

КИСЛОРОДНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗМА БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА (ИБС) ПРИ ДОЗИРОВАННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

В патогенезе ИБС большую роль играют нарушения кислородного снабжения как миокарда, так и периферических тканей. Однако мера этих нарушений иногда бывает настолько слабо выражена, что не всегда диагностируется в состоянии покоя, но четко проявляется при повышенной энергетической потребности. Исследование нарушений напряжения кислорода в мышце при физической деятельности имеет важное значение как для выяснения механизмов развития тканевой гипоксии, так и для изучения особенностей кислородного обеспечения тканей у больных ИБС [1—5].

Мы исследовали кислородное и гемодинамическое обеспечение организма в условиях выполнения больными дозированной физической нагрузки в зависимости от тяжести ИБС.

Методика

Обследованы 125 больных ИБС (в возрасте 30—59 лет) с различной тяжестью заболевания. У 68 больных произведена ангиография коронарных сосудов по методу, описанному ранее [3]. Суммарное поражение артерий сердца (СПАС) определяли по методу Петросяна и Иоселиани (1976).

Все исследуемые были разделены на три класса по классификации функционального состояния больных ИБС. В I функциональный класс вошли 38 человек с высокой ($820 \pm 49,2$) или удовлетворительной ($690 \pm 48,2$) кгм/мин переносимостью физических нагрузок. Стенокардитические боли у них возникали несколько раз в месяц после значительной физической или нервно-эмоциональной нагрузки, продолжались не более 3 мин. Купированию боли способствовал переход к состоянию покоя; к нитроглицерину не прибегали. У 21 больного сосуды были извитыми или интактными.

Во II функциональный класс вошло 56 больных, у которых выявлена сниженная ($489,6 \pm 61,8$) кгм/мин толерантность к физической нагрузке. Приступы стенокардии у них возникали при обычных психоэмоциональных и физических напряжениях, иногда и в покое, в частности ночью. Для купирования приступа в большинстве случаев принимали нитроглицерин. В анализе 24 человек — мелко- и крупноочаговый инфаркт миокарда. 26 больным произведена коронарография. Из них СПАС (до 50 %) имели 19 человек, у остальных сосуды были интактными или извитыми.

III функциональный класс — больные с низкой ($250,0 \pm 10,0$) кгм/мин толерантностью к нагрузке. У них наблюдались частые приступы стенокардии в состояниях напряжения и покоя, которые не всегда купировались нитроглицерином. В этой группе обследовано 31 человек. У 19 из них — перенесенный инфаркт миокарда, часто повторный. СПАС (до 50 %) было у пяти больных, более 50 % — у 16.

Контрольную группу составили 20 практически здоровых людей возрастом 27—51 г. с нормальной ЭКГ и отрицательной велоэргометрической пробой. Исследовали некоторые показатели транскapиллярного обмена (в основном энергетического): напряжение кислорода в артериальной и венозной крови, в тканях, скорость кровотока.

Определение напряжения кислорода и скорости кровотока в дельтовидной мышце плеча проведено на полярографе LP-7 (ЧССР) по методикам Березовского (1966) и Вогралика (1975). Напряжение кислорода в артериальной и венозной крови проводилось на Микро-Аструпе фирмы «Radiometer». Окислительно-восстановительные процессы в тканях оценивали по концентрации молочной и пировиноградной кислот по методу Barker и соавт. Тест с нагрузкой проводили на велоэргометре 380М фирмы «Eleta — Siemens» в положении сидя. Характер нагрузки был ступенчато возрастающий, непрерывный, мощность на каждой последующей ступени увеличивалась на 25 Вт; продолжительность ступени — 5 мин. Критерием прекращения нагрузочной пробы служили ЭКГ и клинические признаки согласно рекомендациям ВОЗ (1973) и Института кардиологии ВКНЦ АМН СССР (1978). Параметры центральной гемодинамики определяли методом трансторакальной тетраполярной реографии на аппарате РПГ-2-02.

Результаты и их обсуждение

При исследовании характера изменений транскапиллярного обмена при дозированной физической нагрузке у лиц контрольной группы получены следующие результаты (табл. 1). В соответствии с увеличением нагрузки происходили соответствующие изменения центральной и периферической гемодинамики: ударный индекс повышался до $(46,0 \pm 2,1)$ мл/м² ($P < 0,02$), сердечный — до $(6,7 \pm 0,7)$ л/мин/м² ($P < 0,001$), мышечный кровоток на 100 г мышцы достоверно увеличивался до $(8,4 \pm 0,7)$ мл·мин⁻¹ ($P < 0,001$). Напряжение кислорода в артериальной и венозной крови, а также артерио-венозная разность по кислороду на высоте нагрузки были идентичны начальным показателям. Оставалось в пределах нормальных цифр и отношение лактата к пирувату ($P > 0,05$). Напряжение кислорода в мышечной ткани после велоэргометрии составило $(35,5 \pm 5,0)$ гПа, статистически не отличаясь от исходного уровня ($P > 0,05$), что свидетельствовало о хорошей регуляции кислородного гомеостаза в условиях резкой интенсификации тканевого дыхания.

Таблица 1. Некоторые показатели гемодинамики, окислительно-восстановительных процессов и газового состава крови и тканей у практически здоровых лиц при выполнении дозированной физической нагрузки ($M \pm m$)

Исследуемый показатель	До физической нагрузки	После физической нагрузки	P^*
УИ, мл/м ²	$38,0 \pm 1,7$	$46,0 \pm 2,1$	$< 0,02$
СИ, л/мин/м ²	$2,59 \pm 0,17$	$6,7 \pm 0,7$	$< 0,001$
МК, мл/100 г/мин	$3,1 \pm 0,2$	$8,4 \pm 0,7$	$< 0,001$
paO_2 , гПа	$101,7 \pm 4,2$	$107,7 \pm 3,8$	$> 0,05$
pvO_2 , гПа	$57,3 \pm 4,2$	$57,0 \pm 3,7$	$> 0,05$
ptO_2 , гПа	$36,9 \pm 1,9$	$35,5 \pm 5,0$	$> 0,05$
$pa-v$, гПа	$43,0 \pm 3,5$	$45,3 \pm 3,4$	$> 0,05$
М/ПВК	$9,6 \pm 0,7$	$8,2 \pm 1,7$	$> 0,05$

P^* — достоверность различий между состояниями до и после физической нагрузки

На ранних стадиях развития атеросклеротического процесса у больных ИБС I функционального класса (табл. 2) не выявлены тканевые гипоксические сдвиги. Несмотря на интенсификацию обменных процессов в тканях при физической нагрузке, увеличение центральной (сердечный индекс в л/мин/м² с $2,33 \pm 0,28$ до $5,56 \pm 0,86$; $P < 0,01$ и ударный индекс в мл/м² с $34,2 \pm 1,8$ до $42,5 \pm 3,3$; $P < 0,05$) и периферической (мышечный кровоток (мл/100 г/мин) с $2,97 \pm 0,1$ до $8,3 \pm 1,1$; $P < 0,001$) гемодинамики являлось адекватным для их оксигенации. Работа на велоэргометре не приводила к накоплению недоокисленных продуктов в крови, о чем свидетельствовало отношение лактата к пирувату (до нагрузки $10,1 \pm 1,3$, после — $12,3 \pm 0,9$; $P > 0,05$). Напряжение кислорода в тканях у больных этой группы в покое составляло $(31,3 \pm 3,3)$ гПа, после велоэргометрии оно несколько снизилось до $(26,4 \pm 2,2)$ гПа, но статистически не отличалось от исходного уровня ($P > 0,05$). В артериальной крови напряжение кислорода достигало $(103,5 \pm 2,5)$ гПа, что было идентично показателям практически здоровых лиц ($P > 0,05$). В венозной крови напряжение кислорода было $(57,0 \pm 3,7)$ гПа, что также не отличалось от показателей в норме ($P > 0,05$). Артерио-венозная разница по напряжению кислорода составляла $(46,1 \pm 1,9)$ гПа ($P > 0,05$).

С прогрессированием атеросклероза у больных II и особенно III функционального класса изменение центральной и периферической гемодинамики во время физической нагрузки не в состоянии обеспечить возросшие метаболические потребности тканей. Так, ударный индекс

у больных III класса (см. табл. 2) на высоте нагрузки статистически не отличался от исходного уровня ($P > 0,05$). Также не претерпевал существенных изменений и сердечный индекс ($2,51 \pm 0,40$ л/мин/м²; $P > 0,05$). Мышечный кровоток после выполнения максимальной работы увеличился с ($1,7 \pm 0,1$) до ($3,6 \pm 0,06$) мл/100 г/мин, однако это было достоверно ниже, чем в контрольной группе ($P < 0,001$) и у больных I класса ($P < 0,001$). Из-за несоответствия между доставкой кислорода и его запросами, в мышечной ткани резко возрастал анаэробный гликолиз, о чем свидетельствовало повышение отношения лактата к пировуату ($17,3 \pm 1,5$ и $25,6 \pm 1,2$; $P < 0,001$). Напряжение кислорода в тканях до выполнения дозированной физической нагрузки составляло ($23,1 \pm 1,6$) гПа, что достоверно ниже, чем в группе практически здоровых испытуемых ($P < 0,02$) или у больных I функционального класса ($P > 0,05$). На высоте нагрузки напряжение кислорода в тканях достоверно снизилось до ($17,4 \pm 1,9$) гПа; $P > 0,05$ (табл. 2).

Таблица 2. Некоторые показатели гемодинамики, окислительно-восстановительных процессов и газового состава крови и тканей у больных ИБС при выполнении дозированной физической нагрузки ($M \pm m$)

Изучаемый показатель	I функциональный класс		II функциональный класс		III функциональный класс	
	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки
УИ, мл/м ²	$34,2 \pm 1,80$	$42,5 \pm 3,3$	$31,2 \pm 2,50$	$40,6 \pm 3,10$	$27,8 \pm 4,5$	$34,8 \pm 5,2$
	$P < 0,05$		$P < 0,05$		$P > 0,05$	
СИ, л/мин/м ²	$2,33 \pm 0,28$	$5,56 \pm 0,86$	$2,30 \pm 0,19$	$4,25 \pm 0,70$	$2,10 \pm 0,27$	$2,51 \pm 0,40$
	$P < 0,01$		$P < 0,01$		$P > 0,05$	
МК, мл/100 г/мин	$2,97 \pm 0,1$	$8,3 \pm 1,1$	$2,3 \pm 0,05$	$5,1 \pm 0,33$	$1,7 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,06$
	$P < 0,001$		$P < 0,001$		$P < 0,001$	
раО ₂ , гПа	$100,3 \pm 4,4$	$103,5 \pm 2,5$	$96,8 \pm 2,3$	$98,4 \pm 2,5$	$100,5 \pm 2,3$	$101,6 \pm 2,7$
	$P > 0,05$		$P > 0,05$		$P > 0,05$	
рвО ₂ , гПа	$57,2 \pm 3,6$	$57,0 \pm 3,7$	$54,4 \pm 4,2$	$46,7 \pm 1,5$	$47,3 \pm 2,2$	$47,1 \pm 2,4$
	$P > 0,05$		$P < 0,02$		$P > 0,05$	
ртО ₂ , гПа	$31,1 \pm 3,3$	$26,4 \pm 2,2$	$27,3 \pm 3,0$	$26,9 \pm 2,2$	$23,1 \pm 1,6$	$17,4 \pm 1,9$
	$P > 0,05$		$P > 0,05$		$P < 0,05$	
ра—в, гПа	$41,9 \pm 3,7$	$46,1 \pm 1,9$	$45,1 \pm 1,6$	$51,6 \pm 2,1$	$51,3 \pm 1,5$	$53,3 \pm 2,9$
	$P > 0,05$		$P < 0,05$		$P > 0,05$	
М/ПВК	$10,1 \pm 1,3$	$12,3 \pm 0,9$	$11,1 \pm 0,9$	$18,6 \pm 0,7$	$17,3 \pm 1,5$	$25,6 \pm 1,2$
	$P > 0,05$		$P < 0,001$		$P < 0,001$	

Примечание. P —достоверность различий между состояниями до и после физической нагрузки

Таким образом, у больных II и III функциональных классов, несмотря на увеличение мышечного кровотока, ухудшаются окислительно-восстановительные процессы в тканях, что свидетельствует о недостаточном снабжении тканей кислородом. В результате неадекватного гемодинамического обеспечения тканей кислородом в ответ на физическую нагрузку развивается циркуляторная форма гипоксии, максимальной выраженная у больных III функционального класса.

При анализе полученных полярограмм можно отметить, что в контрольной группе реакция напряжения кислорода в мышце на стандартную нагрузку (50 Вт) протекала однотипно, в одну фазу, о чем свидетельствовали стабильные цифры на всем протяжении исследования. Это говорит о полном обеспечении кислородом возросших потребностей мышечной ткани при дозированных физических нагрузках.

У больных ИБС эта же реакция характеризовалась следующими двумя типами полярограмм: 1-й тип — стабильные цифры на всем протяжении выполнения нагрузки (эта реакция наблюдалась преимущественно у лиц, у которых пороговая мощность превышала 100 Вт); 2-й тип — снижение напряжения кислорода в мышце, что свидетельствовало об усиленном потреблении тканями кислорода и сниженной его доставке (такая реакция встречалась в основном у больных ИБС, пороговая нагрузка которых не превышала 75 Вт).

По мере прогрессирования заболевания процентное соотношение числа больных с первым и вторым типами реакций напряжения кислорода на физическую нагрузку менялось в пользу второго типа. Так, если у больных I функционального класса это соотношение было 68,4 % (1-й тип) и 31,6 % (2-й тип), у больных II функционального класса соответственно — 57,9 и 42,1 %, то у больных III функционального класса это соотношение значительно изменилось в пользу 2-го типа реакций — 66,7 % больных (33,3 % имели 1-й тип).

Гетерогенность реакций напряжения кислорода у больных ИБС может быть отражением временной неадекватности доставки кислорода его запросу, который усугубляется нарушениями гемодинамического обеспечения и системой внешнего дыхания, проявляющейся изменениями напряжения кислорода в артериальной и венозной крови. Сложное сочетание этих факторов приводит к выраженным явлениям кислородной недостаточности, что подтверждается повышением концентрации молочной и пировиноградной кислот в венозной крови у больных ИБС после физической нагрузки.

У больных с легким течением ИБС во время велоэргометрии происходит увеличение центральной и периферической гемодинамики, которое является адекватным их оксигенации. Работа на велоэргометре не приводит к накоплению недоокисленных продуктов в крови у данной группы больных, что подтверждается нормальной концентрацией молочной и пировиноградной кислот в венозной крови и отношением лактат/пируват. Отсутствие тканевых гипоксических сдвигов свидетельствует о своевременном включении компенсаторных реакций в ответ на «рабочую» гипоксию или гипоксию «нагрузки», т. е. о высоком качестве регуляции кислородного гомеостаза.

Далеко зашедший атеросклероз вызывает функциональную недостаточность сердечной мышцы. Снижение контрактильной функции миокарда одновременно с рефлекторной вазоконстрикцией артериолярного звена микроциркуляторного русла приводят к изменению характера тканевого кровотока, повышенному образованию эритроцитарных агрегатов с последующим увеличением вязкости крови [4]. Несоответствие объемной скорости кровотока кислородному запросу тканей проявляется в компенсаторном увеличении экстракции кислорода из притекающей крови, что отмечалось как увеличение артерио-венозной разницы по кислороду. На более поздних этапах заболевания этой компенсаторной реакции было недостаточно для обеспечения возросших метаболических потребностей тканей, в результате чего у больных развивается циркуляторная форма гипоксии. Подтверждением развития гипоксии в периферических тканях являлось повышение концентрации молочной и пировиноградной кислот в венозной крови и увеличение соотношения лактат — пируват.

Выводы

1. Снижение напряжения кислорода в тканях, выявляемое при дозированной физической нагрузке у больных ИБС с ограниченными функциональными возможностями сердца, указывает на усугубление циркуляторной гипоксии, начальные проявления которой обнаруживаются уже в состоянии покоя.

2. При анализе характера полиарграмм у больных ИБС во время дозированной физической нагрузки выявлены следующие два типа реакций: 1-й тип — стабильные цифры на всем протяжении выполнения нагрузки; 2-й тип — снижение напряжения кислорода в мышце, что свидетельствовало об усиленном потреблении тканями кислорода и сниженной его доставке. Эта реакция наблюдалась у лиц, у которых пороговая мощность нагрузки не превышала 75 Вт.

OXYGEN SUPPLY OF THE ORGANISM IN PATIENTS WITH ISCHEMIC HEART DISEASE UNDER DOSED PHYSICAL EXERCISES

A decrease in the oxygen tension in tissues revealed under dosed physical exercise in patients with ischemic heart disease (IHD) indicates aggravation of the circulatory hypoxia whose initial displays are detected as early as at rest. When analyzing responses of the cardiorespiratory system in patients with IHD to the dosed physical exercise two types of responses are revealed; the 1st type — stable figures during the whole period of physical exercise; the 2nd type — a decrease of the oxygen tension in the muscle, which testifies to the intensified oxygen consumption by tissues with the decreased oxygen delivery. This reaction is observed in patients whose threshold capacity of the exercise does not exceed 75 W.

Institute of Cardiology, Ministry of Public Health of the Ukrainian SSR, Kiev

1. Аронов Д. М., Васильев А. П. Изменение кислородного режима кожи и микроциркуляции под влиянием интенсивных физических тренировок у больных, перенесших инфаркт миокарда // Кардиология. — 1982. — 22, № 1. — С. 44—49.
2. Выренков Ю. Е., Соболева Э. Л., Беклемишев М. А. Морфологические особенности гемо- и лимфомикроциркуляторного русла миокарда // Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии. — 1981. — 80, № 5. — С. 30—38.
3. Гавалова Р. Ф., Чевалкова Р. А. Физическая работоспособность и кислородный режим работы у больных ИБС в зависимости от резервов коронарного кровотока и сократительной функции миокарда // Терапевт. арх. — 1977. — 69, № 4. — С. 108—110.
4. Фуркало Н. К., Гавриш А. С., Куць В. А., Давыдова И. В. Морфофункциональная характеристика микроциркуляции и сократительного миокарда при дозированном ограничении коронарного кровотока // Cor et vasa. — 1982. — № 1. — С. 73—82.

Укр. науч.-исслед. ин-т кардиологии
им. акад. Н. Д. Стражеско МЗ УССР, Киев

Поступила 16.05.84

УДК 616.127—005.8.001.6

Т. А. Антонова, Л. Б. Аксельрод, Л. М. Шведов,
Л. С. Кравченко, Д. М. Суколовская

ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИЕ, ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ СДВИГИ И ИЗМЕНЕНИЯ СВЕРТЫВАЕМОСТИ КРОВИ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИНФАРКТЕ МИОКАРДА ДО ПРИМЕНЕНИЯ АНТИБИОТИКОВ И НА ЕГО ФОНЕ

Инфаркт миокарда (ИМ) нередко сопровождается воспалительными легочными осложнениями, в связи с чем возникает необходимость применения антибиотиков. Наряду с положительным влиянием стрептомицина и пенициллина, однако, оказывают в некоторых случаях неблагоприятное воздействие на функцию ряда органов и систем. В литературе есть данные о коронаростазическом [1, 2, 10] и ваготропном влиянии стрептомицина, отрицательном его воздействии на окислительные ферменты, клеточное дыхание, угнетение активности дегидрогеназ [3], а также депрессорном влиянии на иммунологическую реактивность [6].

На модели ИМ мы изучали влияние стрептомицина и пенициллина на электрическую активность сердца, иммунологическую реактивность и коагуляционные свойства крови, что может способствовать выбору наиболее рациональной антибактериальной терапии при пневмониях у больных ИМ.

Методика

Опыты проведены на 45 собаках, которые были разделены на три группы: I—15 животных с моделированным ИМ, нелеченных (контрольная); II—15 животных, леченных стрептомицином; III—15 животных, леченных пенициллином.