

УДК 612.15:612.82:616.717/.718-001

## СКОРОСТЬ КРОВОТОКА ПО СРЕДНИМ МОЗГОВЫМ АРТЕРИЯМ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Щуров В.А.

*ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия»  
имени акад. Г.А. Илизарова», Курган, e-mail: shchurovland@mail.ru*

Цель – определение причины возрастного снижения оцениваемой методом ультразвуковой доплерографии скорости кровотока (СК) по средней мозговой артерии. Проведен анализ изменения показателя при функциональной мышечной пробе у 30 практически здоровых людей 18-60 лет и 30 больных 5-62 лет с отставанием в росте одной из нижних конечностей в процессе её оперативного удлинения. Показано, что снижение СК является необходимым условием сохранения ауторегуляции мозгового кровотока, при нарушении которой в процессе лечения существенно снижается работоспособность больных.

**Ключевые слова:** кровоснабжение мозга, резерв адаптации, работоспособность, удлинение конечности

## SPEED BLOOD FLOW IN THE MIDDLE CEREBRAL ARTERIES AND HUMAN PERFORMANCE

Schurov V.A.

*Federal State Budgetary Institution Russian Ilizarov Scientific Center  
«Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan, e-mail: shchurovland@mail.ru*

The goal – determining the causes of age-related decline estimated by Doppler ultrasound blood flow velocity (FV) in the middle cerebral artery. The analysis of the indicator in functional muscle sample of 30 healthy people 18-60 years old and 30 patients 5-62 years of lagging in the growth of one of the lower limbs in the course of its operational extension. It has been shown that the reduction in the FV is a necessary condition for the preservation of cerebral autoregulation, breach of which in the treatment of patients with significantly reduced performance.

**Keywords:** blood flow to the brain, the adaptation allowance, performance, lengthening limbs

Скорость кровотока по средней мозговой артерии (СМА) контрлатеральной стороны мозга при функциональной мышечной пробе должна возрастать [2, 5, 10, 11]. Такой прирост объясняли увеличением минутного объема сердечного выброса, повышением уровня системного артериального давления, а также накоплением в крови углекислоты. Действительно, при увеличении физической нагрузки скорость кровотока по СМА становилась выше на 25-30%, однако в дальнейшем, при превышении максимального вентилиционного порога, начинала снижаться [1, 8, 10].

С помощью метода позитронно-эмиссионного анализа показано так же стимулирующее влияние на активность мозговых структур при воздействии на ткани конечностей болевого фактора [3, 9, 12, 13]. Установлено, что при болевом воздействии на контрлатеральную конечность у обследуемых 18-35 лет реакцию увеличения скорости кровотока по СМА на 40-50% можно в значительной степени нивелировать при применении анестетиков [6, 7], что подтверждает рефлекторный механизм наблюдающегося ускорения мозгового кровотока. У пожилых людей уменьшение скорости мозгового кровотока рассматривают как причину возрастного ограничения скорости

локомоций и связывают с падением чувствительности сосудов головного мозга к углекислоте [12].

Ещё сложнее найти взаимосвязь показателей скорости мозгового кровотока и интеллектуальных способностей пожилых людей. Не менее интересен вопрос о наличии такой взаимосвязи у людей с ограниченными физическими возможностями, а также у работников физического труда и спортсменов.

Количественный анализ реакции мозговых артерий на дополнительную работу мышц во время лечения больных важен для определения возможности их ранней мобилизации, определения объема двигательной активности, перевода стационарных пациентов на амбулаторный режим лечения. Практическое значение реакции сосудов мозга при функциональной пробе в травматологии связано с рекомендацией автора метода лечения больных применять функциональное нагружение оперированной конечности с первых дней после остеосинтеза [4].

**Целью** настоящего исследования являлась проверка гипотезы о причине возрастного снижения скорости кровотока по СМА, возникающего как условие сохранения резерва функциональной адаптации со-

судистого русла, необходимого для поддержания механизма ауторегуляции мозгового кровотока и работоспособности человека.

### Материалы и методы исследования

Исследование скорости кровотока по СМА проводилось с помощью метода ультразвуковой доплеровской флоуметрии с датчиком с несущей частотой 2 МГц. При этом у больных после записи скорости мозгового кровотока в покое повторно выполняли записи при сжимании эластического эспандера правой и затем левой кистью. Для оценки работоспособности обследуемых, снижающейся у пациентов под влиянием болевого фактора, использовали психо-физиологический тест SF-36.

Обследованы 30 больных с отставанием в росте одной из нижних конечностей на величины от 2 до 15 см в возрасте от 5 до 62 лет. Исследования выполнены до и в процессе оперативного удлинения сегментов конечности по методу Илизарова. Контрольную группу составили 30 практически здоровых людей 18-60 лет.

### Результаты исследования и их обсуждение

У здоровых людей с увеличением возраста ( $t$ , годы) наблюдалось снижение скорости кровотока по СМА:  $V = 102 - 0,48*t$ ;  $R^2 = 0,350$ . Ещё более быстро происходило возрастное снижение скорости кровотока по СМА у больных с ортопедической па-

тологией (рис. 1). Выявлено возрастное увеличение степени прироста скорости кровотока по СМА при проведении функциональной мышечной пробы (рис. 2). Следовательно, чем меньше абсолютные значения скорости кровотока, тем больше её прирост. В таком случае, возрастное снижение показателя обусловлено необходимостью сохранения резервов функциональной адаптации сосудистого русла для осуществления ауторегуляции мозгового кровотока при изменениях потребностей тканей в кислороде.

У больных с отставанием в продольном росте одной из конечностей соотношение величин скорости мозгового кровотока на контрлатеральной и ипсилатеральной сторонах зависел от тяжести заболевания. По мере увеличения тяжести патологии скорость кровотока по СМА контрлатеральной стороны возрастала (рис. 3). При этом с увеличением тяжести патологии изменение показателя скорости кровотока становились все меньше (рис. 4), то есть имелась обратная взаимосвязь величин скорости кровотока по СМА и прироста показателя при проведении функциональной мышечной пробы:

$$\Delta V = -0,0039*v + 0,38; R^2 = 0,739.$$

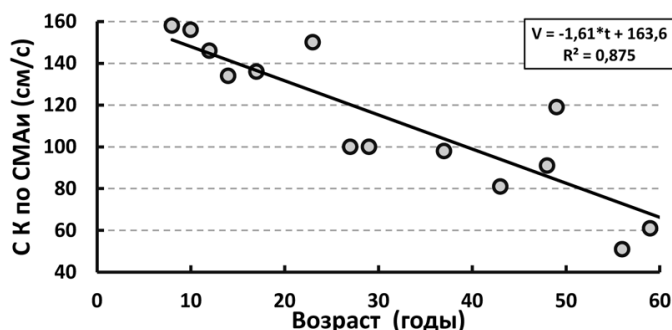


Рис. 1. Возрастная динамика скорости кровотока по СМА контрлатеральной стороны мозга у больных с отставанием одной из конечностей в продольных размерах

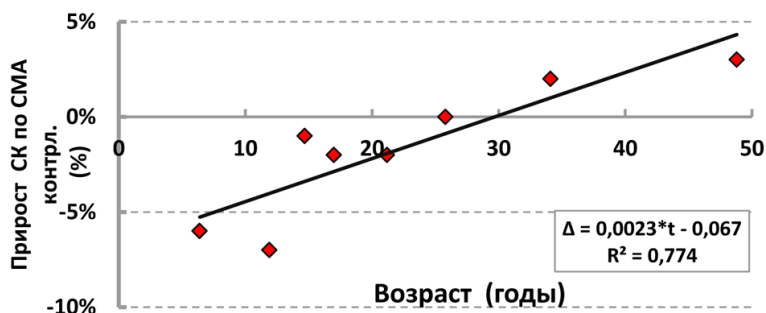


Рис. 2. Возрастная динамика изменения скорости кровотока по СМА при проведении функциональной мышечной пробы

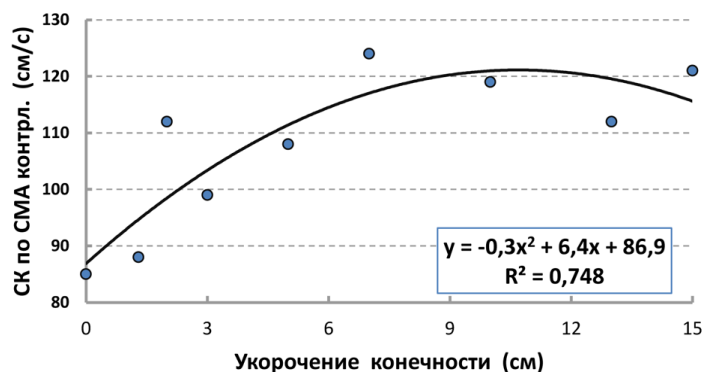


Рис. 3. Скорость кровотока по СМА контрлатеральной стороны от величины укорочения конечности



Рис. 4. Зависимость изменения СК по СМА контрлатеральной стороны при проведении мышечной пробы от величины укорочения конечности

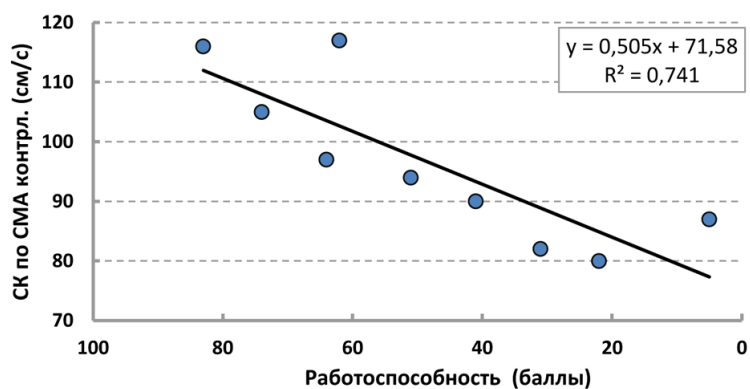


Рис. 5. Влияние снижения работоспособности под действием болевого фактора на скорость кровотока по СМА контрлатеральной стороны

В процессе оперативного удлинения конечности при приобретенной патологии скорость кровотока по СМА контрлатеральной стороны не увеличивалась, а при врожденной снижалась со  $113 \pm 3$  до  $94 \pm 5$  см/с ( $p \leq 0,01$ ). Снижение показателя было тем более выражено, чем ниже была работоспо-

собность, которую лимитировало действие болевого фактора (рис. 5).

В этих условиях на протяжении лечения наблюдались отрицательные значения изменения показателя мозгового кровотока при выполнении функциональной мышечной пробы (рис. 6).

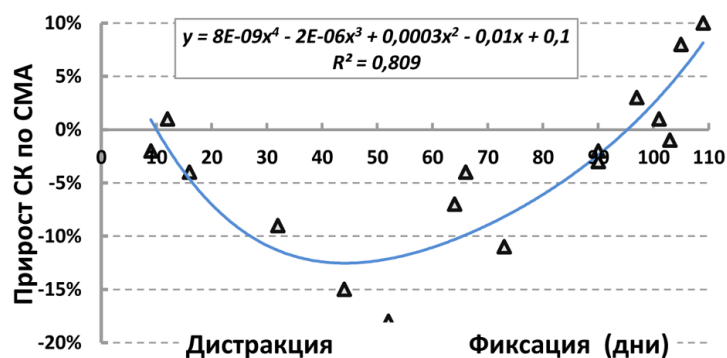


Рис. 6. Динамика изменений скорости кровотока по СМА контрлатеральной стороны в процессе лечения больных

Следовательно, в условиях действия болевого фактора даже при снижении абсолютных значений скорости по СМА реакция на дополнительную соматическую афферентацию не приводило к ускорению кровоснабжения мозга. Работоспособность пациентов оказывалась существенно сниженной.

#### Выводы

1. Выявленное возрастное снижение скорости кровотока по средним мозговым артериям у здоровых людей и у пациентов с патологией опорно-двигательного аппарата является необходимым условием сохранения ауторегуляции мозгового кровотока.

2. При оперативном удлинении конечности, несмотря на снижение абсолютных значений скорости мозгового кровотока, не произошло сохранение резерва функционального резерва адаптации сосудистого русла мозга, выявляемого при функциональной пробе, работоспособность пациентов оказалась сниженной.

#### Список литературы

- Куликов В.П., Гатальский К.К., Доронина Н.Л. и др. Реакция мозговой гемодинамики на физическую нагрузку умеренной интенсивности. // Рос. физ. журнал им. И.М. Сеченова. – 2007. – № 2 (93). – С. 161–163.
- Vaumbach G.L., Heistad D.D. Effects of sympathetic stimulation and changes in arterial pressure on segmental resistance of cerebral vessels in rabbits and cats. // Circ. Res., 1983. – V. 52. – P. 527–533.
- Casey K.L., Minoshima S., Morrow T.J., Koeppel R.A. Comparison of human cerebral activation pattern during

cutaneous warmth, heat pain, and deep cold pain. // J. Neurophysiol. – 1996. – V.76. – P. 571–581.

4. Ilizarov G.A. Transosseous Osteosynthesis. Theoretical and Clinical Aspects of the Regeneration Growth of Tissue. // Berlin: Springer-Verlag, 1992. – 800 p.

5. Lassen N.A. Middle cerebral artery blood velocity and cerebral blood flow and O<sub>2</sub> uptake during dynamic exercise. // J. Appl. Physiol., 1993. 74 (1). – P. 245–250.

6. Lorenz I.H., Kolbitsch C., Schocke M., et al. Low-dose remifentanyl increases regional cerebral blood flow and regional cerebral blood volume, but decreases regional mean transit time and regional cerebrovascular resistance in volunteers. // British J. of Anaesthesia. – 2000. – V. 85. – P. 199–204.

7. Lorenz I.H., Kolbitsch, M., Hintereggen et al. Remifentanyl and nitrous oxide reduce changes in cerebral blood flow velocity in the middle cerebral artery caused by pain // British J. of Anaesthesia, 2003. 90 (3). – P. 296–299.

8. Marine J.J., Lamotte M., Berry J. et al. Relationship of middle cerebral artery blood flow velocity to intensity during dynamic exercise in normal subjects // Eur. J. Appl. Physiol. – 1993. – V. 67 (1). – P. 35–38.

9. Micieli G., Tassorelli C., Bosone D., Cavallini A., Viotti E., Nappi G. Intracerebral vascular changes induced by cold pressor test: a model of sympathetic activation. // Neurol. Res. – 1994. – V. 16. – P. 163–167.

10. Olson Th. P., Tracy J., Dengel D.R. Relationship Between Ventilatory Threshold and Cerebral Blood Flow During Maximal Exercise in Humans // The Open Sports Medicine Journal, 2009. 3. – P. 9–13.

11. Poulin M.J., Syed R.J., Robbins P.A. Assessments of flow by transcranial Doppler ultrasound in the middle cerebral artery during exercise in humans // J. Appl. Physiol. – 1999. – V. 86. № 5. – P. 1632–1637.

12. Sorond F.A., Galica A., Serrador J.M. et al. Cerebrovascular hemodynamics, gait, and falls in an elderly population mobilize Boston Study // Neurology, 2010. – V. 74. – P. 1627–1633.

13. Svensson P., Minoshima S., Beydoun A. et al. Cerebral processing of acute skin and muscle pain in humans. // J. Neurophysiol. – 1997. – V. 78. – P. 450–460.