

Оксигенация крови коры головного мозга у здоровых людей и изменение ее при физиологических нагрузках.

Б.И. Караваев, О.В. Русина

РНЦХ РАМН, Москва

Начиная с 1991 года, когда впервые появилось сообщение об использовании церебральной оксиметрии (ЦО) для диагностики гипоксии головного мозга [11], данный метод все шире используется в нейрохирургии, неврологии, кардиохирургии, сосудистой хирургии. Возможность оценки насыщения крови кислородом коры головного мозга (rSO_2), в том числе, при отсутствии пульсовой волны, получение результатов исследований в реальном времени и непрерывном режиме измерения, неинвазивность и устойчивость к электрическим помехам, делает церебральную оксиметрию одним из наиболее перспективных методов в диагностике ишемии и гипоксии головного мозга. Однако отсутствие четких данных о нормальных значениях величин оксигенации крови коры головного мозга и их количественных изменений при различных физиологических воздействиях снижает диагностическую ценность церебральной оксиметрии. Так в ранних работах отмечалось, что у здоровых добровольцев величины этого показателя (rSO_2) находятся в пределах 70 - 80 % [11, 12, 16, 19] и не зависят от возраста, пола, стороны измерения (правая или левая гемисфера) [3,7]. В более поздних исследованиях показано прогрессирующее уменьшение церебрального тока крови с увеличением возраста и соответствующее снижение доставки кислорода к тканям мозга [13].

Целью настоящего исследования явилось определение нормальных величин оксигенации кортикальных отделов головного мозга у здоровых людей и изменения этого показателя при физиологических нагрузках.

Материалы и методы.

Обследованы 121 здоровый мужчина и женщина (46 и 75 соответственно) в возрасте от 17 до 75 лет. Измерение значений rSO_2 у испытуемых проводили в положении лежа в утреннее время. У 46 исследуемых проводили билатеральную церебральную оксиметрию; у 80 выполнялась ортостатическая проба (перевод тела из положения лежа в положение сидя) и проба с гипервентиляцией (до появления первых признаков головокружения), а также масочную ингаляцию кислорода. Проба с гипервентиляцией у испытуемых была произвольной, ее продолжительность составляла от

8 до 15 секунд, в единичных случаях – 90-180 сек., что зависело от тренированности испытуемого и интенсивности проведения нагрузки. Церебральная оксиметрия (ЦО) осуществлялась аппаратом INVOS 3100, билатеральная церебральная оксиметрия - INVOS 4100 (SOMANETICS, США). Датчик ЦО располагали на не волосистой части головы в лобно-височной области. Измерение насыщения кислородом капиллярной крови (пульсоксиметрия) и капнографию проводили с использованием прибора PROPAQ 104 EL (PROTOCOL SYS. Inc., США).

Результаты исследования и их обсуждение.

При анализе полученных данных не обнаружено достоверных различий в показателях rSO_2 правой и левой гемисферы $69,07 \pm 7,99\%$ и $69,5 \pm 7,89\%$ соответственно, при этом максимальная величина межполушарной асимметрии у отдельных испытуемых не превышала 3%. При проведении корреляционного анализа выявлено, что показатели rSO_2 не зависят от пола и SpO_2 , при его нормальных значениях, составивших в среднем $97,45 \pm 1,75\%$. Выявлена тесная обратная экспоненциальная зависимость ($r = -0,7981$, $p = 0,01$) rSO_2 от возраста. Это позволило определить уровень насыщения кислородом крови кортикального отдела головного мозга, характерный для различных возрастных групп. Выявлены 4 возрастные группы, из которых максимальные значения rSO_2 (88%) были в 1 группе (возраст до 21 года), минимальные (50%) в 4 возрастной группе (65-75 лет) (табл. 1), причем колебания нормальных величин rSO_2 от минимальных до максимальных в пределах возрастной группы было также достаточно широкими – от 13% в 1 группе до 5% в 4 группе.

При проведении ортостатической пробы у испытуемых не наблюдалось значимых отклонений rSO_2 , при масочной ингаляции кислорода наблюдалось умеренное снижение rSO_2 в правой и левой гемисферах.

Произвольная гипервентиляция во всех случаях приводила к снижению rSO_2 в среднем на $6,5\% \pm 1,3\%$ от исходных значений ($p=0,01$). При этом напряжение CO_2 в альвеолярном газе по данным капнографии у испытуемых не было ниже 34 мм.рт.ст. На рис.1 представлена типичная оксиграмма в ответ на пробу с гипервентиляцией, которая продолжалась 150 секунд. Снижение rSO_2 составило 4% (с 73% до 69%). После прекращения пробы в течение 9 мин. наблюдалось дальнейшее плавное снижение показателя до 64%, который оставался на постоянном уровне в течение 6 мин.

У тренированных людей во время гипервентиляции могут отмечаться более существенные изменения значений rSO_2 . В качестве примера приводим данные, по-

лученные при исследовании испытуемого 38 лет, спортсмена (подводное плавание), которому проводился тест на длительность задержки дыхания. В связи с тяжестью нагрузки капнография не проводилась. Регистрировалось насыщение кислородом крови кортикального отдела головного мозга и результаты пульсоксиметрии (SpO_2). Задержке дыхания предшествовала гипервентиляция в течение 90 сек., во время которой rSO_2 снизилось с 70 до 48%. Во время апноэ продолжительностью 228 сек. наблюдалось снижение SpO_2 до 55%, при этом rSO_2 сначала увеличивалось до исходных значений (накопление CO_2), а затем снижалось до 38%. Возвращение показателей к исходным значениям началось на первой минуте после возобновления спонтанного дыхания (рис. 2).

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что «нормальные» значения rSO_2 находятся в довольно широких пределах от 88 до 50%, зависят от возраста, о чем свидетельствует тесная обратная корреляционная зависимость, не зависят от стороны измерения показателя, а также изменяются при физиологических нагрузках (гипервентиляция, задержка дыхания, ортостатическая проба). Результаты наших исследований находят подтверждение в работе Misra M. et al. [13], где на здоровых добровольцах показано прогрессирующее уменьшение церебрального кровотока с увеличением возраста испытуемых. Известно, что одним из первых компенсаторных механизмов, направленных на ликвидацию тканевого дефицита кислорода, является увеличение его экстракции из притекающей крови и соответствующее снижение в венозной крови. Этим объясняется, учитывая, что показатель rSO_2 отражает насыщение преимущественно венозной крови [10], тесная обратная корреляционная зависимость между значением rSO_2 и возрастом,

О насыщении кислородом крови в кортикальном отделе головного мозга (rSO_2) у здоровых людей и влияние физиологических нагрузок на этот параметр имеется немного работ. В большинстве из них описывается снижение rSO_2 на дозированную гипоксию, когда добровольцы дышали такой газовой смесью, которая приводила к снижению насыщения кислорода в артериальной крови ступенчато от 100% до 75%. [13, 16, 17, 18]. В работе Prough D.S. с соавт. (1990) наблюдали увеличение насыщения кислородом крови коры головного мозга у добровольцев с $73 \pm 2,7\%$ до $82 \pm 4,9\%$ при увеличении концентрации углекислоты во вдыхаемом газе с 2 до 5%.

Снижение rSO_2 , наблюдаемое нами при гипервентиляции и при ингаляции кислорода, вполне закономерно. В первом случае это связано с гипокапнией, во втором - с гипероксией. Общеизвестно изменение мозгового кровотока под действием углекислого газа [1]. Повышение содержания CO_2 в крови приводит к расширению сосудов, увеличению мозгового кровотока и как следствие этого - повышению rSO_2 [4, 9, 6, 13, 15]. Растворимый в липидах CO_2 легко проходит через гематоэнцефалический барьер и оказывает влияние на баланс между CO_2 и HCO_3^- , вызывая изменение местной внесосудистой концентрации ионов H^+ [14], который является основным фактором, регулирующим мозговой кровоток [8, 20]. Сам по себе углекислый газ является наиболее сильным вазодилататором. При изменении $PaCO_2$ с 20 до 80 мм рт. ст. мозговой кровоток увеличивается от 50 до 200% от нормальных значений. Во время проведения нами пробы с гипервентиляцией возникала гипокапния, сужение мозговых сосудов и как следствие - снижение rSO_2 .

К изменению диаметра мозговых сосудов приводят и изменения pO_2 артериальной крови [2,5]. При низких значениях pO_2 происходит расширение, а при гипероксии - сужение сосудов мозга. Данная реакция является защитной, так как при высоком напряжении кислорода окислительный обмен в клетках тормозится [5]. За счет сужения мозговых сосудов в какой-то степени нормализуется соотношение между доставкой кислорода и его потребностью. Мы наблюдали подобную реакцию при масочной ингаляции кислорода, когда значения rSO_2 имели тенденцию к снижению.

Таким образом, в клинической практике при интерпретации результатов оксигенации кортикальных отделов головного мозга следует учитывать вариабельность этого показателя в зависимости от возраста пациентов, а также влияние на rSO_2 гипервентиляции, ингаляции кислорода, длительной задержки дыхания и изменения положения тела.

Литература

1. Москаленко Ю.В. Мозговое кровообращение.// Рук. Болезни сердца и сосудов под ред. Чазова Е.И. – М. Медицина. - 1992. - Т.1. - Гл.11. - С. 114-123.
2. Фолков Б., Нил Э. // Кровообращение.- М. 1976. – С. 346-455.
3. Dujovny M., Lewis G.D., Vinas F.C. et al. // SPIE – 1992. - N 1641. – P. 126-32.
4. Henson L.C., Cartwright C., Chlebowski S.M. et al. // Anesthesiology. – 1997. – Vol. 87. – P. 3A.
5. Haugaard N. // In: Frank Dickens and Eric Neil (eds). Oxygen in the animal organism. Oxford: Pergamon Press. – 1964. - P. 495—505.
6. Hoizschuh M., Woertgen C., Metz C., Brawanski A. // Acta Neurochir (Wien) - 1997. - 139. – P. 58-62.
7. Hoizschuh M., Brawanski A., Metz C., Woertgen C. L. // Presented at American Society of Anesthesiologists Meeting. - Oct.21-25, 1995. - Atlanta, GA.
8. Fenci V., Vale J. R., Broch J. R. //Scand. J. Lab. Clin. Invest. - 1968. – Vol. 102, Suppl.VIII. – P.13.
9. Koorn R., Silvay G., Weiss-Bloom L., Neisic S. // Anesthesiology. – 1991. –Vol. 75 (A4). – P.15.
10. Mchedlishvili G.I. // Plenum Publishing Corp. - New York.- 1986. – P. 55-77.
11. McCormick P.W., Stewart V.I., Goetting M.G. et al.// Crit. Care Med. – 1991. –Vol. 19. – P. 89-97.
12. McCormick P.W., Stewart M., Lewis G. et al. // J. Neurosurg. - 1992. –Vol. 76. – P. 115-118
13. Misra M., Dujovny M., Slavin K.V. et al. // J. Stroke and Cerebrovasc. Disease. – 1997. - Vol. 6(5). – P. 337-340.
14. Ingvar D. H., Lassen N. A., Siesjo B. K. et al. // J. Clin. Lab. Invest. - 1968. - Suppl. 102.
15. Slavin K.V., Dujovny M., Ausman J.I. et al. // Surg. Neurol. – 1994. – Vol. 42. – P. 531-540.
16. Pollard V., DeMelo E., Deyo D.J. et al. //Anesth. Analg. – 1994. – Vol. 78(2S). –P. 343.
17. Pollard V., Prough D.S., DeMelo E. et al.//Anesth. Analg. – 1996. – Vol. 82. –P. 269-277.
18. Prough D.S., Scuderi P.E., Lewis G. et al. // Anesthesiology. – 1990. –Vol. 73. – P. A424.

19. Tripp L. L., McCloskey K., Arnold A. A., Bagian J. P. // *Anesth. Analg.* – 1994.- Vol. 78(2S). – P. 343.
20. Severinghaus J. W., Chiodi K., Eger E. I. et al. // *Circ. Res.* – 1966. – Vol. 19. - P. 274—282.

Таблица 1

Оксидативный статус кортикального отдела головного мозга
в различных возрастных группах.

Возраст (лет)	18-22 (n=31) (1)	23-29 (n=41) (2)	30-64 (n=43) (3)	65-75 (n=6) (4)
RSO₂ (%) M±σ	81,38±4,37	74,53±3,87*	65,23±4,21*	53,66±3,72*
min-max	75- 88	70-78	58-69	50-55

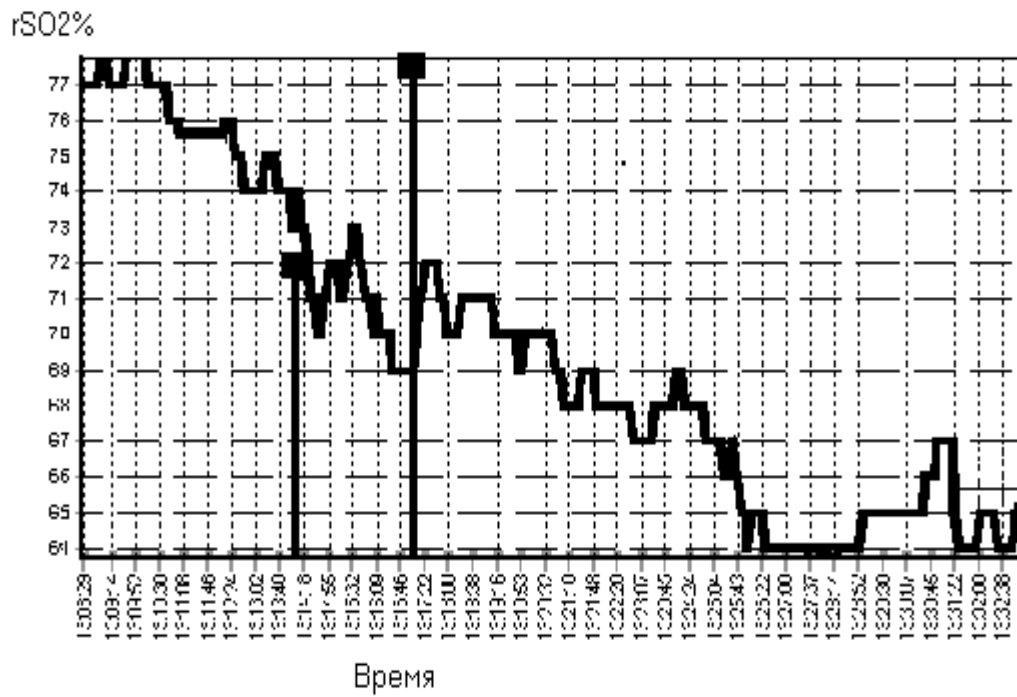
Примечание: * Различия даны по отношению к группе 1, достоверность p = 0,02

Реферат к статье Б.И. Караваева, О.В. Русиной

«Оксигенация крови коры головного мозга у здоровых людей и изменение ее при физиологических нагрузках».

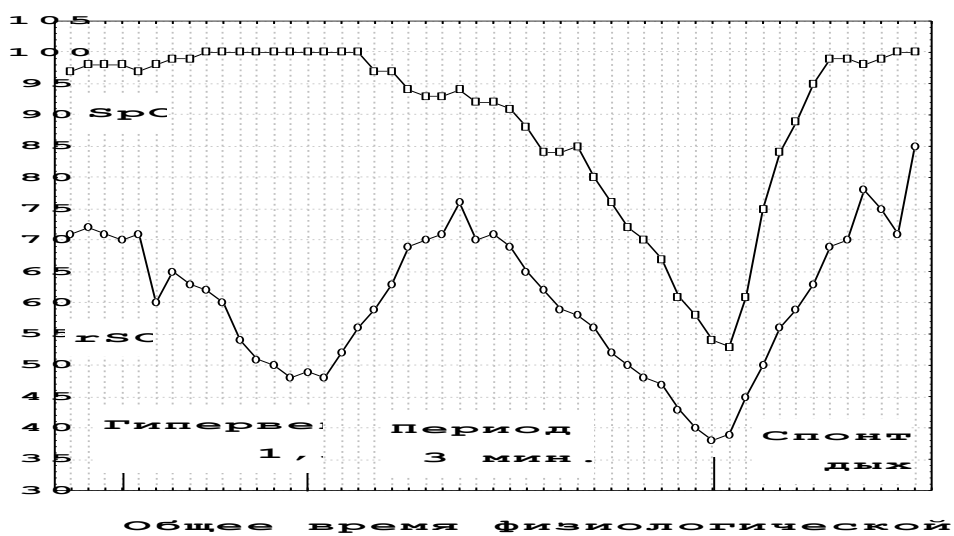
Обследованы 121 здоровый мужчина и женщина в возрасте от 17 до 75 лет для изучения нормальных значений насыщения крови коры головного мозга кислородом (rSO_2), а также влияние на этот показатель физиологических нагрузок. Показано, что в норме rSO_2 одинаково в правой и левой гемисфере, максимальная межполушарная асимметрия составляла 3%. Выявлена корреляционная зависимость ($r = -0,798$, $p = 0,01$) между возрастом и насыщением крови коры головного мозга кислородом. Показано влияние на rSO_2 гипервентиляции, ингаляции кислорода, длительной задержке дыхания и изменения положения тела.

Рисунок 1.



Маркеры обозначают длительность гипервентиляции.

Рисунок 2.



Список рисунков к статье Б.И. Караваева, О.В. Русиной
«Оксигенация крови коры головного мозга у здоровых людей и изменение ее при физиологических нагрузках».

Рисунок 1. Динамика rSO_2 при произвольной гипервентиляции (типичная реакция)

Рисунок 2. Динамика rSO_2 и SpO_2 во время длительного апноэ (объяснения в тексте)