

ISSN 0131 - 1646

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

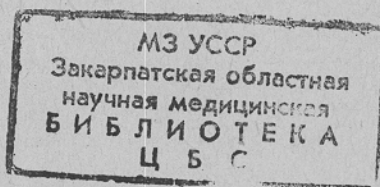
# **ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА**

том 18 • 1992 **3**



СО Д Е Р Ж А Н И Е

Барвинок А.И., Рожков В.П. Особенности межцентральной координации корковых электрических процессов при умственной деятельности.....	5
Костанов Э.А. Фактор динамичности в функциональной асимметрии больших полушарий головного мозга.....	17
Лытаев С.А., Шостак В.И. Значение полушарной специализации височно-теменных отделов неокортекса в компенсаторных механизмах при перцептивной деятельности.....	25
Макаренко Н.В., Вороновская В.И., Ковтун Т.В., Панченко В.М. Электроэнцефалографические корреляты временных характеристик простых сенсомоторных реакций у людей с различным уровнем функциональной подвижности нервных процессов.....	33
Григорян В.А., Зефельд В.В. Автоматизированное представление томограмм зрительномоторного пространства человека.....	42
Берус А.В., Столбиков А.Е., Шмаль О.В., Гапошук П.Я. Количественные характеристики электроэнцефалограммы больных гипертонической болезнью.....	48
Пидоря А.М. Особенности восприятия и оценки тактильной информации у квалифицированных спортсменов.....	58
Казин Э.М., Гольдшмидт Е.С., Литвинова Н.А., Никифорова О.А., Сапего А.В. Использование автоматизированных систем для оценки функциональных состояний. Сообщение IV. Роль показателей функциональной асимметрии в оценке психофизиологической адаптации у лиц административно-управленческого аппарата.....	63
Перелеч Н.Б. К оценке минутного объема кровообращения у больных инфарктом миокарда....	71
Вилков В.Г., Новиков В.Т. Реакция артериального давления на ортостаз при артериальной гипертензии. Сообщение I. Различия реакции артериального давления на ортостатическое воздействие в зависимости от его исходного уровня у больных артериальной гипертензией и здоровых людей.....	77
Арипчин И.И., Фекета В.П., Камышенко В.Г., Горбацевич А.И. Влияние пассивных движений в голеностопных суставах на центральную гемодинамику и функциональное состояние сердца.....	83
Ситдииков Ф.Г., Русинова С.И. Изменение показателей сердечно-сосудистой и симпатoadренальной систем у детей младшего школьного возраста в течение учебного года.....	88
Коркушко О.В., Саркисов К.Г., Шатило В.Б., Белый А.А., Мороз Г.З., Мистрюков В.М., Тарасенко О.Б. Влияние фармакологической стимуляции альфа <sub>1</sub> -адренорецепторов на сердце и периферическое кровообращение у людей пожилого и старческого возраста.....	96
Толкачева Н.В., Левачев М.М., Лупинович В.Л., Николенко О.В. Липидный состав эритроцитарных мембран и плазмы крови у спортсменов.....	104
Тхоревский В.И., Беляев В.И., Шенкман Б.С., Пекрасов А.Н., Андрианов Д.А., Ильина П.Л., Мартиросов Э.Г., Сафонов В.Л. Влияние аэробной тренировки на крово-	



structural and metabolic properties of contractile fibres.....	109
Prilutsky B.I., Zapiorsky V.M. Mechanical energy consumption and walking and running efficiency..	118
Lebedev N.N., Palchikov V.Ye., Churin B.V. Migratory motor complexes in the daily cycle of vital activity.....	128
Sintsova N.V. Buffer effect of food on food saturation mechanisms in obese patients.....	144
Shvareva N.V. Peculiarities of endocrine system functioning in the aboriginal population of the North-East of Russia. Communication II. Glucocorticoid function of the adrenocortical gland in the Evenks and Chuckchis.....	151
Bocharov M.I., Soroko S.I. Thermal sensitivity changes in man during adaptation to cold and hypoxia.....	157
Fedorova O.I., Filatova O.V. Diurnal rhythms of temperature homeostasis in normal individuals during acclimatization to arid zone conditions.....	162

#### M e t h o d s

Polonsky Yu.Z., Oblyapin A.V., Anichkov A.D. The advantages of band-like construction of intracerebral electrode beam.....	169
--	-----

#### C h r o n i c l e

Makarenko N.V., Maidikov Yu.L. Conference: "Individual psychophysiological peculiarities of man and professional activity" (November 13-15, 1991, Cherkasy).....	172
Ya.I. Azhipa.....	175

Address  
 Moscow 117312, Fersman St., 11  
 HUMAN PHYSIOLOGY

УДК 612.146.4

© 1992 г.

*Н.И. Аринчин, В.П. Фекета, В.Г. Камышенко, А.И. Горбачевич*

### ВЛИЯНИЕ ПАССИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ В ГОЛЕНОСТОПНЫХ СУСТАВАХ НА ЦЕНТРАЛЬНУЮ ГЕМОДИНАМИКУ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЦА

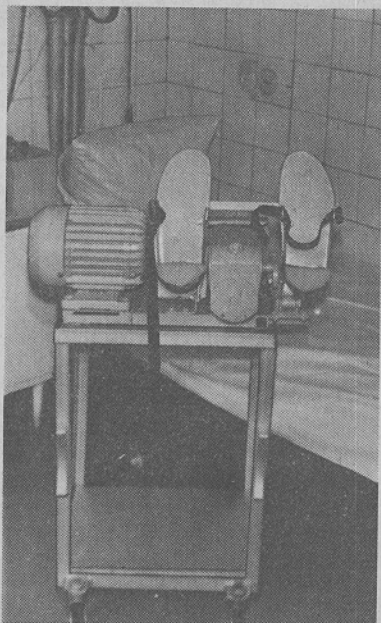
Изучено и проанализировано влияние пассивных движений в голеностопных суставах здоровых испытуемых мужского пола на показатели центральной гемодинамики и функционального состояния сердца. Обнаружен эффект гемодинамической разгрузки сердца, выражающийся в урежении частоты сердечных сокращений, увеличении ударного объема, уменьшении минутной работы левого желудочка и расхода энергии на продвижение 1 л минутного объема крови при сохранении прежнего уровня кровоснабжения организма. Обсуждаются клинические аспекты применения пассивных движений с целью реабилитации больных кардиологического профиля.

Термином «пассивные движения» (ПД) обозначают движения, возникающие в результате внешних механических усилий, без активного участия мышечных элементов передвигаемой конечности или другой части тела [1]. В клинической практике применение ПД конечностей в основном направлено на улучшение двигательных функций, устранение контрактур, усиление локального кровоснабжения. При этом не учитывается их возможное влияние на гемодинамическую насосную функцию скелетных мышц (ГНФСМ), представляющую собой активное вспомогательное звено не только в регионарном, но и в системном кровообращении [2-4]. В то же время получены данные о том, что растяжение мышц конечностей в процессе пассивных движений обуславливает активизацию ГНФСМ и способствует венозному возврату [5]. Увеличение же венозного возврата, согласно закону Франка-Старлинга, приводит к увеличению ударного объема сердца. Таким образом, можно предположить, что пассивные движения должны в той или иной степени отражаться на системной гемодинамике и деятельности сердца. Экспериментальное обоснование этого предположения и явилось целью данной работы.

#### МЕТОДИКА

Исследования проводили с участием 20-и здоровых мужчин в возрасте 25-37 лет по следующей программе. Испытуемый находился в положении лежа на спине, его нижние конечности размещались на специально сконструированном электромеханическом устройстве для осуществления ПД в голеностопных суставах (рисунок). Стопы фиксировались ремнями к насадкам исполнительного механизма, обеспечивающего пассивные сгибания - разгибания в голеностопных суставах. Амплитуда и частота движений была постоянной и соответствовала 75° и 19 циклам в 1 мин. У каждого испытуемого производили синхронную регистрацию электрокардиограммы по Небу; грудной тетраполярной реограммы и фонокардиограммы. Кроме того, с помощью эхокардиоскопа ЭКС-01 отечественного производства регистрировали М-эхокардиограмму в I стандартной позиции. Артериальное давление измеряли методом Короткова.

Первые 15 мин испытуемым предоставляли покой и регистрировали фоновые показатели. Затем в течение 15 мин экспериментатором совершались ПД. Второе «снятие» показателей осуществляли при отсутствии ПД, после чего



Электромеханическое устройство для осуществления пассивных движений в голеностопных суставах у человека

испытуемых вновь подвергали 15-минутному воздействию ПД с последующей регистрацией показателей. Конечную запись физиологических кривых производили спустя 15 мин после прекращения ПД.

В качестве параметров, характеризующих центральную гемодинамику, использовали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин); среднее артериальное давление (САД, мм рт.ст.), определяемое по формуле Хикема; индекс кровоснабжения (ИК, мл/кг/мин), рассчитываемый по формуле:  $ИК = (УО \cdot ЧСС) / М$ , где УО – ударный объем сердца (в мл), определяемый методом грудной тетраполярной реографии, М – масса тела (в кг); индекс периферического сопротивления (ИПС,  $H^2 \text{ с} \cdot \text{см}^{-5}$ ), который определялся по модифицированной формуле Пуазейля [6]:  $ИПС = (САД / ИК) \cdot 1333 \cdot 60 \cdot 9,81 \cdot 10^5$ .

В качестве показателей функционального состояния сердца использовали конечно-систолический (КСО, мл) и конечно-диастолический (КДО, мл) объемы сердца; скорость циркулярного укорочения волокон миокарда ( $V_{ср}$ ,  $\text{с}^{-1}$ ) и фракцию выброса (ФВ, %). Энергетическую характеристику сердечной деятельности определяли по величине минутной работы сердца (А, кГм); по расходу энергии, затрачиваемой сердцем на передвижение каждого литра минутного объема крови (РЭ, Вт). Потребность миокарда в кислороде оценивали по величине двойного производителя (ДП, ед.). Все указанные параметры сердечной деятельности определяли по общепринятым методикам [7–10].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Под влиянием ПД произошли существенные сдвиги показателей центральной гемодинамики. Так, на 15-й и 30-й мин ПД ЧСС и САД достоверно уменьшились по сравнению с исходными значениями (таблица). При этом интегральный показатель насосной функции сердца – ИК статистически достоверно не изменялся, а уменьшение САД произошло преимущественно за счет снижения ИПС ( $p < 0,05$ ). Удержанию ИК на стабильном уровне, несмотря на урежение ЧСС, способствовало увеличение УО. Таким образом, режим ПД обусловил более экономичный способ поддержания минутного объема крови за счет относительного увеличения УО и урежения ритма. Следует отметить, что ПД не

**Изменения показателей кардиогемодинамики ( $M \pm m$ ) при использовании пассивных движений (ПД) нижних конечностей у человека**

Показатель	Фоновые значения	На 15-й мин ПД	На 30-й мин ПД	Через 15 мин после окончания ПД
ЧСС, уд/мин	62,1±1,3	57,2±1,1*	57,8±1,2*	59,6±1,3
САД, мм рт. ст.	91,3±1,6	85,7±1,5*	83,6±2,1*	90,1±1,8
ИК, мл/кг · мин	61,2±1,5	60,8±1,4	62,0±1,5	62,3±1,6
ИПС, н <sup>2</sup> · с · см <sup>-5</sup>	11,9±0,2	10,6±0,1*	10,7±0,2*	11,4±0,2
УО, мл	71,1±0,6	74,9±0,6*	74,1±0,6*	69,5±0,7
КДО, мл	155,3±3,3	167,3±3,3*	166,8±3,2*	161,1±3,4
КСО, мл	86,9±2,1	92,8±2,8	93,5±2,7	90,4±2,6
$V_{cf}$ , с <sup>-1</sup>	0,85±0,13	0,88±0,12	0,91±0,14	0,86±0,18
ФВ, %	54,0±1,2	53,0±1,3	52,0±1,3	51,6±1,4
А, кГм	6,61±0,13	6,13±0,14*	6,05±0,15*	6,36±0,14
Р <sub>э</sub> , Вт	11,7±0,2	9,9±0,1*	9,3±0,2*	11,3±0,3
ДП, усл. ед.	70,3±1,4	61,4±1,2*	63,0±1,1*	69,1±1,3

\* Достоверные различия показателя по сравнению с фоновым значением.

вызывают увеличение потребности организма в кислороде по сравнению с состоянием покоя, о чем свидетельствует стабильность ИК. Динамика КДО подтверждает участие механизма Франка–Старлинга в «переводе» сердца на более экономный режим работы. Принципиально важным представляется тот факт, что увеличение УО сердца произошло без достоверного изменения сократимости миокарда, о чем можно судить по динамике  $V_{cf}$  и ФВ. По-видимому, это связано со снижением постнагрузки сердца.

В то же время минутная работа сердца и РЭ, а также потребность миокарда в кислороде, оцениваемая по величине ДП, достоверно снижались как на 15-й, так и на 30-й мин ПД. Как следует из таблицы, все регистрируемые показатели возвращались к исходному уровню через 15 мин после прекращения ПД, т.е. эффект последствия фактически отсутствовал.

Кроме традиционной статистической обработки полученных данных с оценкой достоверности различий групповых средних по критерию Стьюдента весь цифровой материал, относящийся к исходному состоянию и 15-й мин ПД, был подвергнут дисперсионному анализу по однофакторной схеме [11]. В качестве фактора, обуславливающего рассеяние вариант, был принят эффект ПД. С помощью сравнения рассчитанного и табличного критерия Фишера при уровне значимости  $p = 0,05$  был подтвержден вывод о влиянии изучаемого фактора на такие показатели, как ЧСС, САД, ИПС, УО, КДО, А, Р<sub>э</sub>, ДП.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Обнаружение гемодинамического микронасосного свойства поперечно-полосатой мышечной ткани в опытах на изолированной икроножной мышце собаки [2, 3] дает основания по-новому трактовать роль скелетных мышц в системном кровообращении. При этом нагнетательно-присасывающее действие скелетной мускулатуры на внутримышечный кровоток нельзя сводить к известной «венозной помпе», так как оно реализуется не только в условиях ритмических сокращений мышц, но и при их изометрическом напряжении, растяжении и даже физиологическом покое [4]. Имеются многочисленные экспериментальные доказательства биофизической вибрационной гипотезы, которая объясняет механизм гемодинамического насосного свойства поперечно-полосатой мускулатуры взаимодействием асинхронно сокращающихся мышечных волокон с

эндотелием капилляров [12–14]. Таким образом, данный механизм в отличие от «венозной помпы» функционирует на микроуровне. Изолированная икроножная мышца собаки способна обеспечить замкнутую циркуляцию крови в искусственном круге кровообращения, что дало основания считать скелетные мышцы своеобразными периферическими «сердцами» [2, 4]. По нашему мнению, суммарная гемодинамическая деятельность всех внутримышечных периферических «сердец» является одним из важнейших факторов венозного возврата крови. Эти представления о роли скелетных мышц в системном кровообращении могут служить физиологическим обоснованием некоторых новых методов коррекции центральной гемодинамики и функционального состояния центрального насоса – сердца, базирующихся на активации микронасосов скелетных мышц как периферических «сердец». Речь идет о своеобразной гемодинамической «разгрузке» сердца. При этом важно выбрать такие способы стимуляции микронасосной функции, которые не сопряжены с возрастанием энергозатрат организма. Как показывают результаты данного исследования, этим требованиям соответствуют пассивные движения нижних конечностей. Так, даже 30-минутное применение ПД не приводит к увеличению ИК организма, который, как известно, жестко связан с интенсивностью обмена веществ. Характер изменения основных показателей центральной гемодинамики под влиянием ПД подтверждает эффект гемодинамической «разгрузки» сердца. Особенно показательна, на наш взгляд, динамика минутной работы сердца и расхода энергии на передвижение 1 л минутного объема крови, а также ДП. В данном случае, очевидно, произошло перераспределение работы центрального сердца и периферических «сердец» в сторону более активного участия последних в обеспечении замкнутой циркуляции крови в сосудистой системе.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пассивные движения (ПД) в голеностопных суставах у человека оказывают существенное влияние на показатели центральной гемодинамики, результатом которого является гемодинамическая «разгрузка» сердца. Применение ПД может быть использовано в клинической практике с целью скорейшей реабилитации больных кардиологического профиля, особенно в тех случаях, когда больному показано ограничение естественной двигательной активности, либо у больных с нарушенными локомоторными функциями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Словарь физиологических терминов / Под ред. Газенко О.Г. М.: Наука, 1987. 130 с.
2. Аринчин Н.И., Недвецкая Г.Д. Новое явление активной внутриорганной насосной функции скелетных мышц // Докл. АН БССР. 1973. Т. 17. № 1. С. 84.
3. Аринчин Н.И., Недвецкая Г.Д. Внутримышечное периферическое сердце // Докл. АН СССР. Сер. биол. 1973. Т. 210. № 1. С. 244.
4. Аринчин Н.И., Недвецкая Г.Д. Внутримышечное периферическое сердце. Минск: Наука и техника, 1974. 152 с.
5. Аринчин Н.И., Борисевич Г.Ф. Микронасосная деятельность скелетных мышц при их растяжении. Минск: Наука и техника, 1986. 112 с.
6. Аринчин Н.И., Борисевич Г.Ф., Володько Я.Т. и др. Физическая тренировка микронасосной деятельности внутримышечных периферических «сердец». Минск: Наука и техника, 1984. С. 33.
7. Голикова Г.М., Кубергер М.Б., Тальпис Б.Л., Чуракова Т.П. Функциональные исследования сердечно-сосудистой системы // Справочник по функциональной диагностике в педиатрии. М.: Медицина, 1979. С. 171.
8. Зарецкий В.В., Бобков В.В., Ольбинская Л.И. Клиническая эхокардиография – атлас. М.: Медицина, 1979. 247 с.
9. Amsterdam E., Mason D. Exercise testing and direct assessment of myocardial oxygen consumption in evaluation of angina pectoris // Cardiology. 1977. V. 62. P. 174.
10. Robinson B. Relation of heart rate and systolic blood pressure to the onset of pain in angina pectoris // Circulation. 1967. V. 35. P. 1073.

11. *Рокицкий П.Ф.* Биологическая статистика. Минск: Высшая школа, 1967. 327 с.
12. *Аринчин Н.И.* Вибрационная теория кровоснабжения работающих мышц // Материалы симпозиума по вопросам регуляции кровообращения. Ростов-н./Д., 1968. Ч. 1. С. 111.
13. *Володько Я.Т.* Ультраструктурные данные о механизме микронасосной функции // Физическая тренировка микронасосной деятельности внутримышечных периферических «сердец». Минск: Наука и техника, 1984. С. 55.
14. *Наймиченко Л.В.* Некоторые механизмы внутриорганный насосной функции скелетных мышц: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 1975.

Институт физиологии АН Беларуси,  
Минск

Поступила в редакцию  
31. V. 1991