

Ю. А. РАПЯН, А. К. ДЖИНГОЗЯН, Г. А. ТОНОЯН, Р. С. ОГАНЕСЯН,
А. А. МАРТИРОСЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КОЛЛАГЕНОВОГО ВОЛОКНА СУХОЖИЛИЙ БЕЛЫХ КРЫС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ МЕТОДОМ ДИФРАКЦИИ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

Исследована зависимость структуры коллагенового волокна сухожилий белых крыс от воздействия электростатического поля (ЭСП) методом дифракции рентгеновских лучей. Показано, что воздействие ЭСП приводит к дезориентации структуры коллагенового волокна, причем смещенный процесс продолжается в организме и после прекращения воздействия ЭСП.

Как показали наши предыдущие исследования [1—3], под действием постоянного магнитного поля (ПМП) происходят определенные сдвиги в структурах коллагенового волокна сухожилий белых крыс. Вероятно, основным структурным образованием, на которое в первую очередь действует ПМП, является центральная нервная система. Подобное воздействие может оказывать и электростатическое поле (ЭСП).

С помощью метода дифракции рентгеновских лучей можно выявить изменения, происходящие в различных структурных образованиях, особенно тех, которые содержат кристаллические области, подобные существующим в коллагеновых волокнах сухожилий.

Материал и методы

Нами собрана установка для создания электростатических полей (рис. 1). К обкладкам конденсатора, между которыми создается ЭСП,

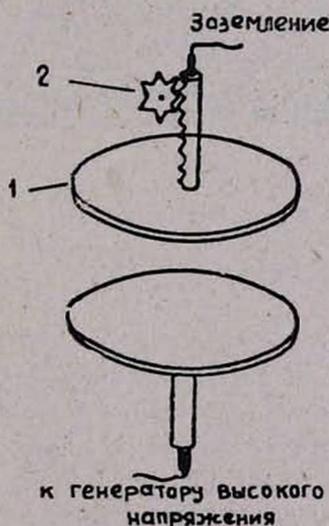


Рис. 1. Схема установки для создания электростатических полей: 1) обкладки конденсатора; 2) приспособление для изменения расстояния между обкладками.

подсоединяется генератор высокого напряжения рентгеновской установки УРС—0,02. С помощью генератора между обкладками конденсатора можно создать напряжение до 60 кВ. Приспособление 2 (рис. 1) дает возможность изменять расстояние между обкладками, варьируя напряженность ЭСП. Диаметр обкладок 50 см. Специальный цилиндрический плексиглазовый ящик с крысами помещается между обкладками конденсатора. Установка отвечает всем требованиям техники безопасности, в частности, высокое напряжение отключается при приближении к обкладкам конденсатора.

Белые крысы помещались в ЭСП с напряженностью 2 кВ/см в течение одного, двух, трех часов. Часть крыс, подвергнутых влиянию ЭСП, была забита сразу, остальные—через 24, 72, 96, 144, 240, 480 часов. От коллагеновых волокон сухожилий получали рентгеновские дифракционные картины на плоской пленке методом Лауэ [4] с помощью рентгеновской установки УРС-60. Было использовано излучение $\text{CuK}\alpha$.

Результаты и обсуждение

На рис. 2 приведены рентгеновские дифракционные картины, полученные от коллагенового волокна сухожилий крыс. На рис. 2а изображена четкая текстурентгенограмма с интенсивными дифракционными пятнами, дугами и ориентированным аморфным «галом». Подсчитанные нами межплоскостные расстояния дифракционных линий соответствуют приведенным в литературе [5, 6].

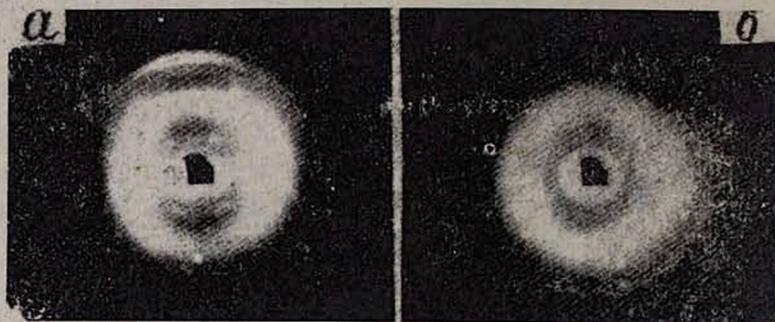


Рис. 2. Рентгеновская дифракционная картина, полученная от коллагенового волокна сухожилий белых крыс: а) в норме; б) подвергнутых воздействию ЭСП в течение трех часов и забитых на 4-й день после прекращения влияния ЭСП.

Рис. 2б иллюстрирует те структурные сдвиги, которые происходят под воздействием ЭСП: во-первых, налицо однородное по интенсивности дифракционное аморфное «галло»; во-вторых, дифракционные короткие дуги (с межплоскостным расстоянием $11,4\text{\AA}$) вблизи рентгеновского первичного пучка удлиняются и сливаются, превращаясь в дифракционные кольца. Как видно из дифракционной картины, существующая в норме ориентация кристаллов при воздействии ЭСП нарушается. Оси кристаллов располагаются хаотично по отношению к оси коллагенового

волокна, т. е. получается образец аморфно-поликристаллической структуры.

На рис. 3 изображена микрофотометрическая кривая от рентгенограммы, приведенной на рис. 26. С помощью таких кривых по изменению соотношений интенсивностей кристаллических и аморфных дифракционных линий можно определить степень кристалличности, а по длине ду-

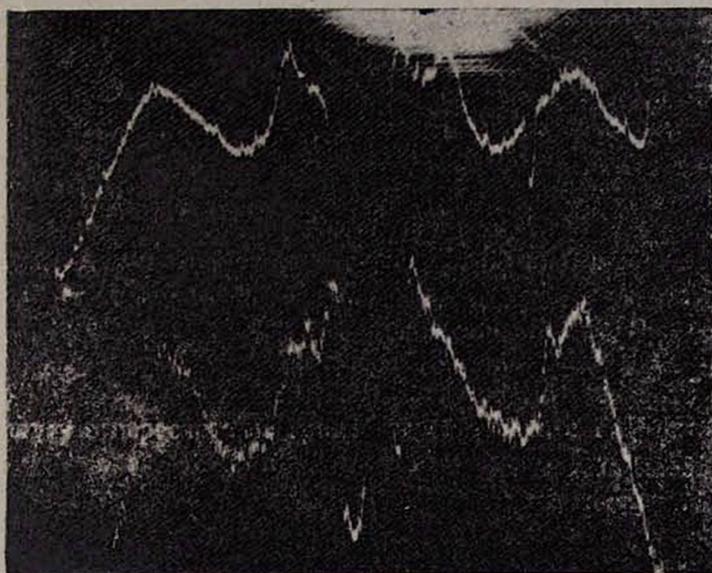


Рис. 3. Микрофотометрическая кривая от рентгенограмм, приведенных на рис. 26.

ги—степень ориентации [7]. В зависимости от времени воздействия ЭСП степень ориентации изменяется. Кроме того, структурные изменения продолжают и после прекращения воздействия ЭСП.

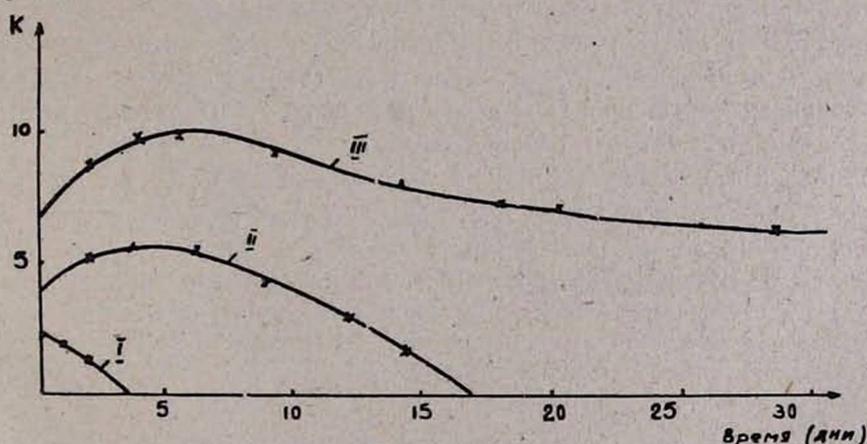


Рис. 4. График зависимости степени ориентации от времени экспозиции в ЭСП и от времени заоя крыс после прекращения воздействия. I—одночасовое, II—двухчасовое, III—трехчасовое воздействие ЭСП.

Ход кривых изменения степени ориентации (длина дуги дифракционной линии на рентгенограмме) иллюстрируется на рис. 4. Так как степень ориентации зависит от угла сегмента дифракционной дуги [7], для удобства на оси абсцисс в условных единицах выбрана половина отмеченного угла. Отметим, что точки на оси абсцисс соответствуют угловым значениям рентгенограмм коллагенового волокна крыс, забитых сразу после воздействия ЭСП. Из графика видно (I кривая), что одночасовое воздействие ЭСП приводит к заметному изменению в ориентации кристаллов. Однако дезориентационный процесс не продолжается после прекращения воздействия ЭСП. Наоборот, через 3—4 суток происходит восстановление ориентационного порядка. Двухчасовая экспозиция приводит к более значительной дезориентации (II кривая). Более того, этот процесс как бы продолжается в первые 3—4 суток после прекращения воздействия ЭСП. Однако как I, так и II кривая иллюстрируют процессы, которые примерно через 15—16 суток приводят к почти полному восстановлению ориентационных порядков в кристаллах.

III кривая графика показывает ход изменения процессов, протекающих в структурах коллагенового волокна сухожилий белых крыс, подвергнутых трехчасовому воздействию ЭСП. Трехчасовая экспозиция приводит к более сильному изменению ориентации кристаллитов по сравнению с одно- и двухчасовым воздействием. В отличие от последних, дезориентационные процессы при трехчасовой экспозиции продолжают прогрессировать и после прекращения воздействия ЭСП. На 4—5-й день наблюдается превращение почти всех вышеуказанных дифракционных рентгеновских рефлексов в кольца, что указывает на полную дезориентацию кристаллитов. Дальнейший ход кривой показывает, что дезориентация достигает своего максимума, после чего происходит частичное восстановление ориентации, однако трехчасовая экспозиция приводит к остаточной дезориентации. Во всяком случае, в наших наблюдениях она остается в течение 30 суток. Сравнение полученных результатов с нашими предыдущими исследованиями [2] показывает сходство процессов протекания структурных изменений коллагенового волокна под воздействием ЭСП и ПМП, только с той разницей, что при воздействии ПМП максимум дезориентации достигается в более поздние сроки. Кроме того, релаксационные процессы при воздействии ПМП прекращаются на более высоком уровне дезориентации.

Исходя из результатов наших исследований, можно сделать заключение, что ЭСП приводит к структурным изменениям коллагенового волокна сухожилий, которые продолжаются и после прекращения воздействия ЭСП. При напряженности ЭСП в 2 кВ/см и трехчасовой экспозиции структурные изменения восстанавливаются не полностью.

ԷԼԵԿՏՐՈՍՏԱՏԻԿ ԴԱՇՏԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆԻՅ ԿԱԽՎԱԾ ՍՊԻՏԱԿ ԱՌՆԵՏՆԵՐԻ
ԱՔԻԼԵՍՅԱՆ ԶԼԻ ԿՈՂԱԳԵՆԱՅԻՆ ՄԱՆՐԱԹԵԼԵՐԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ԵՎ
ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԱՅԻՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ
ՌԵՆՏԳԻՆԵՅԱՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՆԵՐԻ ԴԻՅՐԱԿՑԻՍԻ ՄԵԹՈԴՈՎ

Ռենտգենյան ճառագայթների դիֆրակցիայի մեթոդով հետազոտվել է աքիլեոսյան շլի կողագենային մանրաթելերի կառուցվածքային կախումը էլեկտրաստատիկ դաշտերի (էՍԴ) ազդեցությունից: Ցույց է տրված, որ էՍԴ-ի ազդեցությունը բերում է կողագենային մանրաթելերի կառուցվածքի ապակողմնորոշման, ընդ որում, նշված պրոցեսը օրգանիզմում շարունակվում է էՍԴ-ի ազդեցությունը վերացնելուց հետո: Ցույց է տրված նաև, որ եթե էՍԴ-ի 1—2 ժամանոց ազդեցության դեպքում անդի է ունենում նախնական կառուցվածքի լրիվ վերականգնում, ապա 3—4 ժամվա ազդեցության դեպքում մնացորդային ապակողմնորոշումը մնում է դեռևս 30—35 օրվա ընթացքում:

Yu. A. RAPIAN, A. K. JINGOZIAN, G. A. TONOYAN, R. S. HOVANESSIAN,
A. A. MARTIROSIAN

STUDY OF THE STRUCTURE AND STRUCTURAL CHANGES OF
COLLAGENIC FIBERS OF ALBINO RATS' TENDONS, DEPENDING
ON THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC FIELDS BY THE METHOD
OF X-RAYS DIFFRACTION

The dependence of the structure of collagenic fibers in albino rats' tendons on the influence of the electrostatic field (ESF) has been investigated by the method of X-rays diffraction. It is shown that ESF causes disorientation of the structure of collagenic fibers and this process goes on in the organism even when the influence of ESF has stopped.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Рапян Ю. А., Тоноян Г. А., Дадиванян Л. П., Варданян В. А. Материалы III Всесоюзного симпозиума «Влияние магнитных полей на биологические объекты». Калининград, 1975, с. 152.
2. Рапян Ю. А., Тоноян Г. А., Дадиванян Л. П., Варданян В. А. ДАН АрмССР (серия физика), 1976, XIII, с. 152.
3. Рапян Ю. А., Мартиросян А. А., Тоноян Г. А. В сб.: Применение магнитных полей в медицине, биологии и сельском хозяйстве. Саратов, 1978, с. 67.
4. Китайгородский А. Н. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел. М., 1952.
5. Вайнштейн Б. К. Дифракция рентгеновских лучей на цепных молекулах. М., 1963.
6. Мазуров В. И. Биохимия коллагеновых белков. М., 1974.
7. Мартынов М. А., Вылегжанина К. А. Рентгенография полимеров. Л., 1972.