖ свидетельствует увеличение содержания нейтрофилов (50-90 %) и низкое содержание лимфоцитов (0-8 %). Рагоцит – появление в СЖ лейкоцитов, цитоплазма которых содержит гранулемные включения (вакуоли), подобные виноградным зернам. Рагоцит является признаком ревматоидного артрита. Обнаружение рагоцита в СЖ обусловило очевидный прогресс в патофизиологическом понимании синовиального воспаления. При подозрении на инфекционное начало синовита СЖ подвергают бактериологическому исследованию.

Впервые было показано, что СЖ, не подвергнутая никакой предварительной электрической обработке, демонстрирует спектры ТСТ в диапазоне температур 20-140 °С [3]. Эти исследования имеют диагностическую ценность благодаря экспериментам на образцах СЖ, взятых в условиях клиники, в т. ч. из патологически измененных суставов [9,12,13]. Из рисунка 2 видно, что условно здоровая СЖ (а) демонстрирует три пика ТСТ: низко-, средне- и высокотемпературный. Низкотемпературный пик релаксации отрицательного заряда расположен в диапазоне $T = 35-50$ °С. Он соответствует термически стимулированному разрушению координационных структур, которые состоят из белковых образований, окруженных гидратными оболочками. Последние образуются в результате присоединения молекул воды к полярным фрагментам макромолекул посредством водородных связей. Энергия активации процесса релаксации заряда, соответствующего этому пику, составляет $W = 0,25-0,45$ эВ, что соизмеримо с энергией водородных связей. В этом же температурном диапазоне происходит высвобождение зарядов при тепловой перестройке жидкокристаллических структур СЖ, основу которых составляют производные холестерина. Среднетемпературный пик ($T = 80-100$ °С) релаксации положительного заряда, по-видимому, соответствует разрушению белково-полисахаридных комплексных соединений и надмолекулярных белковых образований, а также необратимым изменениям третичной и частично вторичной структуры белка, которые не сопровождаются разрывом полипептидной цепи. Энергия активации, необходимая для релаксации заряда, соответствующего этому пику, находится в пределах $W = 0,5-0,7$ эВ и практически совпадает с энергией активации вышеупомянутых процессов. Самым интенсивным является высокотемпературный пик, расположенный в области $T = 110-120$ °С.

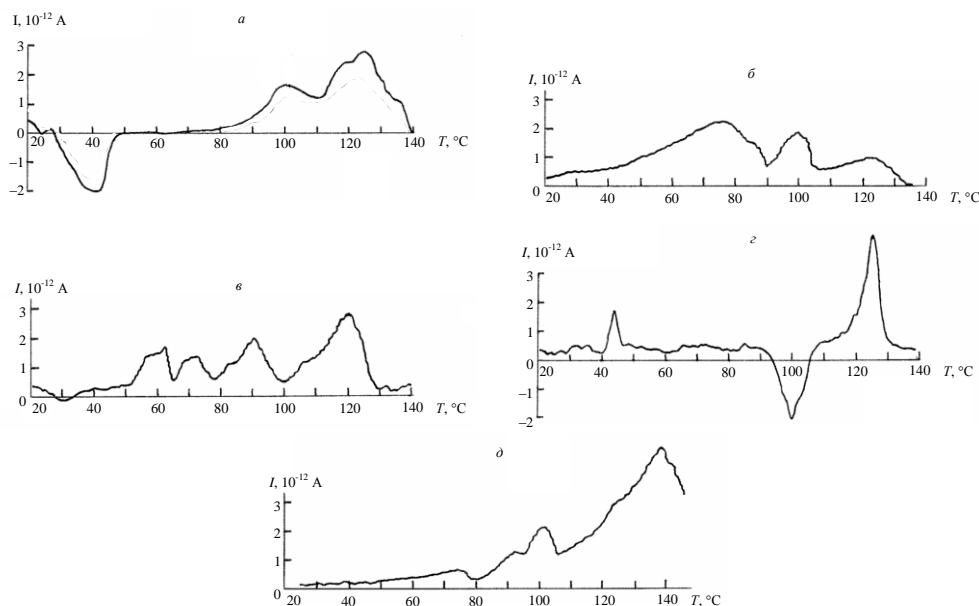


Рисунок 2 – Спектры ТСТ образцов СЖ, взятых из суставов: а – условно здорового; б – пораженного дегенеративно-дистрофическим заболеванием; в – при остром воспалительном процессе в суставе; г – пораженного болезнью Бехтерева; д – пораженного ревматоидным артритом.

Он частично перекрыт среднетемпературным пиком, так, что их совокупность образует двойной пик, и соответствует фазовому переходу в белковой составляющей СЖ, приводящему к образованию твердой фазы. Термоокислительная деструкция белковых макромолекул сопровождается высвобождением носителей заряда, обуславливающих появление высокотемпературного пика.

Дегенеративно-дистрофические заболевания суставов (б) обуславливают изменения СЖ, которые характеризуются исчезновением на спектрах ТСТ низкотемпературного и появлением при 75, 100 и 120 °С слабоинтенсивных средне- и высокотемпературных пиков. Хроническое воспаление сустава сопровождается снижением молекулярной массы белков СЖ. По-видимому, в зависимости от молекулярно-массового распределения дегенерированных макромолекул, в СЖ больного сустава образуется несколько типов надмолекулярных структур, каждому из которых соответствует индивидуальный пик на спектре ТСТ. Отсутствие низкотемпературного пика свидетельствует о том, что дегенеративно-дистрофический процесс в суставе обусловил разрушение гидратных оболочек и разупорядочение жидкокристаллических структур СЖ.

Острое воспаление сустава приводит к появлению на спектре ТСТ (в) четырех пиков положительного тока в области средних (60, 70, 90 °С) и высоких (120 °С) температур. Острый синовит сопровождается резким снижением молекулярной массы белка и гиалуроновой кислоты в СЖ. Логично предположить, что пики на спектре ТСТ соответствуют разрушению четырех типов надмолекулярных белково-полисахаридных образований, состоящих из разных

по длине молекул.

Болезнь Бехтерева характеризуется спектром (г), на котором пики ТСТ зафиксированы в тех же температурных диапазонах, что и в СЖ из условно здорового сустава, но низко- и среднетемпературный пики имеют разную полярность. Это связано с тем, что болезнь Бехтерева инициирует возникновение в СЖ патологических форм белка (С-реактивный белок, фибриноген, серомукоид), имеющих измененную конформацию и аномальные свойства макромолекул.

Ревматоидный артрит можно обнаружить методом ЭТА (д) по вырождению низкотемпературного пика и смещению высокотемпературного пика в область высоких температур (140 °С). Первое свидетельствует о разрушении гидратных оболочек вокруг полярных структур СЖ и о перестройке жидкокристаллической фазы. Причиной аномально высокой интенсивности высокотемпературного пика может быть повышенное содержание белка в СЖ, в том числе, его патологических форм. Последние, по-видимому, образуют с гиалуроновой кислотой более прочные, чем в здоровой СЖ, надмолекулярные структуры. Их тепловое разрушение происходит при повышенных температурах с высвобождением большого количества энергии. Таким образом, СЖ является квазиэлектретной средой, демонстрирующей спектры ТСТ. С помощью метода ЭТА можно объективно оценить обычно не принимаемые во внимание структурные изменения СЖ, которые в большей мере определяют степень выполнения ею своих функций. Использование этого простого и информативного метода в клинической практике дает качественно новые показатели для диагностики суставных заболеваний.

Выводы:

1. На примере синовиальной жидкости показано, что методом ЭТА можно диагностировать ревматические заболевания суставов, получая информацию о наличии в СЖ связанной воды, относительной длине белковых макромолекул, а также об энергонасыщенности связей в белково-полисахаридных комплексах, которые соответствуют различным патологическим состояниям суставов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булатова Е.И. Формирование у студентов исследовательской компетенции / Е.И. Булатова, Т.А. Мазунина // Современные образовательные технологии: материалы IV Международной заочной научно-методической конференции, Пермь, 24 апреля 2012 г. – Пермь: ПОНИЦАА, 2012. – Т. 1. – С. 152 – 156.

2. Ермаков С.Ф. Трибофизика жидкокристаллических материалов в металло- и биополимерных сопряжениях: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С.Ф. Ермаков. – Гомель, 2001.

3. Кадолич Ж.В. Физическое модифицирование сопряжений полимер–металл для повышения их износостойкости на основе моделирования биофизических свойств естественных суставов: автореф. дис. ... к. т. н.: 01.04.07 / Ж.В. Кадолич; ИММС. – Гомель, 2002. – 22 с.

4. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике: В 2 т. / В.С. Камышников. – [2-е изд.]. – Мн.: Беларусь, 2002. – 495 с.

5. Kestelman, N. Electrets in Engineering: Fundamentals and Application / N. Kestelman, L. Pinchuk, V. Goldade. – Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000. – 281 p.

6. Mascarenhas S. Bioelectrets: Electrets in biomaterials and biopolymers / In: Electrets // Ed. by G.M. Sessler, Berlin: Springer – Verlag, 1987, p. 321–346.

7. Павлова В.Н. Синовиальная среда сустава / В.Н. Павлова. – М.: Медицина, 1980. – 296 с.

8. Павлова В.Н. Хрящ / В.Н. Павлова, Т.Н. Копьева, Л.И. Слуцкий, Г.Г. Павлов. – М.: Медицина, 1988. – 320 с.

9. Пинчук Л.С. Электретно-термический анализ структурных повреждений и функциональных нарушений синовиальной жидкости при заболеваниях суставов / Л.С. Пинчук [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2005. – №3. – С. 57 – 61.

10. Пинчук Л.С. Эндопротезирование суставов:

2. Метод ЭТА – несложный и достаточно информативный инструмент для диагностики заболеваний. Малый (порядка 0,1 мл) объем проб, необходимых для анализа, позволяет отнести термодеполаризацию к совокупности методов микроанализа, переход к которым составляет современную тенденцию клинических лабораторных исследований. Внедрение этого метода, используемого в академической науке, в образовательный процесс является целесообразным.

технические и медико-биологические аспекты / Л.С. Пинчук, В.И. Николаев, Е.В. Цветкова. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2003. – 308 с.

11. Pinchuk, L.S. Tribology and Biophysics of Artificial Joints / L.S. Pinchuk, V.I. Nikolaev, E.A. Tsvetkova, V.A. Goldade. – Kidlington, Oxford Joints: Elsevier Ltd., 2006. – 350 p.

12. Способ диагностики ревматического заболевания. Патент 9451 ВУ МПК(2006), А 61В 5/05, G 01N 33/487, G 01 N 27/06 // Л.С. Пинчук [и др.]; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № а 20040044; заявл. 22.01.04; опубл. 30.06.07 / Афіцыйны бюлетэнь / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці Рэспублікі Беларусь. – 2007. – № 4.

13. Способ проведения электретно-термического анализа биологической жидкости. Патент 12206 ВУ, МПК7 G 01 N 33/487, А 61 В 5/05 // Л.С. Пинчук [и др.]; заявитель ИММС НАН Беларуси. – № а20071059; заявл. 23.08.07; опубл. 30.08.09 / Афіцыйны бюлетэнь / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці Рэспублікі Беларусь. – 2009. – № 4.

14. Субботина Т.Ю. Роль качества знаний выпускника вуза в обеспечении его конкурентоспособности // Т.Ю. Субботина / Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства: сборник материалов X Межд. научно-практической конференции, Челябинск, 21-23 мая 2012 г. – Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2012. С.209 – 213.

15. Цветкова Е.А. Физические свойства синовиальной жидкости как критерий смазочной среды суставов / Е.А. Цветкова // Биофизика. – 2005. – Т. 50. – № 2. – С. 341–347.

16. Чернякова Ю.М. Синовиальная жидкость: состав, свойства, лабораторные методы исследования / Ю.М. Чернякова, Е.А. Сементовская // Медицинские новости. – 2005. – №2. – С. 9 – 14.

Подано до редакції 08.04.13