

УДК 612.766.1:615.844

Р. О. Файтельберг, Г. В. Дербиш

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК
И СИНУСОИДАЛЬНО-МОДУЛИРОВАННЫХ ТОКОВ
НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СИНОВИАЛЬНОЙ
ОБОЛОЧКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА В НОРМЕ
И ПРИ ЕЕ ВОСПАЛЕНИИ**

По литературным данным [6], из всех встречающихся травм опорно-двигательного аппарата у спортсменов наиболее часто поражается коленный сустав, при этом возникает перерыв в регулярных тренировочных занятиях на срок до 6 мес [4]. Поэтому столь актуальна разработка метода поддержания тренированности у травмированных спортсменов. Учитывая, что обменные процессы между суставной полостью коленного сустава и сосудистыми руслами его происходят благодаря всасывательной функции синовиальной оболочки [7], мы решили изучить эту функцию в норме и в условиях поражения сустава при соответствующих восстановительных мероприятиях.

Исходя из того, что синусоидально-модулированные токи (СМТ), обладая высокой биологической активностью, подавляют болевые ощущения, исходящие из зоны патологического очага (что нашло широкое их применение в терапии при самых разнообразных заболеваниях [10], в том числе и коленного сустава [8]), мы в наших опытах стремились нормализовать функцию экспериментально пораженного коленного сустава дозированными физическими нагрузками — как самостоятельными, так и в сочетании с СМТ.

Методика исследований

Исследования выполнены на 45 беспородных собаках-самцах в возрасте от двух до пяти лет. Всасывательную функцию синовиальной оболочки коленного сустава изучали с помощью двузамещенной фосфорнокислой соли ($\text{Na}_2\text{H}^{32}\text{PO}_4$), меченной по фосфору (из расчета 416,25 кБк/кг массы животного), которую вводили в полость сустава шприцем. Спустя 5—10—15—20—30—45—60 и 90 мин из краевой вены уха собаки извлекали пробы крови, активность которой подсчитывали на стандартной установке ПП-16, затем математически определяли процент включения ^{32}P , всосавшегося в кровь через синовиальную оболочку, отношением количества введенного радиофосфора на 1 г массы животного к всосавшемуся в 1 г крови.

Экспериментальный артрит воспроизводили введением в полость сустава 0,5 % раствора азотнокислого серебра (AgNO_3). Чтобы подтвердить возникновение артрита, мы через 1—3—5—10—20 дней после его воспроизведения кроме исследования всасывательной функции синовиальной оболочки использовали клинические, морфологические и реографические показатели.

Статические нагрузки (100, 80, 60 %) выполнялись на специально изготовленном нами седле [3] однократно и в процессе многодневных тренировок. За 100 % нагрузку принимался вес, который собака выдерживала в течение 10 с. Нагрузка динамического характера выполнялась на тротбане нашей конструкции (максимальной, субмаксимальной, большой и умеренной мощностей работы, по [9]).

При изучении васывательной функции сустава в условиях экспериментального артрита под наблюдением находилось семь групп животных. I — контроль, II — животные подвергались воздействию только СМТ с такой физической характеристикой: первый род работы, режим 1 с частотой колебания 40 Гц, 50 % глубиной модуляции и плотностью тока 0,1 мА/см² с 10 мин воздействием на область коленного сустава, генерируемый аппаратом «Амплипультс-3»; животные III и IV групп подвергались воздействию соответственно статических и динамических нагрузок. Остальные V, VI и VII — сочетанному воздействию физических нагрузок с СМТ. Экспериментальный артрит у животных III, IV, V, VI и VII групп воспроизводили на фоне 2 мес тренировки с физическими нагрузками, не прекращая их в период всего реабилитационного времени. Изменения реографической кривой определяли на приборе РГ4-01. Температуру

кожи пораженного
менения перифери
подсчет общего ко
логические исслед
окрашивали гемато

В наших и
лости коленного
довольно интен
фора в крови
накопление его
42,9 % включен

После одной загрузки всасывали наблюдения (ротивным методом увеличивают ре 10 и 20 день тре

Однообразно
ко 80 % нагрузи
на протяжении
на 20 сут.

Одноразовые
(дистанция 100
баки индивидуа
³²Р синовиальн
субмаксимально
(1500 м, скорос
скорость бега —

Многодневни
ному увеличени
10 дней трениро
уровню. Однообр
Через сутки

Через сутки групп отмечено виальной оболоч симального нако составляет в сре 49,1 ($p<0,01$), II ($p<0,001$), 60,5 нию с нормой (68

В последую-
альной оболочке
резорбции ^{32}P с
виям подвергался

Дальнейшие группы всасывают вплоть до 20 су СМТ, — до 10 су

У животных
ческих и динами
лось соответств
стигло нормы. В
воздействию физ
крови увеличивал
уровня.

Изучение рео-
ле экспериментал

кожи пораженного сустава исследовали с помощью электротермометра ТПЭМ-1. Изменения периферической крови изучали по показателям белой крови (производили подсчет общего количества лейкоцитов и лейкоцитарной формулы). Проводили гистологические исследования структурных изменений синовиальной оболочки. Срезы ее окрашивали гематоксилином и эозином по ван-Гизону.

Результаты исследований

В наших исследованиях было отмечено, что всасывание ^{32}P из полости коленного сустава в кровь у подопытных животных происходит довольно интенсивно. Так, на 5 мин наблюдения количество радиофосфора в крови составляет в среднем 41 % включения. Максимальное накопление его в крови наступает на 15 мин и равно 68 %, на 90 — 42,9 % включения.

После однократного воздействия 100, 80 и 60 % статической нагрузки всасывание ^{32}P из полости сустава угнетается в первые 15 мин наблюдения ($p < 0,01$). Многодневные тренировочные занятия вариативным методом (чередование нагрузок в 100, 60 и 80 %) достоверно увеличивают резорбцию радиофосфора синовиальной оболочки на 3, 10 и 20 день тренировок.

Однообразный метод (ежедневное воздействие на организм только 80 % нагрузки) значительно увеличивает резорбцию ^{32}P из сустава на протяжении всего периода наблюдений с тенденцией к увеличению на 20 сут.

Однократные динамические нагрузки максимальной мощности (дистанция 100 м с максимальной скоростью бега для каждой собаки индивидуально ≈ 30 км/ч) значительно увеличивают всасывание ^{32}P синовиальной оболочкой; в несколько меньшей степени — нагрузки субмаксимальной (400 м, скорость бега — 80 % от предела), большой (1500 м, скорость бега — 60 %) и умеренной мощностей (10000 м, скорость бега — 50 %).

Многодневный бег вариативным методом способствует значительному увеличению всасывательной деятельности сустава в первые 10 дней тренировок, к 20 дню эта функция возвращается к исходному уровню. Однообразный бег почти не изменяет ее.

Через сутки после возникновения артрита у животных всех семи групп отмечено характерное снижение всасывательной функции синовиальной оболочки коленного сустава. Так, на 15 мин (в момент максимального накопления ^{32}P в крови) включение радиофосфора в кровь составляет в среднем у животных I группы 42,3 % ($p < 0,01$), II — 49,1 ($p < 0,01$), III, IV, V, VI и VII — соответственно 60,0 ($p < 0,05$), 33,5 ($p < 0,001$), 60,5 ($p < 0,05$), 52,8 ($p < 0,01$), 60,1 % ($p < 0,05$) по сравнению с нормой (68,2 %).

В последующие дни наблюдения всасывательная функция синовиальной оболочки сустава резко увеличивается, причем интенсивность резорбции ^{32}P становится тем выше, чем большим внешним воздействиям подвергался организм.

Дальнейшие наблюдения показали, что у животных контрольной группы всасывательная функция сустава продолжает усиливаться вплоть до 20 сут, а у животных, которые подвергались воздействию СМТ, — до 10 сут, после чего наблюдалась тенденция к нормализации.

У животных с артритом, которых подвергали воздействию статических и динамических нагрузок, накопление ^{32}P в крови увеличивалось соответственно до 5 и 10 сут наблюдения, на 20 сут почти достигло нормы. В группах животных, которых подвергали сочетанному воздействию физических нагрузок с СМТ, количество радиофосфора в крови увеличивалось до 5 сут; на 20 сут оно достигало исходного уровня.

Изучение реографической кривой показало, что спустя сутки после экспериментально вызванного артрита кровенаполнение поражен-

ного сустава снижается по сравнению с нормой и составляет в среднем 0,20 Ом, при воздействии на организм статических и динамических нагрузок — соответственно 0,25; 0,20 Ом (в норме 0,67 Ом) ($p < 0,01$), при воздействии на организм этих нагрузок в сочетании с СМТ — соответственно 0,40; 0,20 Ом ($p < 0,05$; $< 0,001$).

В дальнейшие периоды наблюдения отмечается тенденция к нормализации этого показателя. Так, у животных, которых подвергали воздействию только физических нагрузок, РИ нормализовался на 10 сут, а у животных, подвергшихся физическим нагрузкам с СМТ, нормализация РИ происходила на 5 сут после возникновения артрита.

Гематологические наблюдения показали, что спустя сутки после экспериментально вызванного артрита у всех животных увеличивается количество лейкоцитов в крови (в среднем до 24000 при норме 10200 в 1 мм³; $p < 0,001$), а в лейкоцитарной формуле наблюдается нейтрофильный сдвиг влево.

Нормализация этих показателей у животных контрольной группы происходит на 20 сут после возникновения артрита, а у животных, подвергшихся воздействию СМТ и статических нагрузок, нормализация гематологических показателей происходит на 10 сут. У животных IV, V и VI групп нормализация белой крови происходит на 5 сут, а у животных, которых подвергали сочетанному воздействию смешанных нагрузок (бег со статическими нагрузками с последующим воздействием на область коленного сустава СМТ), количество лейкоцитов достигало исходного уровня на 3 сут после возникновения артрита (см. таблицу).

Изменение количества лейкоцитов периферической крови собак в условиях экспериментального артрита (средние данные)

Группа животных	Статистические показатели	Сутки после воспроизведения артрита				
		1	3	5	10	20
I Контроль	$M \pm m$ p	24100 ± 2700 <0,001	22825 ± 3168 <0,001	19812 ± 2609 <0,001	17414 ± 2669 <0,01	13500 ± 2480 >0,05
II СМТ	$M \pm m$ p	22175 ± 2912 <0,001	17450 ± 2200 <0,001	14328 ± 1518 <0,01	12014 ± 1498 >0,05	9920 ± 912 >0,05
III Статические нагрузки	$M \pm m$ p	26237 ± 1706 <0,001	17925 ± 1037 <0,001	13787 ± 1406 <0,01	10200 ± 1775 >0,05	9937 ± 962 >0,05
IV Динамические нагрузки	$M \pm m$ p	27625 ± 1825 <0,001	18062 ± 737 <0,001	10575 ± 500 >0,05	11375 ± 1737 >0,05	9575 ± 1050 >0,05
V Сочетание статических нагрузок с СМТ	$M \pm m$ p	20737 ± 1312 <0,001	14687 ± 1037 <0,001	11387 ± 1712 >0,05	10000 ± 714 >0,05	8950 ± 800 >0,05
VI Сочетание динамических нагрузок с СМТ	$M \pm m$ p	27400 ± 1536 <0,001	15612 ± 2112 <0,001	8762 ± 917 >0,05	11037 ± 756 >0,05	8762 ± 319 >0,05
VII Сочетание смешанной нагрузки с СМТ	$M \pm m$ p	27000 ± 1350 <0,001	10487 ± 2056 >0,05	8875 ± 500 >0,05	8987 ± 412 >0,05	9037 ± 337 >0,05

Примечание. Количество лейкоцитов у собак с артритом сравнивается с количеством лейкоцитов у животных в условиях физиологической нормы (10201 ± 1312).

Рис.

Рис. 2.

Гистологическая картина суставной полости в состоянии кардиальности. На фоне лейкоцитоза отмечается краевая

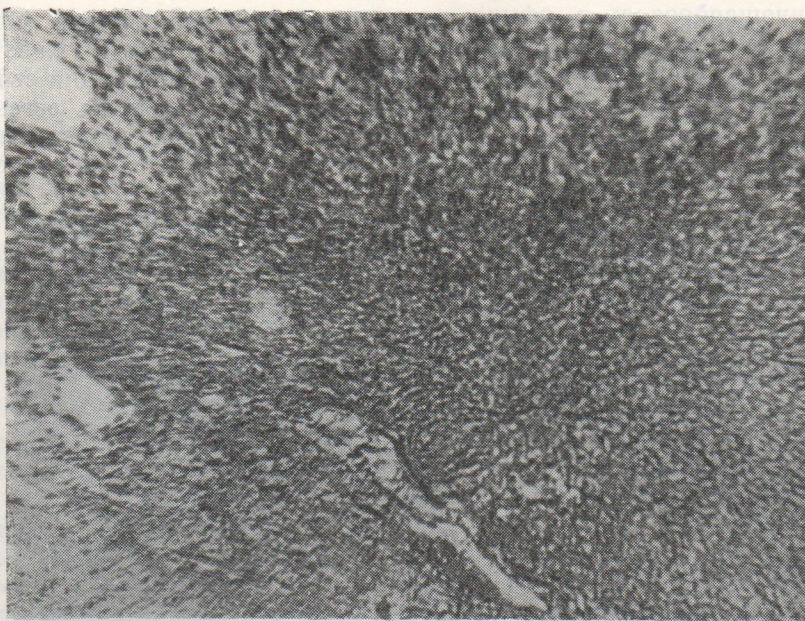


Рис. 1. Лейкоцитарная инфильтрация. Контроль 3 сут.
Гематоксилин+эозин. 7×20 .



Рис. 2. Появление признаков регенерации. Контроль 20 сут.
Гематоксилин+эозин. 7×20 .

Гистологические исследования показали, что у животных контрольной группы на 3 сут после экспериментально вызванного артрита суставная полость имеет нечеткие контуры, ядра клеток находятся в состоянии кариорексиса: в цитоплазме клеток обнаружена грубая зернистость. На границе с мертвой массой отмечается резко выраженная лейкоцитарная инфильтрация (рис. 1), носящая преимущественно периваскулярный характер. Артерии гиперемированы, в венах отмечается краевое стояние лейкоцитов, в части кровеносных сосудов

имеются тромбы. К 20 сут появляются признаки регенерации (кровообращение капилляров в очаге воспаления, рис. 2). У животных II группы на 10 и 20 сут процесс лейкоцитарной инфильтрации ограничивается поверхностными слоями, наблюдается интенсивная регенерация. Демаркационная линия четкая (рис. 3). У собак, подвергшихся сочетанному воздействию статических нагрузок с СМТ, к 20 сут опре-



Рис. 3. Демаркационная линия. Артрит+СМТ 10 сут.
Гематоксилин+эозин. 7×20.

деляется интенсивно идущая регенерация с образованием новых кровеносных сосудов и соединительной ткани.

Наблюдения показали, что спустя сутки после экспериментально вызванного артрита температура кожи сустава повышалась до 39°C (в норме 37,6°C). Нормализация температуры кожи коленного сустава у контрольных животных происходила к 10 сут, а у животных, организм которых подвергался физическим нагрузкам в сочетании с СМТ,— к 3 сут. Визуальные наблюдения за поведением животных в обычных условиях показали, что собаки контрольной группы начали ступать на пораженную конечность лишь к 20 сут, а животные, которые подвергались только физическим нагрузкам,— к 7—5 сут. У собак, подвергшихся сочетанному воздействию физических нагрузок с СМТ, восстановление двигательной функции происходит к 5—3 сут после возникновения артрита.

Обсуждение результатов исследований

Результаты опытов показали, что через сутки после возникновения экспериментального артрита у всех подопытных собак отмечается угнетение всасывательной функции синовиальной оболочки коленного сустава. Это согласуется с наблюдениями [2, 7], которые объяснили снижение всасывательной деятельности синовиальной оболочки скоплением экссудата в суставе и механическим сдавливанием реактивных структур, принимающих участие в резорбции.

Кроме того, есть данные о том [5], что нарушение подвижности сустава, которое у исследованных нами животных проявлялось в ша-

жении конечности в свою очередь тверждается р ки после возникновения периферических сосудов и биологических исследований крови и подтверждение

В дальней синовиальной оболочки, которое можно считать разжижением материала, разжижения Манукяна [5].

Начало восстановления синовиальной оболочки и двигательной функции коленного сустава, т

Таким образом, период травмы и нагрузка являются очень важными факторами в реабилитации

Следует также отметить, что физические нагрузки являются фактором поражения

1. Всасывательная функция сустава при экспериментальном возникновении периферических сосудов и показатели бе

2. По мере восстановления функции синовиальной оболочки и кровенаполнения сустава лейкоцитов

3. Функциональное восстановление сустава в их сочетанном

EFFECT OF PHYSICAL LOADS ON THE RECOVERY OF THE JOINT

Radioisotopic measurements with 45 dogs showed that the power independently of the course of experiment. It is shown that the rehabilitation quicker combination with SMC th

Department of Physiology
Institute of Civil Engineering

жении конечности, ведет к снижению лимфо- и кровообращения, а это в свою очередь — к снижению всасывания ^{32}P в суставе. Это подтверждается реографической кривой, из которой видно, что спустя сутки после возникновения воспаления в суставе кровенаполнение периферических сосудов резко снижается. Наряду с результатами гистологических исследований резкое увеличение количества лейкоцитов в крови и повышение температуры кожи пораженного сустава служат подтверждением воспалительного процесса в нем.

В дальнейшие периоды наблюдения по мере стихания воспаления синовиальной оболочки отмечается усиление процессов всасывания, которое можно объяснить выведением из полости сустава мертвого материала, разжиженного экссудатом. Это согласуется с наблюдениями Манукяна [5].

Начало восстановления всасывательной деятельности синовиальной оболочки коленного сустава совпадало с возобновлением его двигательной функции, нормализацией кровенаполнения сосудов пораженного сустава, температуры его кожи и показателей белой крови.

Таким образом, результаты наших исследований показали, что в период травматизации в учебно-тренировочный процесс можно включать нагрузки статические, динамические и смешанные, что является весьма важным фактором для поддержания тренированности организма в реабилитационном периоде.

Следует также отметить, что сочетанное воздействие указанных физических нагрузок с СМТ является важным восстанавливающим фактором пораженного сустава.

Выводы

1. Всасывательная функция синовиальной оболочки коленного сустава при экспериментальном артрите угнетается в первые сутки после возникновения артрита. Наряду с этим изменяются кровенаполнение периферических сосудов пораженного сустава, температура его кожи и показатели белой крови.

2. По мере стихания воспалительного процесса резорбтивная функция синовиальной оболочки сустава возрастает. Полная нормализация двигательной функции сустава совпадает с восстановлением кровенаполнения в нем, температуры кожи и нормализацией количества лейкоцитов в крови.

3. Функциональное состояние сустава при его воспалении значительно быстрее восстанавливается при физических нагрузках особенно в их сочетанном воздействии с СМТ.

R. O. Faitelberg, G. V. Derbish

EFFECT OF PHYSICAL LOADS AND SINUSOID-MODULATED CURRENTS ON THE FUNCTIONAL STATE OF THE SYNOVIAL KNEE JOINT MEMBRANE IN NORM AND WITH INFLAMMATION

Summary

Radioisotopic tracing, clinical, morphological and rheographic observations in experiments with 45 dogs were used to study an effect of various physical loads, volume and power independently and in combination with sinusoid-modulated currents (SMC) on the course of experimental arthritis caused by administration of 0.5 % silver nitrate solution. It is shown that the functional state of the knee joint with inflammation gets rehabilitated quicker with application of physical loads both independently and in combination with SMC than without these interventions.

Department of Physical Training,
Institute of Civil Engineering, Odessa

Список литературы

1. Атаев З. М. Изометрическая гимнастика при лечении переломов трубчатых костей. — М.: Медгиз, 1973.—159 с.
2. Беленькая Г., Глаштейн Л. Проникновение из крови в сустав биологически активных веществ. — В кн.: Тр. Междунар. конгр. спорт. медицины. М.: Медгиз, 1958, с. 163—165.
3. Дербиш Г. В., Пирожников В. В., Файтельберг-Бланк В. Р. Седло для изучения влияния статических нагрузок на организм собак. — Физиол. журн., 1978, 24, № 2, с. 275—276.
4. Ласская Л. А. Поддержание тренированности спортсменов методом ЛФК в период лечения поврежденного коленного сустава: Автореф. дис. ... канд. мед. наук, 1964.—24 с.
5. Манукян Л. А. Васкуляризация синовиальных оболочек: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — М., 1977.—31 с.
6. Миронюк З. С. Повреждение коленного сустава при занятиях спортом. — М.: Медгиз, 1962.—133 с.
7. Павлова В. Н. Синовиальная среда суставов. — М.: Медгиз, 1980.—292 с.
8. Перевошиков Ю. А., Немировская А. Г. Применение синусоидально-модулированных токов при травматических повреждениях суставов у спортсменов. — Теория и практика физкультуры, 1981, № 2, с. 54—57.
9. Фарфель В. С. Физиология человека. — М.: Физкультура и спорт, 1960.—160 с.
10. Ясногородский В. Г. Синусоидально-модулированные токи: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — М., 1967.—31 с.

Кафедра физвоспитания
Одесского инженерно-строительного института

Поступила в редакцию
26.10.81

УДК 615.373.3:619

Н. В. И

ВЛИЯНИЕ
НА ВОСП

Изучение возм
деятельность клет
ональной активнос
хозяйственной и ме
веществ, направле
носятся цитотоксич
сравнении с други
чивается тем, что
степени адекватен

В литературе
о возможности исп
ны, как инструмен
органов и тканей,
с целью изучения
зывающие на эфф
в ветеринарной пра

В 1973 г. в о
Института физиол
чена лошадиная а
фическая для коро
ленной проверки э
воротки, специфиче
зовать АОЦС-К в
охоты и повышени
молочного и мясно
этом результаты пр

АОЦС-К получали
правления водно-солевы
шение фолликулярной т
с титром антител 1:16
ности проводили путем
логичными и негомологи
ней почек, надпочечник
ности использовали яич
с целью установления
отделу воспроизводства
крупного рогатого скота

Опыты проводили
помесных мясных типо
тел, а также на «перег
использовали нативную
использованием разво
вводили опытным живот
ли внутримышечно дву
проявившим охоты посл
Коровы и телки контро
воротку им не вводили.
Исследования пров