

Интегративная физиология

УДК 796.41+611.1

ОСОБЕННОСТИ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ЖЕНЩИН, ВЕДУЩИХ АКТИВНЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ

М.В. Королева, В.В. Королева*, А.П. Исаев, А.В. Ненашева
ЮУрГУ, *ОКТГВВ, г. Челябинск

Проведено исследование и оценка состояния мозговой гемодинамики, функционирования 9 артериальных бассейнов методом транскраниальной доплерографии у 72 женщин, занимающихся фитнесом. Полученные результаты указывают на преобладание в обеспечении метаболических потребностей мозга тренированных женщин избыточных и оптимальных типов мозговой гемодинамики.

Ключевые слова: доплерография, фитнес, гемодинамика, кровоток.

Эффективность спортивной деятельности в значительной мере определяется оптимальной работой сосудистой системы головного мозга. Проблема циркуляторного обеспечения транспорта кислорода является фундаментальной для современной спортивной медицины и физиологии.

Физическая активность способствует увеличению показателей линейной скорости кровотока в артериях на фоне повышения периферического сосудистого сопротивления в них [2].

Мозговой кровоток исследовался с использованием транскраниальных доплеровских приборов «Smart-lite» фирмы «Rimed» (Израиль) и «Companion» фирмы «Viasis» (США). Обследовано 87 клиентов фитнес-центров женского пола в возрасте 18–32 лет в ходе тренировочного процесса длительностью от 1,5 до 10 лет. Контрольную группу составили 15 практически здоровых женщин того же возраста. Женщины были распределены на группы по уровню физической нагрузки: I группа – фитнес-тренеры (16 человек); II основная группа – клиенты фитнес-групп (56 человек); III группа – группа контроля (15 человек). Женщины не имели признаков патологии со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем.

Результаты доплерографии средних мозговых артерий представлены в табл. 1. Комментируя полученные данные, необходимо отметить, что основные параметры кровотока в артериях, снабжающих 2/3 полушарий головного мозга, достоверно отличались ($p < 0,005$) от показателей нормы, приведенных в монографии [1], во всех группах исследования, в том числе и группе контроля. В современных монографиях [1, 3, 4] нормативные данные представлены без учета половых различий и не по всем сосудистым зонам.

При анализе показателей гемодинамики в средних мозговых артериях в группе тренеров выявлено соответствие норме по левой средней моз-

говой артерии – систолической, диастолической скоростей и индекса резистивности. Показатель средней скорости был на 17 % выше нормы, а показатель пульсативности – на 27 % ниже нормы. В основной группе от нормы не выявлено отличий только по индексу резистивности. Показатели систолической скорости (справа-слева) были выше на 9–5 %, диастолической скорости – на 13–9 %, средней скорости за сердечный цикл – на 21–19 %, показатели пульсативности превышали норму на 31–27 %. В группе контроля отмечена противоположная тенденция – показатели систолической скорости кровотока были ниже нормы (справа-слева) на 27–21 %, диастолической скорости – на 21 % ниже слева, средней скорости – на 8–18 %, индекс резистивности – на 5–2 %, индекс пульсативности на 27 % ниже нормы в правой артерии. Распределение скоростей и признаки межполушарной асимметрии в группах наблюдения представлены на рис. 1.

Графическое представление скоростных параметров позволяет убедиться в отсутствии межполушарной асимметрии кровотока по средним мозговым артериям в группах физически активных женщин и наличии асимметричного кровотока в полушариях у нетренированных лиц. Таким образом, анализ показателей кровотока по средним мозговым артериям выявил наличие избыточности скоростных параметров и оптимальности параметров ускорения в группе тренеров и основной группе и редуцированных параметров в группе контроля при наличии асимметрии кровотока в полушариях головного мозга. Средняя мозговая артерия принимает участие в обеспечении метаболических потребностей основных анализаторных систем коры головного мозга – двигательной, проприоцептивной, слуховой и вестибулярной. Проведение корреляционного анализа между показателями кровотока по СМА и силой когерентных связей ЭЭГ по областям коры показало наличие прямых

Таблица 1

Параметры скорости и ускорения кровотока по средним мозговым артериям (СМА)

Группа	Справа-слева	Скорость систолическая, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Скорость диастолическая, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Скорость средняя, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Индекс резистивности, Mean $\pm$ sd Min-max	Индекс пульсативности, Mean $\pm$ sd Min-max
Норма (Лелюк, 2004)	Правый	103,9 $\pm$ 19,0 73,00–159,00	45,0 $\pm$ 7,9 32,00–60,00	66,4 $\pm$ 9,8 51,00–83,00	0,56 $\pm$ 0,06 0,43–0,66	0,87 $\pm$ 0,17 0,56–1,23
	Левый	103,0 $\pm$ 18,0 66,00–145,00	47,0 $\pm$ 8,2 30,00–60,00	66,7 $\pm$ 10,3 42,00–83,00	0,54 $\pm$ 0,05 0,42–0,61	0,84 $\pm$ 0,13 0,57–1,05
Тренеры	Правый	110,75 $\pm$ 13,25* 85,00–129,00	56,75 $\pm$ 11,38* 34,00–68,00	81,75 $\pm$ 13,88* 54,00–97,00	0,48 $\pm$ 0,03* 0,42–0,54	0,54 $\pm$ 0,04* 0,47–0,62
	Левый	104,00 $\pm$ 10,00 84,00–111,00	50,75 $\pm$ 2,88 45,00–54,00	77,25 $\pm$ 6,63* 64,00–83,00	0,51 $\pm$ 0,01 0,48–0,53	0,69 $\pm$ 0,04* 0,61–0,73
Основная	Правый	112,42 $\pm$ 14,85* 86,00–18,72	51,82 $\pm$ 8,17 39,00–10,07	79,73 $\pm$ 8,61* 63,00–12,02	0,54 $\pm$ 0,05 0,45–0,68	0,66 $\pm$ 0,18* 0,33–1,04
	Левый	108,83 $\pm$ 15,00* 79,00–18,42	51,09 $\pm$ 9,54 32,00–72,00	78,91 $\pm$ 10,08* 55,00–106,00	0,53 $\pm$ 0,05 0,42–0,67	0,73 $\pm$ 0,05* 0,59–0,83
Контроль	Правый	81,208 $\pm$ 26,44* 0,87–151,00	47,78 $\pm$ 13,53 28,00–79,00	61,56 $\pm$ 13,95 42,00–108,00	0,53 $\pm$ 0,04 0,42–0,68	0,68 $\pm$ 0,11* 0,47–0,89
	Левый	85,56 $\pm$ 14,94* 63,00–13,00	39,67 $\pm$ 8,59* 23,00–52,00	56,56 $\pm$ 12,27* 27,00–88,00	0,53 $\pm$ 0,06 0,36–0,66	0,84 $\pm$ 0,16 0,56–1,28

* $p < 0,05$.

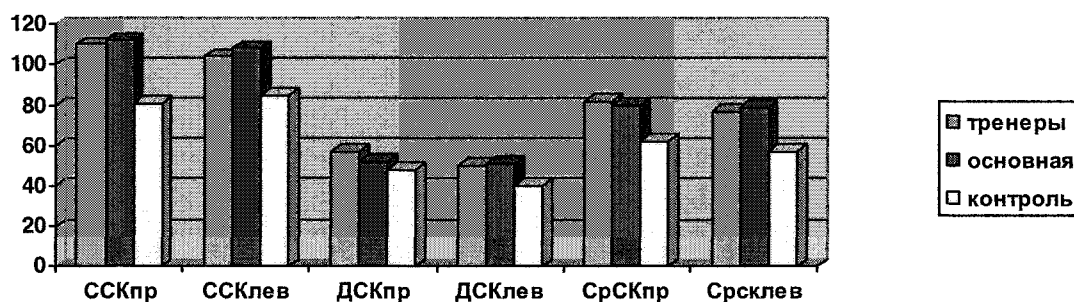


Рис. 1. Скоростные показатели СМА в группах наблюдения

корреляций с ранговым критерием $R = 0,59$ при $p < 0,05$.

Передняя мозговая артерия (ПМА) снабжает кровью передние отделы головного мозга: медиальную поверхность лобной и теменной долей, базальную поверхность лобной доли, верхние отделы передней и задней центральных извилин, подкорковые ядра, большую часть мозолистого тела. ПМА принимает участие в метаболическом обеспечении высших психических функций человека, программировании и контроле деятельности. Как следует из табл. 2, показатели кровотока по передним мозговым артериям отличались от нормы в разной степени во всех группах.

В группе тренеров систолическая скорость кровотока была выше нормы на 25 % справа, диастолическая скорость превышала норму на 5–8 %, средняя за сердечный цикл скорость кровотока была выше на 20–6 %, а показатели ускорения –

выше нормы на 6 % справа и ниже нормы на 10 % слева индекс резистивности и на 7–23 % ниже нормы индекс пульсативности. В основной группе справа систолическая и диастолическая скорости кровотока не отличались от нормы, слева систолическая скорость на 10 % была выше нормы, справа – на 5 % ниже нормы. При этом средняя за сердечный цикл скорость кровотока составила превышение с обеих сторон на 11–8 %. Показатели ускорения кровотока незначительно, на 3–5 %, были выше нормы. В группе контроля все скоростные показатели были ниже нормы справа на 15–14–21 % и слева – на 7–12–23 %. Показатели ускорения были несколько выше нормы, особенно слева. Таким образом, мозговой кровоток в бассейнах передних мозговых артерий по показателям средней скорости кровотока был избыточным в группе тренеров и основной группе и редуцированным – в группе контроля. По показателям систолической,

Таблица 2

Параметры скорости и ускорения кровотока по передним мозговым артериям (ПМА)

Группа	Справа-слева	Скорость систолическая, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Скорость диастолическая, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Скорость средняя, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Индекс резистивности, Mean $\pm$ sd Min-max	Индекс пульсативности, Mean $\pm$ sd Min-max
Норма	Правый	83,9 $\pm$ 10,3 63,80–94,90	40,7 $\pm$ 6,4 31,30–49,30	56,80 $\pm$ 7,10 45,70–67,60	0,52 $\pm$ 0,03 0,48–0,56	0,76 $\pm$ 0,07 0,67–0,85
	Левый	77,3 $\pm$ 11,4 55,00–89,00	38,20 $\pm$ 6,90 24,70–48,20	53,50 $\pm$ 7,80 38,30–64,60	0,51 $\pm$ 0,04 0,45–0,55	0,74 $\pm$ 0,10 0,62–0,94
Тренеры	Правый	104,75 $\pm$ 17,25* 83,00–138,00	42,75 $\pm$ 8,13 34,00–59,00	67,00 $\pm$ 16,00* 54,00–99,00	0,55 $\pm$ 0,02 0,52–0,58	0,71 $\pm$ 0,07 0,58–0,80
	Левый	77,50 $\pm$ 14,00 59,00–99,00	43,00 $\pm$ 4,50 34,00–50,00	56,75 $\pm$ 8,75 41,00–72,00	0,46 $\pm$ 0,13 0,32–0,59	0,60 $\pm$ 0,20 0,39–0,84
Основная	Правый	84,42 $\pm$ 15,18 43,00–109,00	39,73 $\pm$ 8,12 16,00–51,00	59,91 $\pm$ 9,92 28,00–73,00	0,54 $\pm$ 0,05 0,45–0,62	0,76 $\pm$ 0,12 0,59–0,93
	Левый	85,92 $\pm$ 12,76* 52,00–109,00	36,36 $\pm$ 7,90 15,00–54,00	57,27 $\pm$ 11,06 25,00–73,00	0,53 $\pm$ 0,07 0,37–0,62	0,78 $\pm$ 0,09 0,56–0,90
Контроль	Правый	72,56 $\pm$ 13,51* 50,00–102,00	35,00 $\pm$ 9,33* 23,00–69,00	46,29 $\pm$ 8,32* 31,00–70,00	0,53 $\pm$ 0,10 0,26–0,71	0,76 $\pm$ 0,11 0,52–0,92
	Левый	72,78 $\pm$ 15,93* 46,00–104,00	34,44 $\pm$ 10,84* 18,00–57,00	43,00 $\pm$ 9,50* 24,00–64,00	0,52 $\pm$ 0,08 0,42–0,65	0,84 $\pm$ 0,11* 0,59–1,00

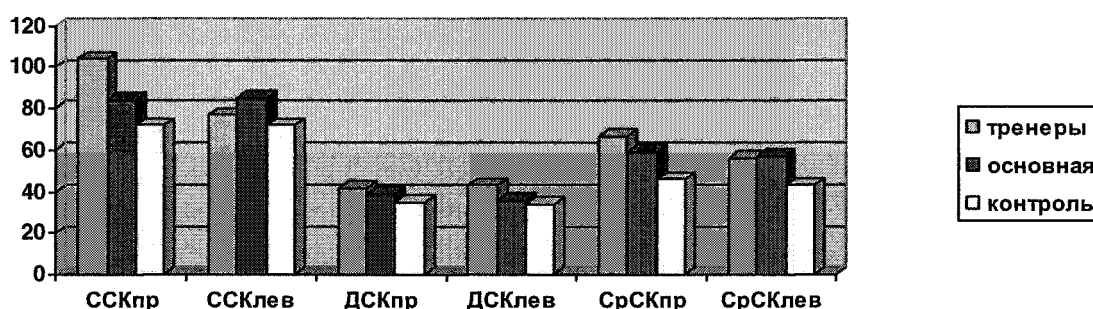


Рис. 2. Скоростные показатели ПМА в группах наблюдения

диастолической скоростей и индексам ускорения кровотока был оптимальным в основной группе. На рис. 2 представлены групповые и межполушарные различия скоростных параметров по ПМА. Межполушарные различия отмечаются в группе тренеров и группе контроля.

Задняя мозговая артерия (ЗМА) васкуляризирует кору и подкорковое белое вещество затылочной доли, заднего отдела теменной доли, нижней и задней частей височной доли, отдает глубокие ветви к зрительному бугру и гипоталамусу. Параметры скоростей и ускорений по ЗМА представлены в табл. 3. Как видно из табл. 3, показатели кровотока групп обследования и контроля по некоторым параметрам достоверно отличались от показателей нормы (* $p < 0,05$).

В группе тренеров отмечалось снижение всех типов скорости кровотока в правом полушарии на 18–3–12 % при нормальном индексе резистивности и снижении индекса пульсативности на 16 %. В левом полушарии была отмечена противопо-

ложная тенденция с повышением скоростей на 5–20–10 % соответственно при снижении индекса пульсативности на 8 %. Асимметричная реакция кровотока в полушариях может свидетельствовать о повышении функционирования структур левого доминантного полушария в процессах аудиовизуальной стимуляции во время занятий фитнесом. В основной группе отмечалось незначительное снижение скоростных параметров, также более выраженное в правом полушарии при значительном снижении ускорения по индексу пульсативности на 29–18 %. В контрольной группе было отмечено снижение всех скоростных показателей в правом и левом полушариях при нормальных индексах ускорения. Средняя скорость кровотока по ЗМА за сердечный цикл была снижена на 22–12 % от нормы. Различия показателей кровотока в группах и межполушарные отличия представлены на рис. 3.

Межполушарные различия выявлены во всех группах физически активных лиц с преобладанием интенсивности кровотока в левом полушарии.

Таблица 3

Параметры скорости и ускорения кровотока по задним мозговым артериям (ЗМА)

Группа	Справа- слева	Скорость систолическая, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Скорость диастолическая, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Скорость средняя, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Индекс резистивности, Mean $\pm$ sd Min-max	Индекс пульсативности, Mean $\pm$ sd Min-max
Норма	Правый	65,00 $\pm$ 10,00 48,00–87,00	30,00 $\pm$ 5,70 23,00–42,0	44,0 $\pm$ 8,00 33,0–62,00	0,53 $\pm$ 0,05 0,45–0,64	0,79 $\pm$ 0,12 0,59–1,03
	Левый	60,60 $\pm$ 12,00 44,00–85,00	29,0 $\pm$ 6,20 18,50–43,00	41,20 $\pm$ 7,50 31,00–60,40	0,52 $\pm$ 0,06 0,42–0,67	0,71 $\pm$ 0,16 0,54–1,24
Тренеры	Правый	55,75 $\pm$ 9,63* 48,00–75,00	29,00 $\pm$ 3,50 25,00–36,00	39,75 $\pm$ 7,63* 29,00–55,00	0,53 $\pm$ 0,03 0,48–0,57	0,68 $\pm$ 0,08 0,54–0,82
	Левый	63,00 $\pm$ 7,50 52,00–75,00	35,50 $\pm$ 2,50* 32,00–38,00	45,00 $\pm$ 4,50* 40,00–54,00	0,51 $\pm$ 0,01 0,48–0,54	0,66 $\pm$ 0,08 0,52–0,76
Основная	Правый	54,33 $\pm$ 7,17* 41,00–70,00	27,27 $\pm$ 5,57 18,00–36,00	40,27 $\pm$ 6,84 28,00–52,00	0,54 $\pm$ 0,04 0,45–0,66	0,61 $\pm$ 0,17 0,51–0,80
	Левый	58,50 $\pm$ 11,25 39,00–80,00	30,00 $\pm$ 8,55 18,00–45,00	42,36 $\pm$ 11,97 23,00–62,00	0,51 $\pm$ 0,05 0,42–0,62	0,60 $\pm$ 0,21 0,51–0,92
Контроль	Правый	55,22 $\pm$ 5,36* 46,00–64,00	25,33 $\pm$ 4,37* 19,00–34,00	36,44 $\pm$ 3,16* 30,00–43,00	0,53 $\pm$ 0,06 0,43–0,63	0,73 $\pm$ 0,12 0,57–1,05
	Левый	56,33 $\pm$ 6,59 45,00–70,00	26,22 $\pm$ 4,91* 19,00–39,00	37,56 $\pm$ 4,05* 30,00–48,00	0,53 $\pm$ 0,06 0,42–0,67	0,79 $\pm$ 0,08 0,59–1,04

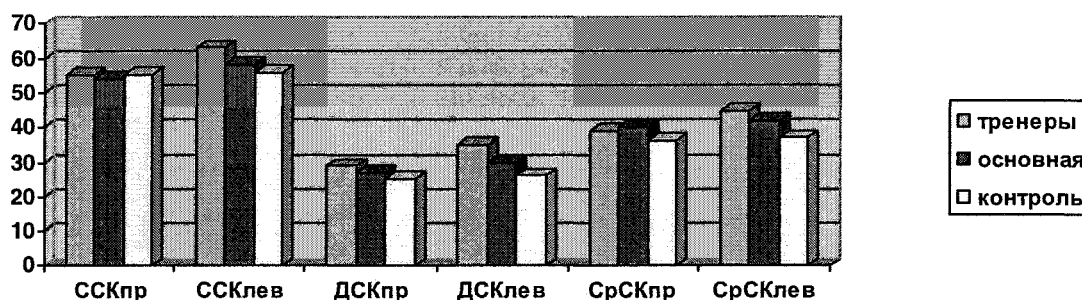


Рис. 3. Скоростные показатели ЗМА в группах наблюдения

Позвоночные артерии представляют собой зону кровоснабжения продолговатого мозга и мозжечка и осуществляют метаболическое обеспечение дыхательного, сосудодвигательного центров ствола головного мозга и функциональной системы координации двигательных актов. В табл. 4 представлены линейные показатели кровотока в позвоночных артериях.

Из табл. 4 видно, что достоверные отличия от нормы гемодинамических параметров средней скорости и пульсативности выявлены в группах физически активных лиц – тренеров и клиентов фитнес-клубов. Оптимальные уровни систолической и диастолической скоростей кровотока по позвоночным артериям во всех группах являются отражением постоянства мозгового кровотока на уровне ствола, где находятся жизненно важные центры. На рис. 4 отмечены межгрупповые и межполушарные различия функционирования позвоночных артерий.

Межполушарные различия в функционировании позвоночных артерий во всех группах обусловлены анатомической асимметрией калибра сосуда справа и слева. При отсутствии статистической достоверности отмечается относительное снижение всех параметров кровотока в группе контроля.

Основная артерия непарная и формируется от слияния правой и левой позвоночных артерий. Она принимает участие в кровоснабжении ствола мозга и мозжечка, является основой задней циркуляции, обеспечивая 1/3 мозгового кровообращения. В табл. 5 представлены параметры кровотока по основной артерии в группах и их сравнение с нормативными показателями (* $p < 0,05$). Во всех группах параметры кровотока по основной артерии отличалась от нормы. Систолическая скорость кровотока в группах физически активных лиц была повышена на 7–18 %, диастолическая скорость кровотока

Таблица 4

Параметры скорости и ускорения кровотока по позвоночным артериям (ПА)

Группа	Справа-слева	Скорость систолическая, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Скорость диастолическая, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Скорость средняя, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Индекс резистивности, Mean $\pm$ sd Min-max	Индекс пульсативности, Mean $\pm$ sd Min-max
Норма	Правый	59,60 $\pm$ 7,80 28,5–67,00	29,1 $\pm$ 2,1 6,6–16,8	36,20 $\pm$ 3,50 11,7–25,00	0,52 $\pm$ 0,04 0,47–0,58	0,81 $\pm$ 0,10 0,66–0,96
	Левый	56,40 $\pm$ 9,10 27,4–65,00	27,5 $\pm$ 3,80 6,00–21,70	34,5 $\pm$ 4,50 11,0–32,0	0,52 $\pm$ 0,04 0,47–0,58	0,83 $\pm$ 0,10 0,66–0,96
Тренеры	Правый	55,75 $\pm$ 9,63 48,00–75,00	29,00 $\pm$ 3,50 25,00–36,00	39,75 $\pm$ 7,63* 29,00–55,00	0,53 $\pm$ 0,03 0,48–0,57	0,68 $\pm$ 0,08* 0,54–0,82
	Левый	63,00 $\pm$ 7,50 52,00–75,00	35,50 $\pm$ 2,50 32,00–38,00	45,00 $\pm$ 4,50* 40,00–54,00	0,51 $\pm$ 0,01 0,48–0,54	0,66 $\pm$ 0,08* 0,52–0,76
Основная	Правый	54,33 $\pm$ 7,17 41,00–70,00	27,27 $\pm$ 5,57 18,00–36,00	40,27 $\pm$ 6,84* 28,00–52,00	0,54 $\pm$ 0,04 0,45–0,66	0,61 $\pm$ 0,17* 0,01–0,80
	Левый	58,50 $\pm$ 11,25 39,00–80,00	30,00 $\pm$ 8,55 18,00–45,00	42,36 $\pm$ 11,97* 23,00–62,00	0,51 $\pm$ 0,05 0,42–0,62	0,60 $\pm$ 0,21* 0,01–0,92
Контроль	Правый	55,22 $\pm$ 5,36 46,00–64,00	25,33 $\pm$ 4,37 19,00–34,00	36,44 $\pm$ 3,16 30,00–43,00	0,55 $\pm$ 0,06 0,43–0,63	0,79 $\pm$ 0,08 0,59–1,04
	Левый	56,33 $\pm$ 6,59 45,00–70,00	26,22 $\pm$ 4,91 19,00–39,00	37,56 $\pm$ 4,05 30,00–48,00	0,53 $\pm$ 0,6 0,42–0,67	0,79 $\pm$ 0,08 0,59–1,04

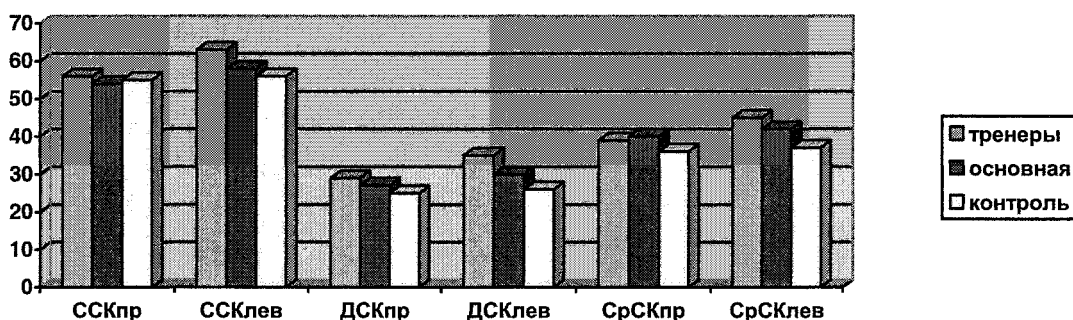


Рис. 4. Скоростные показатели ЗМА в группах наблюдения

Таблица 5

Параметры скорости и ускорения кровотока по основной артерии (ОА)

Группа	Скорость систолическая, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Скорость диастолическая, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Скорость средняя, см/с, Mean $\pm$ sd Min-max	Индекс резистивности, Mean $\pm$ sd Min-max	Индекс пульсативности, Mean $\pm$ sd Min-max
Норма (Лелюк, 2004)	61,00 $\pm$ 14,00 46,00–86,00	28,30 $\pm$ 8,10 19,00–44,00	40,90 $\pm$ 10,50 28,00–60,00	0,54 $\pm$ 0,04 0,47–0,58	0,81 $\pm$ 0,10 0,66–0,96
Тренеры	65,75 $\pm$ 8,75 55,00–77,00	41,25 $\pm$ 6,88* 32,00–55,00	49,25 $\pm$ 6,25* 41,00–57,00	0,47 $\pm$ 0,02 0,45–0,51	0,69 $\pm$ 0,10* 0,60–0,89
Основная	72,58 $\pm$ 7,42* 59,00–87,00	43,00 $\pm$ 10,00* 30,00–83,00	52,60 $\pm$ 6,72* 45,00–71,00	0,50 $\pm$ 0,05 0,38–0,58	0,62 $\pm$ 0,05* 0,52–0,68
Контроль	64,56 $\pm$ 10,17 48,00–79,00	36,33 $\pm$ 8,15* 25,00–59,00	42,33 $\pm$ 6,36 32,00–55,00	0,49 $\pm$ 0,04 0,38–0,60	0,72 $\pm$ 0,09* 0,60–0,86

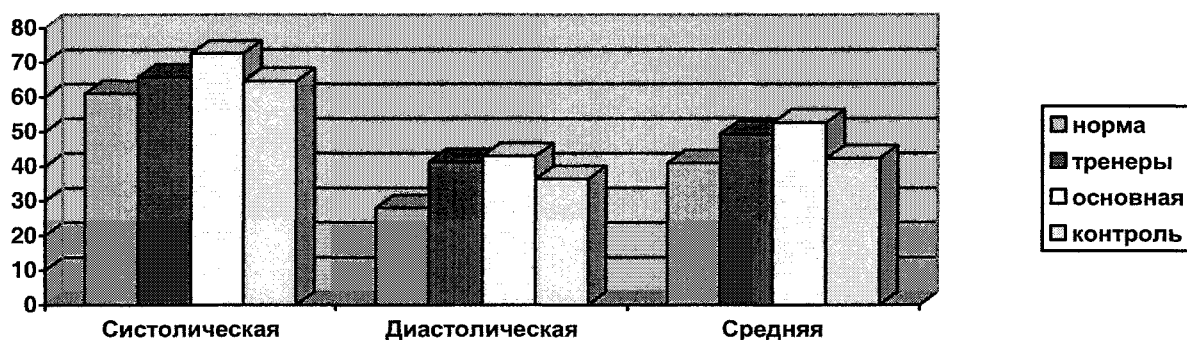


Рис. 5. Скоростные показатели ОА в группах наблюдения

выше нормы на 46–53–28 % во всех группах, средняя скорость за сердечный цикл превышала норму в группах тренеров и клиентов клубов на 25–30 %. Показатели резистивности были ниже нормы на 8–15 % и пульсативности на 17–30 % в активных группах и все показатели ускорения – на 10 % в группе контроля.

На рис. 5 представлены межгрупповые различия в сравнении с нормой гемодинамических параметров по основной артерии.

В нашем исследовании показатель средней за сердечный цикл скорости кровотока по основной артерии совпал с ранее опубликованными научными данными [1, 4]. Показатели систолической и диастолической скоростей оказались выше. Полученные нами низкие показатели ускорения отражают общую тенденцию избыточности кровотока по основной артерии во всех группах наблюдения.

Выводы

1. Показатели мозгового кровотока у лиц, ведущих активный образ жизни, отличаются от группы контроля и литературной нормы.

2. Занятия фитнесом приводят к повышению скоростных параметров мозгового кровотока и снижению параметров ускорения в бассейнах средних мозговых и основной артерии.

3. Полученные данные позволяют констатировать избыточный мозговой кровоток в группе тренеров и оптимальный – в группе клиентов фитнес-клубов.

Литература

1. Лелюк, В.Г. Церебральное кровообращение и артериальное давление / В.Г. Лелюк, С.Э. Лелюк. – М.: Реальное время, 2004. – 304 с.
2. Реакция мозгового кровообращения на легкую физическую нагрузку / В.П. Куликов, Н.Л. Доронина // Физиология человека. – 1999. – Т. 25, № 6. – С. 71–75.
3. Транскраниальная доплерография в нейрохирургии / Б.В. Гайдар, Б.В. Семенютин, В.Е. Парфенов, Д.В. Свистов. – СПб.: Элби, 2008. – 281 с.
4. Ультразвуковая диагностика сосудистых заболеваний: руководство для врачей / под ред. В.П. Куликова. – М.: ООО Фирма «СТРОМ», 2007. – 512 с.

Поступила в редакцию 9 января 2009 г.