

## К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ РЕАКЦИЙ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ НА ДОЗИРОВАННУЮ МЫШЕЧНУЮ РАБОТУ И ВОЗМОЖНОЙ СВЯЗИ ЭТИХ РЕАКЦИЙ С ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКОЙ

В.Н. Чапоров, К.Б. Маркова

Тверской государственный университет

*У молодых мужчин исследованы реакции мозговых сосудов и мозгового кровообращения на дозированную физическую работу рук. Показано, что амплитуда реоэнцефалограммы отражает в основном тонус крупных артерий головы. Объемная скорость кровотока по сосудам мозга коррелирует с системной гемодинамикой – ЧСС и МОК.*

Ранее нами было показано, что сосуды головного мозга, несмотря на существование ауторегуляции, способны реагировать на некоторые «отдаленные» воздействия изменением тонуса, пульсового кровенаполнения и объемного кровотока в них [9]. Поэтому целью данной работы явилось изучение реакций артериальных сосудов головы, изменений центральной гемодинамики и выявление возможной взаимосвязи между ними под влиянием дозированной мышечной работы рук.

**Методика.** Исследование мозгового кровообращения осуществлялось методом реоэнцефалографии (реоплетизмограф РПГ2-02). Регистрация реоэнцефалограмм (РЭГ) производилась в бифронтальном отведении. Артериальное давление измерялось электронным автоматическим тонометром. Испытуемый находился в положении лежа на кушетке. После 10-12 мин адаптации записывалась исходная РЭГ на ЭЛКАРе-2 и измерялось артериальное давление (АД). Затем испытуемому предлагалась физическая нагрузка – поднятие гантелей весом 5,5 кг в течение 90 с под метроном с частотой 60 раз в мин. Гантели поднимались от груди вверх, высота поднимания измерялась. Сразу после нагрузки, а также на 2-й и 3-й мин восстановления регистрировались те же показатели.

С учетом высоты подъема, количества повторов и времени работы рассчитывалась величина выполняемой работы и ее мощность. РЭГ-кривые расшифровывались традиционным способом [7; 1]. Систолический (СО) и минутный (МОК) объемы сердца рассчитывались по формулам Старра.

В эксперименте участвовали 13 практически здоровых мужчин от 18 до 21 года. Полученный материал обработан статистически. Достоверность различий между исходными величинами и величинами, полученными под влиянием работы, определялись по критерию знаков.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Выявлено, что дозированная (небольшой интенсивности) динамическая работа рук сопровождалась кратковременным увеличением пульсового кровенаполнения (по реографическому индексу – РИ) артериальных сосудов головы ( $p < 0,01$ ) и закономерным ( $p < 0,01$ ) увеличением объемного кровотока (по амплитудно-частотному показателю – АЧП) по ним (см. таблицу). Эти данные согласуются с результатами других авторов [2; 9], в которых показано, что физическая нагрузка малой интенсивности вызывает улучшение мозговой циркуляции, а большая физическая нагрузка, наоборот, угнетает ее.

Между амплитудными (по РИ) и амплитудно-частотными (по АЧП) показателями обнаружена довольно тесная ( $p < 0,01$ ) корреляционная связь (рис. 1). Это свиде-

тельствует о том, что мозговой кровоток всецело зависит от пульсового кровенаполнения мозговых артерий.

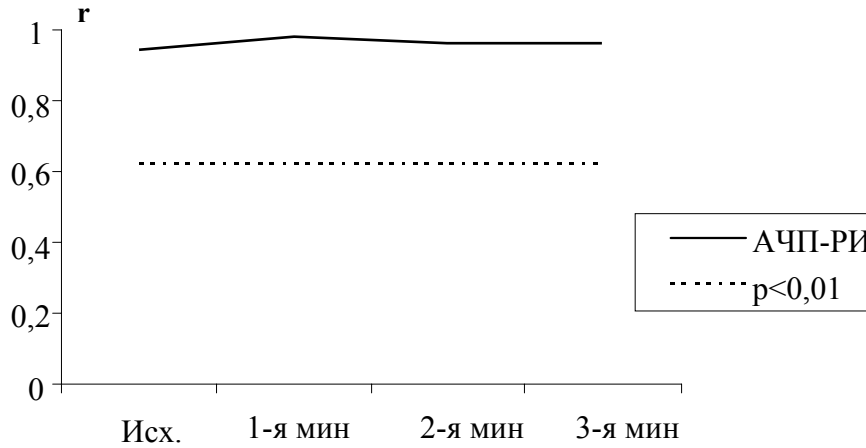


Рис. 1. Динамика коэффициента корреляции (r) между амплитудно-частотным показателем и реографическим индексом в исходном состоянии и на 1-й, 2-й и 3-й мин восстановления

На фоне этих изменений отмечена вначале тенденция к повышению тонуса артериол (по дилятационному индексу – ДИ), ухудшение оттока крови и повышение тонуса вен головы (по систоло-диастолическому показателю – СДП). К 3-й мин восстановления эти показатели были закономерно выше исходных ( $p < 0,05$ ). Тонус крупных и средних артериальных сосудов (по показателю эластичности и тонуса средних и крупных артерий –  $\alpha/T \cdot 100$ ) имел тенденцию к понижению в течение всего периода восстановления. Как видно из таблицы, время притока крови в исследуемую область ( $\alpha$ ) и время оттока крови ( $\beta$ ) уменьшалось ( $p < 0,05$ ). Эти показатели были меньше исходных в течение всего периода реституции. Между тонусом средних и крупных артерий ( $\alpha/T \cdot 100$ ) и временем притока крови в исследуемую область ( $\alpha$ ) обнаружены достоверные корреляции как в покое, так и в постнагрузочном периоде (рис. 2). Данная связь наводит на мысль, что уменьшение времени максимального подъема реоэнцефалограммы определяется тонусом более крупных артерий головы, а не тонусом артериол (т. е. собственных сосудов мозгового вещества).

Для выяснения состояния центральной гемодинамики и возможной связи ее с циркуляцией по церебральным сосудам определялись систолический и минутный объемы сердца, линейная скорость кровотока в аорте (ЛСДК), скорость изгнания крови из сердца во время систолы ( $V_e$ ) и частота сокращений сердца. Обнаружено, что физическая нагрузка на руки мощностью  $0,3 \pm 0,005$  Вт, выполняемая 90 с, вызывала стойкое увеличение ( $p < 0,01$ ) ЧСС. СО при этом сразу после нагрузки имел тенденцию к снижению, а к концу периода восстановления возрастал ( $p < 0,05$ ) (см. таблицу).

Таблица

Изменение показателей мозгового кровообращения и центральной гемодинамики под влиянием дозированной динамической работы рук (M±m)

	А, Дж	N,Вт	РИ, отн.ед.	АЧП, отн.ед.	ДИ,%	α,с	β,с	Е,с	СДП, %	αТ,%	СО,мл	МОК, л/мин	ЧСС, уд/мин	Ve,мл/ с	ЛСДК, см/с
Исх.сост. M±m	26,9 ±0,5	0,3 ±0,005	0,33 ±0,04	0,4 ±0,06	31,3 ±1,73	0,1 ±0,009	0,75 ±0,03	0,37 ±0,02	50,4 ±2,62	12,1 ±0,71	79,7 ±1,76	5,73 ±0,35	72 ±3,3	224 ±11,3	1076,2 ±60,1
1-я мин восст. M±m			0,46 ±0,05	0,63 ±0,08	42,2 ±4,07	0,08 ±0,004	0,64 ±0,03	0,3 ±0,01	54,1 ±3,1	11,3 ±0,63	78,9 ±1,16	6,5 ±0,28	82 ±10,5	264 ±3,1	1271,7 ±51,9
P≤			0,01	0,01		0,05	0,01	0,01				0,05	0,01	0,05	
2-я мин восст. M±m			0,36 ±0,04	0,46 ±0,07	36,8 ±3,2	0,09 ±0,006	0,69 ±0,02	0,32 ±0,008	52,3 ±3,45	11,5 ±0,5	81,1 ±1,4	6,2 ±0,29	77 ±3,5	262 ±5,8	1257,7 ±34,6
P≤			0,05	0,01		0,05	0,05	0,05				0,05	0,01	0,05	0,05
3-я мин восст. M±m			0,34 ±0,04	0,44 ±0,06	39,1 ±3,3	0,09 ±0,004	0,69 ±0,02	0,32 ±0,006	55,8 ±4,09	10,9 ±0,4	86,1 ±1,57	6,5 ±0,28	76 ±3,19	267 ±6,8	1281,0 ±34,8
P≤				0,01	0,05	0,05	0,05		0,05		0,05	0,05	0,01	0,05	0,05

Примечание. А – величина работы; N – мощность работы; РИ – реографический индекс; АЧП – амплитудно-частотный показатель; ДИ – дикротический индекс; α – время притока крови; β – время оттока крови; Е – время изгнания крови из сердца; СДП – систоло-диастолический показатель; αТ·100% – показатель эластичности и тонуса средних и крупных артериальных сосудов; СО – систолический объем; МОК – минутный объем; ЧСС – частота сердечных сокращений; Ve – объемная скорость сердечного выброса; ЛСДК – линейная скорость кровотока в аорте.

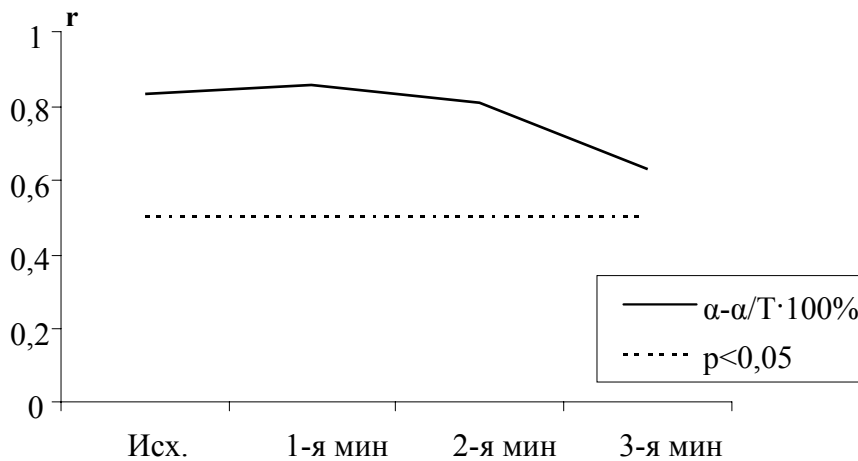


Рис. 2. Динамика коэффициента корреляции (r) между временем притока крови и показателем эластичности и тонуса крупных артериальных сосудов в исходном состоянии и на 1-й, 2-й и 3-й минутах восстановления

Минутный объем кровообращения, отражающий объемную скорость кровотока в организме в целом и интенсивность обменных процессов [3], под влиянием применяемой физической нагрузки достоверно увеличивался ( $p < 0,05$ ). Было обнаружено, что МОК не имеет достоверных корреляций с СО, а с ЧСС коэффициенты корреляции были близки к единице (рис.3). Это говорит о том, что в данном случае величина МОК в основном определялась частотой сердечных сокращений. Эти данные согласуются с результатами работы В. Н. Чапорова и Ю. В. Тойменцевой [8].

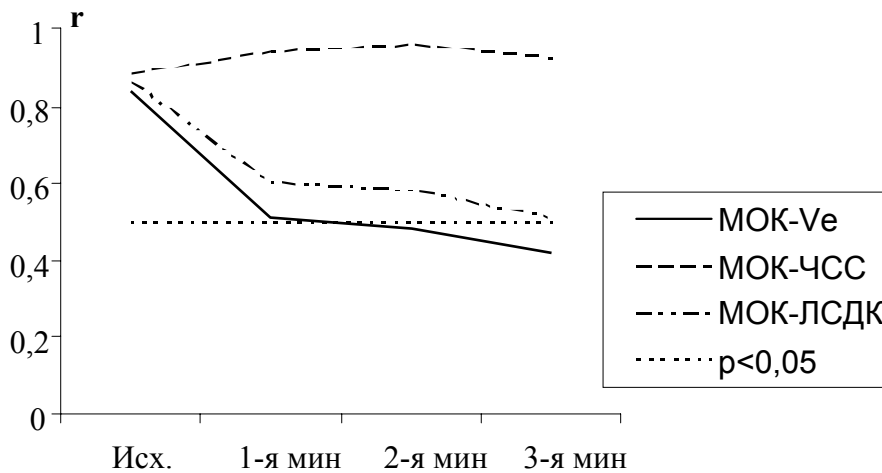


Рис. 3. Динамика коэффициентов корреляции (r) между МОК и  $V_e$ , МОК и ЧСС, МОК и ЛСДК в исходном состоянии и на 1-й, 2-й и 3-й минутах восстановления

Скорость изгнания крови из сердца ( $V_e$ ) под влиянием нагрузки возрастала ( $p < 0,05$ ) и оставалась повышенной в течение всего восстановительного периода. Ли-

нейная скорость кровотока в аорте (ЛСДК) в этих условиях также возрастала ( $p < 0,05$ ). Между величиной минутного объема и скоростью кровотока в аорте наблюдалась в покое довольно тесная корреляционная связь, которая под влиянием нагрузки ослабевала, но оставалась достоверной (рис. 3). Независимость мозгового кровотока от уровня системного артериального давления сохранялась при довольно широком диапазоне колебаний артериального давления. Однако при углублении наркоза или при гиперкапнии этот эффект ауторегуляции кровотока в мозговых сосудах исчезает, и в этом случае проявляются линейные взаимоотношения между давлением и кровотоком [5].

Одним из существенных вопросов регуляции мозгового кровообращения является выяснение влияний на сосуды мозга со стороны нервной системы. Одни авторы считают, что значение нервной системы в регуляции мозгового кровообращения определено не установлено, другие высказывают сомнение по поводу участия нервных механизмов в регуляции мозгового кровообращения. Однако в литературе имеются убедительные данные, которые не позволяют согласиться с этим мнением [6].

Учитывая неопределенность в вопросе связи мозгового кровотока и центральной гемодинамики, нами была предпринята попытка определить наличие корреляции между показателями реоэнцефалограммы и системной гемодинамики. Обнаружено, что показатель объемного кровотока (АЧП) и ЧСС, а также АЧП и МОК имеют статистически значимую корреляционную связь ( $p < 0,05$ ), которая нарушается только сразу после нагрузки (рис. 4 и 5).

Таким образом, несмотря на некоторую автономность регуляции мозгового кровообращения [4], как показали данные корреляционного анализа, все же существует определенная связь мозговой циркуляции с центральной гемодинамикой. Этот вывод вполне закономерен, поскольку единственным движущим кровь фактором в организме является сердечная деятельность. Однако степень влияния центра на различные сосудистые области может быть различной. Мышечная деятельность слабой интенсивности вызывает закономерное увеличение амплитудных показателей реоэнцефалограммы, некоторое повышение тонуса мозговых артериол и понижение тонуса более крупных (предположительно магистральных) артерий головы. Корреляции между временем максимального подъема реограммы и тонусом крупных артерий, очевидно, свидетельствует о том, что амплитуда реоэнцефалограммы в большей степени зависит от пульсации более крупных артерий.

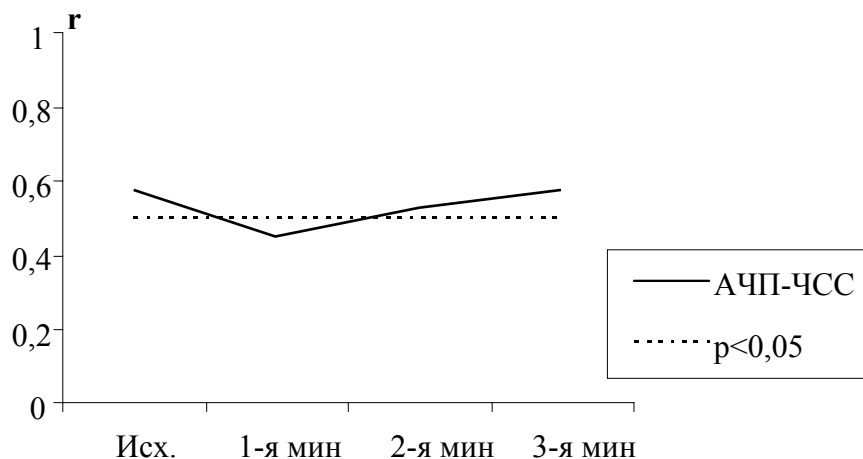


Рис. 4. Динамика коэффициента корреляции ( $r$ ) между амплитудно-частотным показателем и частотой сердечных сокращений в исходном состоянии и на 1-й, 2-й и 3-й минутах восстановления

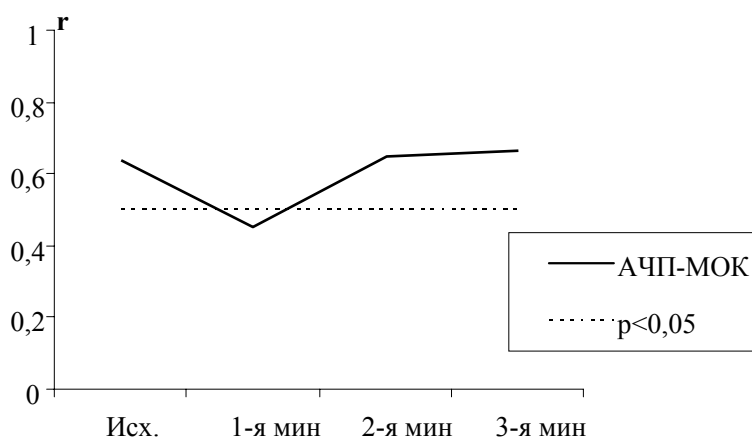


Рис. 5. Динамика коэффициента корреляции (r) между амплитудно-частотным показателем и минутным объемом кровообращения в исходном состоянии и на 1-й, 2-й и 3-й минутах восстановления

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникин В.В., Курочкин А.А., Кушнир С.М. Нейроциркуляторная дистония у подростков. Тверь, 2000.
2. Виндюк В.П., Михайлюк Е.Л. Оценка состояния церебральной гемодинамики в ближнем восстановительном периоде у юношей 17-18 лет после физических нагрузок // Методы исследования функций организма в онтогенезе. М., 1975. С.100–101.
3. Гайтон А. Физиология кровообращения. Минутный объем сердца и его регуляция. М., 1969.
4. Джонсон П. Периферическое кровообращение. М., 1982.
5. Красильников В.Г. Нейрогенные реакции мозговых сосудов // Регионарные и системные вазомоторные реакции. Л., 1971. С. 146–200.
6. Красильников В.Г. Вопросы физиологии вегетативной нервной системы. Л., 1971.
7. Осколкова М.К., Красина Г.А. Реография в педиатрии. М., 1980. С. 23–32.
8. Чапоров В.Н., Тойменцева Ю.В. Изменение кардиогемодинамики у человека в условиях ступенчатого понижения внутрилегочного давления // Пути оптимизации функций дыхания при нагрузках, в патологии и в экстремальных состояниях. Тверь, 1997. С. 126–131.
9. Чапоров В.Н. Особенности реакций церебральных артерий на дозированную мышечную работу // Актуальные проблемы физиологии труда. Тверь, 2005. С.99–104.

#### TOWARDS THE PECULIARITIES OF CEREBRAL ARTERIE'S REACTION ON DOSED MUSCLE ACTIVITY AND ITS POSSIBLE COHERENCY WITH CENTRAL HEMODYNAMICS

V.N. Chaporov, K.B. Markova

Tver State University

*The reaction of brain vessels and brain blood circulation on dosed physical hand's activity of young men are explored. It was concluded that amplitude of encephalogram basically reflects tonus of large head arteries. Volumetric speed of bloodstream in brain vessels correlated with the systematic hemodynamics.*