

И.Б. Исупов

Волгоградский государственный
педагогический университет

ПОКАЗАТЕЛИ КРОВООБРАЩЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА И РЕГИОНА ПРЕДПЛЕЧЬЯ ЮНОШЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЫ УМЕРЕННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Естественные науки

Дефицит двигательной активности молодых людей, занимающихся напряженной умственной деятельностью, является одним из предрасполагающих факторов снижения их адаптационного потенциала. Гипокинезия и гиподинамия, весьма неудовлетворительно компенсируемые спорадическими занятиями физической культурой в рамках стандартного образовательного процесса в высшей школе, негативно влияют на организм молодого человека, и в первую очередь, на состояние его сердечно-сосудистой системы.

Одним из наиболее ранних проявлений нарушений механизмов регуляции кровообращения человека является регионарная сосудистая дистония. Регулярный дисбаланс соотношения «приток крови в регион — отток крови из него» лежит в основе формирования функциональной венозной гиперемии внутренних органов и, по-видимому, может служить пусковым фактором развития артериальных гипертензий «сосудистого» типа. Поэтому при диагностике заболеваний сердечно-сосудистой системы на первый план выходит комплексная, системная оценка показателей тонуса регионарных артерий различного диаметра и параметров, характеризующих венозный отток крови к сердцу.

Ценность функционально-диагностических процедур значительно повышается в случае использования нагрузочных проб, позволяющих выявлять скрытые, «латентные» формы сосудистых дистоний. При этом важен правильный подбор интенсивности нагрузки. В частности, в спортивной медицине показатели кровообращения изучают преимущественно в динамике велоэргометрических проб со ступенчато возрастающей нагрузкой и с нагрузками до отказа обследуемого выполнять работу. Это весьма интенсивные нагрузки, область применения которых ограничена, а выполнение в некоторых случаях не безопасно для здоровья обследуемого. Бесспорно, ценность подобных методических подходов к исследованиям системного и регионарного кровообращения молодых спортсменов высока. Однако в условиях современной реальной жизни нетренированный, среднестатистический молодой человек, спортсмен повседневно выполняет физическую работу значительно меньшей интенсивности. (Примером «обыкновенной», «бытовой» физической нагрузки является подъем на несколько лестничных пролетов здания в быстром или даже среднем темпе.) Значительные физические нагрузки, столь любимые спортивными медиками и физиологами, в повседневности сравнительно редки.

С учетом изложенного актуальным вопросом медицинской науки является исследование регионарного сосудистого тонуса, пульсового кровенаполнения внутренних органов именно при незначительных физических нагрузках, сопоставимых по величинам затрачиваемой энергии с теми, которые привычны для человека, которые нетренированный субъект выполняет ежедневно.

Особый интерес представляет сравнительный анализ динамики кровообращения в различных органах, в частности в тканях головного мозга и скелетной мускулатуре, во время выполнения умеренных физических нагрузок. Современные методы физиологии — синхронный автоматизированный мониторинг с помощью микроЭВМ пульсового кровенаполнения нескольких сосудистых областей организма — представляет оперативно выявлять нарушения как местных (органных), так и системных (центральных) механизмов, лежащих в основе перераспределения крови между важнейшими бассейнами большого круга кровообращения организма человека.

Изложенные выше соображения послужили побудительным мотивом наших исследований.

Целью работы являлось изучение физиологических закономерностей и особенностей конечных проявлений механизмов регуляции тонуса артерий различного диаметра регионов головного мозга и предплечья, исследование условий регионарного оттока крови у практически здоровых молодых лиц в динамике физических нагрузок умеренной интенсивности.

Материал, методы, организация исследований.

Регионарная гемодинамика исследована у 34 юношей в возрасте 19,5+1,5 года.

Кровообращение головного мозга изучено методом тетраполярной битемпоральной реоэнцефалографии (бассейн средней мозговой артерии). Исследование гемодинамики предплечья (бассейн лучевой и локтевой артерий) выполнено посредством тетраполярной продольной реовазографии.

Синхронная регистрация реоэнцефалограмм (РЭГ) и реовазограмм (РВГ) осуществлялась с помощью персональной микроЭВМ IBM PC AT 386, которая в сочетании с аналого-цифровым преобразователем (АЦП) авторской разработки и самостоятельно изготовленным реографом Р4-02 (точный аналог серийно выпускавшегося Львовским заводом РЭМА прибора) представляла собой лабораторный интерфейс медико-биологического профиля. Регистрация реограмм осуществлялась в положении обследуемого сидя на стуле, при кратковременной задержке дыхания на полувывдохе. Запись цифровых массивов графической информации (оцифровок реограмм обоих регионов, полученных с помощью АЦП) в оперативную память микроЭВМ осуществлялась синхронно.

При анализе реограмм вычисляли следующие показатели регионарного кровообращения: реографический систолический индекс (РСИ, Ом), отражающий суммарное пульсовое кровенаполнение региона; максимальную скорость быстрого и среднюю скорость медленного наполнения сосудов (соответственно МСБН и ССМН, Ом/с), характеризующие тонус круп-

ных (МСБН), средних и мелких артерий (ССМН); ди-критический индекс (ДИ, %) и веноартериальное соот-ношение (ВА, %), характеризующие тонус мелких ар-терий и артериол; показатель венозного оттока (ВО, %), позволяющий судить об условиях оттока крови к сердцу. Подсчитывали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин).

Проба с физической нагрузкой реализована посред-ством 20 приседаний, выполняемых в темпе один двига-тельный цикл в секунду. Во время выполнения нагрузки реографические электроды оставались на теле обследо-мого, что повышало воспроизводимость информации.

Исследование выполнено в несколько этапов:

1. В состоянии покоя, перед выполнением функ-циональной пробы.

2. Непосредственно после нагрузки (окончание дви-жений – первые секунды восстановительного периода).

3. Через одну и через три минуты после нагрузки (восстановительный период).

Статистические массивы обработаны программным пакетом «АРКАДА» с вычислением средней арифметиче-ской (M), ошибки выборки (m). Достоверность различий показателей оценивалась по t -критерию Стьюдента.

Результаты исследования и обсуждение.

Абсолютные значения показателей, характеризующих состояние церебрального кровообращения и гемодина-мики скелетной мускулатуры обследованных в состоянии физиологического покоя, представлены в таблице.

Параметры, характеризующие пульсовое кровена-полнение и тонус крупных артерий головного мозга и скелетной мускулатуры, соответствуют возрастным нормативам для данных регионов. Однако в состоянии покоя величины ВО церебрального бассейна, и особен-но региона предплечья, превышают возрастную нор-му (25 – 30 %). Это свидетельствует о функциональной дистонии различных отделов периферического сосуди-стого русла и, следовательно, о возможности развития функционального застоя крови в исследуемых сосуди-стых областях при нагрузках.

В состоянии физиологического покоя причиной за-труднений венозного оттока крови из бассейна верх-них конечностей является, главным образом, выражен-

ное селективное снижение тонуса резистивных сосудов - артерий малого диаметра и артериол (ДИ и ВА значи-тельно ниже возрастной нормы, составляющей 45 – 75 %, ср. с табл.).

При сравнительном анализе параметров тонуса ар-терий распределения обоих регионов прослеживается следующая закономерность. Регион скелетной му-скулатуры характеризуется достоверно более высоки-ми по сравнению с церебральным бассейном величина-ми МСБН и ССМН ($P < 0,001$). Таким образом, в состо-янии покоя тонус крупных артерий конечности, име-ющих преимущественно мышечный тип, значительно ниже тонуса крупных церебральных артерий эластиче-ского типа. Дилатация артерий распределения предпле-чья не сопровождается, однако, увеличением пульсо-вого кровенаполнения конечности – РСИ предплечья достоверно ниже ($P < 0,05$) аналогичного параметра це-ребральной гемодинамики. Следовательно, в условиях покоя объемный кровоток конечности значительно ме-нее интенсивен, чем кровоток в мозговой ткани.

Физическая нагрузка приводит к резким изменени-ям регионарного сосудистого тонуса. На первых секун-дах после выполнения работы тонус мелких артерий го-ловного мозга обследуемых существенно снижался: по сравнению с состоянием покоя ДИ уменьшен на 35,6% ($P < 0,01$), ВА – на 41,2 % ($P < 0,01$). МСБН, ССМН, РСИ изменились незначительно. Таким образом, церебраль-ная вазодилатация имела избирательный характер, про-являясь лишь на резистивном участке сосудистого рус-ла и не затрагивая артерии распределения. Условия ве-нозного оттока крови из ткани головного мозга на пер-вых секундах восстановительного периода несколько ухудшались (по сравнению с состоянием физиологиче-ского покоя ВО возрос на 15,4%, $P < 0,05$).

Изменения гемодинамики предплечья на первых секундах после физической нагрузки были менее выра-жены. ДИ, ВА снизились (по сравнению с исходными значениями) соответственно на 18,2 и 21,1% ($p < 0,05$). РСИ, МСБН и ССМН изменились незначительно. Судя по величинам ВО, затруднения венозного оттока из ре-гиона скелетной мускулатуры, обнаруженные на пер-вом этапе обследования, сохранялись. Таким образом,

Таблица

Показатели кровообращения головного мозга и региона предплечья молодых лиц в условиях физиологического по-коя ($M \pm m$)

Регион	Показатели регионарного кровообращения и ЧСС						
	РСИ, Ом	МСБН, Ом/с	ССМН, Ом/с	ДИ, %	ВА, %	ВО, %	ЧСС, уд./мин
Головной мозг	0,83	625,68	226,30	71,86	73,49	32,58	73,15
	+	+	+	+	+	+	+
	-	-	-	-	-	-	-
	0,03	23,75	8,52	1,99	2,03	1,64	4,22
Предплечье	0,69	1352,60	379,59	34,41	34,87	77,33	—
	+	+	+	+	+	+	
	-	-	-	-	-	-	
	0,03	70,13	17,74	3,86	3,82	13,87	

эволюция параметров кровотока в сосудах предплечья, вызванная предложенной нагрузкой, менее существенна, чем изменения кровотока в головном мозге.

Затруднения венозного оттока крови из церебрального бассейна, вызванные физической нагрузкой, в значительной степени обусловлены перестройками центральных механизмов регуляции гемодинамики в процессе выполнения физической работы. В конце функциональной пробы ЧСС обследуемых возросла на 78 % ($p < 0,001$), что свидетельствует о возрастании роли хронотропного компонента механизмов регуляции деятельности сердца. Значительный рост ЧСС у нетренированных лиц приводит к укорочению периода диастолического опорожнения регионарных сосудов. Функциональная тахикардия формирует предпосылки к возникновению церебрального венозного застоя крови. Вероятным дополнительным фактором, усугубляющим негативные изменения регионарного, в первую очередь мозгового, кровотока, является уменьшение присасывающего действия грудной клетки вследствие учащения дыхания при одновременном уменьшении глубины дыхательных экскурсий.

К окончанию первой минуты восстановительного периода после нагрузки изменения церебрального кровообращения обследуемых оставались значительными. По сравнению с состоянием покоя ДИ уменьшен на 23,7 % ($p < 0,01$), ВА снижено на 24,2 % ($p < 0,01$). МСБН, ССМН, РСИ оставались на прежнем уровне. ЧСС начала снижаться, однако ее величины на 53,4 % ($p < 0,001$) все еще превышали уровень, определенный в состоянии физиологического покоя. Параметр ВО по сравнению с исходным уровнем был повышен на 12,1 % ($p < 0,05$).

К третьей минуте восстановительного периода показатели тонуса церебральных артерий малого диаметра начинали приближаться к значениям, определенным в состоянии физиологического покоя (ДИ снижен по сравнению с исходными величинами на 14,1 %, $p < 0,05$; ВА уменьшен на 14,8 %, $p < 0,05$). ЧСС выше исходного уровня на 32,1 % ($p < 0,01$). Показатель венозного оттока из церебрального бассейна превышал уровень, определенный в покое, на 11,4 % ($p = 0,046$). Остальные параметры изменялись недостоверно.

Таким образом, у нетренированных лиц функциональная гипотония мелких артерий и артериол головного мозга в сочетании с тахикардией, вызванной физической нагрузкой, сохраняясь к третьей минуте восстановительного периода, способствует достаточно длительному ухудшению условий венозного оттока крови из ткани головного мозга. Этот факт — существенное свидетельство недостаточной эффективности

механизмов регуляции внутриорганного перераспределения крови между артериальным и венозным отделами сосудистого русла.

Изменения показателей кровообращения предплечья к окончанию первой и третьей минут восстановительного периода после нагрузки были невелики. Лишь ДИ и ВА на первой минуте были меньше своих величин, определенных в состоянии покоя, соответственно на 10,9 ($p < 0,05$) и 11,1 % ($p < 0,05$).

Таким образом, физическая нагрузка оказывает меньшее влияние на кровообращение скелетной мускулатуры по сравнению с церебральным регионом. Данное явление может показаться, на первый взгляд, парадоксальным. Действительно, церебральное кровообращение отличается высоким совершенством механизмов ауторегуляции, обеспечивающих стабилизацию мозгового кровотока при изменениях системного артериального давления в широких пределах. На самом деле «парадокса» нет. Церебральное кровообращение остается в целом стабильным, но веноартериальные эндотелий-зависимые эффекты (один из частных компонентов ауторегуляции органного кровообращения), обеспечивающие перераспределение крови между артериальным и венозным звеньями церебральной сосудистой системы, оказываются весьма часто недостаточно эффективными у нетренированных лиц при выполнении физической работы. В условиях замкнутого пространства жесткой черепной коробки даже незначительное снижение тонуса резистивных артерий и артериол в сочетании с функциональной тахикардией и снижением глубины дыхания приводит к функциональным нарушениям оттока крови из ткани головного мозга.

Выводы

1. Функциональные пробы с физическими нагрузками умеренной или малой интенсивности (приседания) высокоинформативны для оценки эффективности механизмов регуляции тонуса регионарных артерий преимущественно малого диаметра и артериол.

2. Кровообращение скелетной мускулатуры предплечья при выполнении физической работы изменяется незначительно, эти изменения менее продолжительны, чем изменения кровообращения головного мозга.

3. Обусловленное физической работой снижение тонуса резистивных артерий головного мозга в сочетании с тахикардией и уменьшением глубины дыхания способствует формированию предпосылок развития функционального венозного застоя крови в церебральном бассейне у молодых нетренированных людей, что может являться пусковым фактором развития сосудистой патологии.