

УДК 612.822.3

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ И pH

И. Г. Герасимов

НИИ медицинских проблем семьи, Украина, 83015, г. Донецк, ул. Левицкого, 4

Резюме: Обсуждается возможность участия ионов водорода (pH) в формировании, поддержании и проявлении функциональной асимметрии человека и животных. Высказано предположение, что асимметрия pH в головном мозге обуславливается анатомической и метаболической асимметрией, которая, в свою очередь, может играть роль в проявлении функциональной асимметрии.

Ключевые слова: Асимметрия, ионы водорода, мозг.

FUNCTIONAL ASYMMETRY AND pH

I. G. Gerasimov

Research Institute of Family Medical Problems, Donetsk, Ukraine

Summary: The hydrogen ions and their concentration (pH) are considered as possible participants of forming, maintenance and manifestation of functional asymmetry of human and animals. It is supposed, that asymmetry of pH in human brain is determined by anatomic and metabolic asymmetry and can play the role in functional asymmetry manifestation.

Key words: Asymmetry, the hydrogen ions, brain.

1. Введение

Выяснение механизмов, лежащих в основе функциональной (межполушарной) асимметрии – специфичности функций, выполняемых при преимущественном, подавляющем или исключительном участии одного из полушарий головного мозга, – задача все еще далекая от разрешения. Общим и частным вопросам функциональной асимметрии посвящено множество работ. Например, в [1], где цитируются преимущественно публикации предыдущего десятилетия, их список занимает более 10% текста. Выяснение общих закономерностей биологической асимметрии вообще и функциональной, в частности, представляется перспективным с общебиологических и общефизических позиций. Так, в 70-е гг. XX века Л. Логинов предположил, что асимметрия необходима во взаимоотношениях организма с внешней средой для ограничения роста энтропии [2]. Несколько ранее Ч. Бодемер (Bodemer) указал на то, что полярность и симметрию нелегко объяснить без учета локальных градиентов концентраций [3]. Однако, и спустя 20-30 лет после этих высказываний, Дж. Альбрехт-Бунглер (Albrecht-Buenhler) сетовал, что механизмы, обеспечивающие полярность клеток, не вполне понятны [4]. Такое положение сохраняется до настоящего времени и в еще большей степени относится к функциональной асимметрии.

В проблеме функциональной асимметрии много неясного и предположительного, но, как минимум, два момента не вызывают сомнения. Помимо собственно факта наличия функциональной асимметрии (первое), можно утверждать, что она не является приобретенной (второе), поскольку различные асимметрии, в том числе мозговой деятельности, обнаруживаются у новорожденных [5, 6] и даже "межполушарные асимметрии в какой-то форме существуют уже к моменту рождения" [7]. Есть мнение, что у детей асимметрия речи более показательна, чем у взрослых [8]. Аналогичные закономерности прослеживаются и у животных [9].

2. Биохимическая асимметрия

Как на предполагаемый источник формирования функциональной асимметрии указывают на биохимическую асимметрию мозга [10]. Суть этого явления в том, что анатомически симметричные участки мозга по химическому составу отличны друг от друга [11] прежде всего количественно. Например, в мозге обнаружено разное распределение по полушариям катехоламинов и нейромедиаторов [1]. Биохимическая асимметрия мозга человека наиболее ярко проявляется при односторонних повреждениях центральных моторных систем [11]. В такой ситуации в ткани мозга и спинномозговой жидкости обнаруживается индуцирующее асимметрию миостатического рефлекса активное начало: фактор позной асимметрии – видонеспецифичная группа олигопептидов [12]. Однако в нормальном функциональном состоянии факторы, если не формирующие, то хотя бы поддерживающие функциональную асимметрию, до сих пор не обнаружены, и природа факторов, обеспечивающих химическую асимметрию мозга, не ясна [11].

Таблица N 1

Схема последовательности событий и соотношение величин, приводящих к асимметрии pH головного мозга и ее компенсация

| Отдел организма | Фактор и последовательность событий | Соотношение слева-справа |
|--------------------|--|--------------------------|
| Головной мозг | активность при адаптации | меньше |
| | обработка информации | меньше |
| | ↓ | |
| | интенсивность метаболизма | меньше |
| | ↓ | меньше |
| | [H ⁺] рН | меньше больше |
| Компенсация | | |
| Сонная артерия | диаметр и длина (правши) | больше |
| | ↓ | |
| | систолическое артериальное давление (правши) | больше |
| | ↓ | |
| | длина | больше |
| | путь и время пребывания крови | больше |
| | ↓ | |
| | [H ⁺] Ph | больше меньше |
| Верхняя часть тела | интенсивность метаболизма | больше |
| | ↓ | |
| | температура (как правило) | больше |
| | ↓ | |
| | [H ⁺] рН | больше меньше |

Биохимическая асимметрия имеет место не только в головном мозге, но и в крови, что также проявляется и/или усиливается при напряжении или повреждении. У человека асимметрия крови по свойствам (свертываемость, СОЭ) и составу (преимущественно клеточному) проявляется при заболеваниях нервной системы и наиболее выражена при центральных параличах и парезах и усиливается вследствие удаления или раздражения одной из околотитовидных желез (выявлено на конечностях собаки для электролитного состава, концентрации неорганического фосфата и других веществ) [13]. Однако биохимическая асимметрия на периферии имеет место и в нормальном состоянии: например, на лице женщин экскреция с потом калия больше слева, а натрия – справа [14].

3. Функциональная асимметрия и рН

Функциональная асимметрия существует и проявляется на материальной базе анатомической асимметрии, в частности билатеральной (морфологической). В качестве претендента на роль одного из факторов, ориентирующего, формирующего и корректирующего билатеральную асимметрию, обеспечивающую фенотипические различия правой и левой сторон тела, небезосновательно рассматривают межструктурные и трансмембранные градиенты рН [15–17]. Учитывая такую возможность, первыми кандидатами на роль факторов, лежащих в основе функциональной асимметрии, представляются ионы водорода (H⁺) и их концентрация ([H⁺]). Как известно, в организме H⁺ – непрямые или опосредованные (как гаранты рН среды) участники многих процессов. Относительно роли H⁺ в нервной проводимости известно, что выше критических величин рН реакция нейронов не наблюдается [18], а снижение рН приводит к возрастанию их активности [18, 19] и генерации потенциалов действия [20].

У человека обнаружены небольшие, но достоверные, различия в величине внутриклеточного рН (рН_i) в лобных долях головного мозга: слева – рН_i 7,05, справа – рН_i 7,04, тогда как у больных эпилепсией это соотношение изменено, а рН_i – ниже [21]. Интересно, что среди больных эпилепсией, шизофренией и олигофренией выше доля левшей [8, 22], а эпилепсии и паническим расстройствам сопутствуют изменения концен-

трации неорганического фосфата и активности ферментов его обмена, что приводит к асимметрии концентрации креатинсфосфата также в лобных долях [23–25].

4. Факторы, определяющие асимметрию pH

В принципе различия pH могут быть обусловлены, по меньшей мере, тремя основными и взаимосвязанными факторами, два из которых физические – температура и давление – и один биохимический – уровень метаболизма, хотя в нормальных условиях температурные изменения в организме – следствие метаболических. Увеличение интенсивности метаболизма в зависимости от соотношений между двумя его сторонами может приводить к увеличению (анаболизм) или к уменьшению (катаболизм) pH. Уровень метаболизма, как правило, возрастает при нагрузках и воздействиях (в том числе, физиологических), таких как физическая работа или гипоксия, приводя к уменьшению pH [26]. Кроме того, изменения уровня метаболизма сопровождаются однонаправленными изменениями температуры, рост которой также способствует снижению pH крови [27, 28], что, является свойством щелочных, но не кислых, буферов [29], входящих в ее состав. В случае кислых буферов, которые могут функционировать в кислых отделах организма, увеличение температуры, наоборот, приводит к росту pH [29]. Однако в обоих случаях изменение pH обусловлено увеличением с температурой степени диссоциации молекул, составляющих буфер. При этом может быть важно, что изменения pH крови с температурой на порядок выше, чем аналогичные для индивидуальных буферов, входящих в ее состав [27, 29]. Помимо температуры, концентрация ионов зависит от давления, но результат влияния последнего на направленность и величину изменений $[H^+]$ в крови не исследован. Эффект действия давления на pH должен быть противоположен температурному: с ростом давления диссоциация молекул на ионы уменьшается, что приведет в случае щелочных буферов крови к уменьшению концентрации ионов, в том числе $[H^+]$, и увеличению pH, и, наоборот, уменьшение давления по такому же пути обусловит снижение pH.

5. Анатомическая асимметрия и уровень метаболизма

Очевидно, что асимметрия факторов, влияющих на pH (уровень метаболизма, температура и давление), связана с анатомической (билатеральной) асимметрией и, вероятно, определяется ею. В данном аспекте, может быть существенно, что у человека левая сонная артерия на несколько сантиметров длиннее правой [30]. По такой причине, в левый, а не в правый, мозг должна доставляться кровь, более насыщенная H^+ : путь крови в мозг с левой стороны больше и занимает больше времени, что, как известно, соотносится со снижением pH (ростом $[H^+]$), проявляясь в более низком pH венозной крови по сравнению с артериальной. На то, что кровь, притекающая к мозгу слева и справа, может иметь разный pH, который не постоянен по всему пути следования крови, косвенно указывает частота атеросклеротических поражений сосудов. Она одинакова слева и справа на уровне сонных артерий, но уже подключичные артерии, расположенные дальше по сосудистому пути, поражаются втрое чаще слева, чем справа [30], что вполне объясняется более низким pH с левой стороны. Интересен и следующий факт: у правой диаметр правой внутренней сонной артерии больше и систолическое давление в ней выше, чем в левой, тогда как у левой – соотношение обратное [8, 31]. Причина таких различий не ясна, хотя анатомически эти артерии не идентичны, отходят от разных сосудов и имеют разную длину [32]. Вероятно, такая анатомия приводит к разному по величине давлению в сонных артериях, и, может быть, только этим можно объяснить инверсию давления в них у левой относительно правой.

На основании фактов различия величин давлений и пути, проходимого кровью от сердца к головному мозгу, следует заключить, что кровь в правых отделах мозга должна иметь меньшую $[H^+]$ (больший pH) по сравнению с левыми. Однако экспериментальные данные явно указывают на противоположное соотношение, по крайней мере, в лобных долях [21]. Чтобы привести в соответствие теоретические рассуждения и экспериментальные данные, достаточно предположить, что интенсивность метаболизма (катаболизма) в правом мозге выше, чем в левом, и проверить справедливость такого предположения. Действительно, известно, что правое полушарие быстрее, чем левое, обрабатывает информацию и в нем, в основном, осуществляется предварительный анализ, после чего результаты передаются в левое полушарие, где происходит окончательный анализ и осознание раздражителя [33]. Например, прослушивание музыки лицами, не имеющими музыкального образования (но не музыкально образованными), приводит к интенсификации метаболизма по глюкозе (особенно в теменных и затылочно-височных областях) именно правого полушария [5]. Кроме того, на начальном этапе адаптации, а также при поражениях головного мозга или его функциональных нарушениях, происходит преимущественный рост активности правого полушария [1, 34, 35]. Следовательно, более высокий уровень метаболизма (катаболизма) в правом мозге по сравнению с левым может обеспечивать более высокую $[H^+]$ (меньший pH) в первом по сравнению со вторым. В таком случае приток в правые отделы мозга крови с большим pH (что соотносится с анатомической асимметрией сосудов), вероятно, способствует ослаблению негативного влияния повышенной $[H^+]$, имеющей место справа.

Различие температур аналогичных участков тела, расположенных по разные его стороны, судя по все-

му, обусловлено неодинаковым уровнем метаболизма, который приводит к различиям рН слева и справа, что также нивелирует последние. Так, у человека примерно в 54% случаев температура в правой подмышечной впадине ниже, чем в левой, и температурная асимметрия может наблюдаться и на других участках кожи [26]. У кроликов под наркозом (нужно думать, анестезия в данном случае не при чем) температура кожи правого уха меньше левого [36]. Приведенные факты означают, что выделение энергии в виде тепла справа в меньшей мере, чем слева, обеспечивает уменьшение $[H^+]$ (рост рН) крови в правом мозге, где уровень метаболизма выше. При этом разносторонние различия рН в головном мозге все же можно выявить [21]. Схема асимметрий, связанных с головным мозгом, представлена на рисунке.

6. Другие возможные причины функциональной асимметрии

Факт различий рН в разных полушариях мозга может стать ключом к пониманию функциональной асимметрии. Известно, что в условиях активации функций увеличивается число H^+ , необходимых для нормального функционирования, тогда как в случае их недостаточности возникает напряжение. Действительно, стимуляция гипоталамуса у кроликов приводит к увеличению числа пар скоррелированных функционирующих нейронов в левом, но не правом, полушарии [37], свидетельствуя о большей напряженности в левом мозге, что проявляется в росте числа и силы корреляций [38] слева, где $[H^+]$ меньше, чем справа [21]. Развитие адаптационных реакций характеризуется чередованием активности правого и левого полушарий мозга [39] и в таком контексте интересно, что в результате тренировки, вследствие которой напряженность организма уменьшается, у человека снижается число и сила межполушарных корреляций [40]. Наконец, восстановление нарушенных при детском церебральном параличе мышечных функций в результате проведения физиотерапевтических мероприятий происходит предпочтительно на левой половине тела [41, 42], управляемой правым полушарием головного мозга, где рН, по крайней мере в одном отделе, выше [21].

Если $[H^+]$ крови в левой и правой половинах тела, как и в мозге, неодинакова, что проявляется в температуре кожи и весьма вероятно ввиду показанной биохимической асимметрии крови, а также, благодаря тонким, но существенным асимметричным различиям в анатомии кровеносных сосудов, то все это может усиливать или даже формировать функциональную асимметрию, наблюдаемую, например, в виде лево- или праворукости, у человека. Пожалуй, такая асимметрия свойственна исключительно человеку: хотя млекопитающие предпочитают ту или иную лапу при определенных видах деятельности, процент лево- и правопалых животных одинаков [43]. У людей, однако, процент левшей существенно выше, чем лиц с соответствующей асимметрией речи [44]. Причины и следствия право- и леворукости могут быть различными, в частности такая асимметрия может возникать и поддерживаться биохимической асимметрией крови. В формировании последней определенную роль может играть, например, кормление грудного ребенка, когда мать удерживает его предпочтительно на той или иной руке [45]. Аналогичным образом к биохимической асимметрии может приводить поза во время сна преимущественно на правом боку [46], что в положении лежа на одной стороне тела в течение шести-восьми часов в сутки приводит с этой стороны к явлениям аналогичным гипоксическим, обуславливая повышенную $[H^+]$ преимущественно на той же стороне. Не случайно после операции по пересадке одного из легких и последующем соблюдении постельного режима обязательно такое положение тела, при котором пересаженное легкое находится сверху в целях лучшей его вентиляции [47]. Кроме того, правши, по понятным причинам, преимущественно нагружают правую руку, что также стимулирует большее образование H^+ с правой стороны тела. При этом характерно, что именно лобные доли, где обнаружена асимметрия рН [21], ответственные прежде всего за двигательные функции [48].

В обсуждаемом аспекте необходимо учитывать может быть важной и наследственность. Возможность передачи право- или леворукости по наследству предполагается путем наследования цитоплазмы [43, 49] и дискутируется [50]. Однако, если причина функциональной асимметрии лежит в различиях рН, формируемых анатомической и метаболической асимметрией, то такого рода наследуемость оказывается закономерной. В связи с наличием функциональной асимметрии существенно, что некоторые заболевания мозга наблюдаются чаще в одном из полушарий [51], и, что информационные характеристики чревного нерва у крыс и кошек, рассчитанные для волокон, объединенных в группы по калибру, справа и слева также не одинаковы [52]. Не исключено, что фактор(ы), лежащие в основе функциональной асимметрии, могут при определенных условиях способствовать развитию заболевания [8, 31], определяя к тому же значимость левого и правого информационных каналов. Некоторые примеры асимметрии проявления патологий со ссылками на первоисточники приведены в [1], причем в правое полушарие, где, очевидно, выше метаболизм и ниже рН, наблюдается больше (примерно в 1,5 раза) кровоизлияний, а с левой стороны чаще (почти в 2 раза) образуются опухоли.

7. Заключение

Таким образом, весьма вероятно, что в формировании, поддержании и проявлении функциональной (межполушарной) асимметрии важную или даже ведущую роль могут играть ионы водорода. При этом

асимметрия рН в головном мозге человека и животных скорей всего обуславливается анатомическими и метаболическими причинами, однако сделанные заключения для более существенной аргументации требуют дальнейших предметных исследований.

Литература

1. Брагина Н. Н., Доброхотова Т. А. Функциональные асимметрии человека. М.: Медицина, 1980. 240 с.
2. Логинов А. А. Гомеостаз: Философские и общебиологические аспекты. Минск: Высшая школа, 1979. 176 с.
3. Бодемер Ч. Современная эмбриология. М.: Мир, 1971. 446 с.
4. Albrecht-Buenhler G. In defense of "Nonmolecular" cell biology// *Int. Rev. Cytol.* 1990. V.120. P.191–239.
5. Данилова Н. Н. Психофизиология. М.: Аспект пресс, 2000. 373 с.
6. Thelen E., Ridley-Johnson R., Fischer D. Shifting patterns of bilateral coordination and lateral dominance in the leg movements of young infants // *Develop. Psychol.* 1983. V. 16, N 1. P. 29 - 46.
7. Гентер Е. К. Медицинская генетика. М.: Медицина, 2003. 447 с.
8. Симерницкая Э. Г. Мозг человека и психические процессы в онтогенезе. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 190 с.
9. Бианки В. Л. Асимметрия мозга животных. Л.: Наука, 1985. 295 с.
10. Луценко В. К., Карганов М. Ю. Биохимическая асимметрия мозга // *Нейрохимия.* 1985. N 2. С.197–213.
11. Вартамян Г. А., Клементьев Б. И. Проблемы химической асимметрии мозга // *Физиол. чел.* 1988. Т. 14, N 2. С. 297–313.
12. Клементьев Б. И., Вартамян Г. А. Биохимическая диссимметрия мозга: миф или реальность? // *Вестник РАМН.* 1994. N 1. С. 27–28.
13. Скобский И. Л. Гуморальные асимметрии в механизме развития болезни. М.: Наука, 1969. 104 с.
14. De Marchi W. G. Psychophysiological aspects of the menstrual cycle // *J. Psychosom. Res.* 1976. V. 20, N 4. P. 279 - 287.
15. Adams D. S., Robinson K. R., Fukumoto T., Yuan S., Albertson R. C., Yelick P., Kuo L., McSweeney M., Levin M. Early, H⁺-V-ATPase-dependent proton flux is necessary for consistent left-right patterning of non-mammalian vertebrates // *Development.* 2006. V. 133, N 9. P. 1657–16571.
16. Levin M. Motor protein control of ion flux is an early step in embryonic left-right asymmetry // *Bioessays.* 2003. V. 25, N 10. P. 1002–1010.
17. Levin M. The embryonic origins of left-right asymmetry // *Crit. Rev. Oral. Biol. Med.* 2004. V. 15, N 4. P. 197–206.
18. Guyenet P. G., Mulkey D. K., Stornetta R. L., Bayliss D. A. Regulation of ventral surface chemoreceptors by the central respiratory pattern generator // *J. Neurosci.* 2005. V. 25, N 39. P. 8938–8947.
19. Ritucci N. A., Dean J. B., Putnam R. W. Somatic vs. dendritic responses to hypercapnia in chemosensitive locus coeruleus neurons from neonatal rats // *Am. J. Physiol. Cell. Physiol.* 2005. V. 289, N 5. P. 1094–1104.
20. Vukicevic M., Kellenberger S. Modulatory effects of acid-sensing ion channels on action potential generation in hippocampal neurons // *Am. J. Physiol. Cell. Physiol.* – 2004. – V. 287, N 3. – P. 682–690.
21. Chu-W. J., Hetherington H. P., Kuzniecky R. J., Vaughan J. T., Twieg D. B., Faught R. E., Gilliam F. G., Hugg J. W., Elgavish G. A. Is the intracellular pH different from normal in the epileptic focus of patients with temporal lobe epilepsy? A 31P NMR study // *Neurology.* 1996. V. 47, N 3. P. 756–760.
22. Bakan P., Dibb G., Reed P. Handedness and birth stress // *Neuropsychol.* 1973. V. 11, N 3. P. 363–366.
23. Van der Grond J., Gerson J. R., Laxer K. D., Hugg J. W., Matson G. B., Weiner M. W. Regional distribution of interictal 31P metabolic changes in patients with temporal lobe epilepsy // *Epilepsia.* 1998. V. 39, N 5. P. 527–536.
24. Garcia P. A., Laxer K. D., Ng T. Application of spectroscopic imaging in epilepsy // *Magn. Reson. Imaging.* 1995. V. 13, N 8. P. 1181–1185.
25. Shioiri T., Kato T., Murashita J., Namakawa H., Inubushi T., Takahashi S. High-energy phosphate metabolism in the frontal lobes of patients with panic disorder detected by phase-encoded 31P-MRS // *Biol. Psychiatry.* 1996. V. 40, N 8. P. 785–793.
26. Агаджанян Н. А., Тель Л. З., Циркин В. И., Чеснокова С. А. Физиология человека. С-Пб.: Сотис, 1998. 527 с.
27. Герасимов И. Г., Самохина Е. В. Температурная зависимость рН крови // *Структура органических соединений и механизмы реакций.* 1999. Т. 2. С. 155–158.
28. Мальшев В. Д. Кислотно-основное состояние и водно-электролитный баланс в интенсивной терапии. М.: Медицина, 2005. – 228 с.

29. Досон Р., Эллиот Д., Эллиот У., Джонос К. Справочник биохимика. М.: Мир, 1991. С. 350.
30. Карпов Р. С., Дудко В. А. Атеросклероз: патогенез, клиника, функциональная диагностика. Томск: СТТ, 1988. 656 с.
31. Carmon A., Gombas G. M. A physiologicfl vascular of hand preference: possible implications with respect to hemispheric cerebral dominance // *Neuropsychol.* 1970. V. 8. P. 1123–1139.
32. Свиридов А. И. Анатомия человека. К.: Выща школа, 1976. 368 с.
33. Костандов Э. А. Функциональная асимметрия полушарий мозга и неосознаваемое восприятие. М.: Наука, 1983. 156 с.
34. Pipe M. E., Beale I. L. Hemispheric specialization for speech in retarded children // *Neurophysiol.* 1983. V. 21, N 1. P. 91–98.
35. Жеребцова В. А., Сократова О. А., Щербакова Е. В. Особенности формирования и распределения профиля функциональной межполушарной асимметрии мозга (ФМА) у детей с сенсорной депривацией // *Вестн. новых мед. технол.* 1988. Т. 5, N 1. С. 110–114.
36. Гурин В. Н. Терморегуляция и симпатическая нервная система. Мн.: Наука и техника, 1989. 231 с.
37. Павлова И. В. Функциональная асимметрия медиального гипоталамуса кролика при реакции избегания // *Журн. высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова.* 1998. Т. 48, N 3. С. 396–404.
38. Баевский Р. М. Физиологические измерения в космосе и проблема их автоматизации. М.: Наука, 1970. 256 с.
39. Леутин В. П., Николаева Е. И. Психо-физиологические механизмы адаптации и функциональная асимметрия мозга. Новосибирск: Наука. 1988. 193 с.
40. Сологуб Е. Б. Электрическая активность мозга человека в процессе двигательной деятельности. Л.: Медицина, 1973. 247 с.
41. Герасимов И. Г., Сажнева И. А. Применение локального пониженного давления в лечении детского церебрального паралича // *Журн. неврол. и психиатрии им. С. С. Корсакова.* 1998. Т. 98, N 9. С. 41–42.
42. Преображенская И. Г., Шелякин А. М., Катышева М. В., Богданов О. В. Влияние афферентного притока с двигательного аппарата на высшие психические функции детей, страдающих детским церебральным параличом // *Физиол. чел.* 1997. Т. 23, N 1. С. 118–122.
43. Спрингер С., Дейч Г. Левый мозг, правый мозг. М.: Мир, 1983. – 256 с.
44. Fleming J. Age as factor in the handedness of adults // *Neuropsychol.* – 1977. – V. 15. – P. 471–473.
45. Русалова М. Н. Функциональная амплитуда мозга и амплитуда альфа-ритма // *Журн. высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова.* 1998. Т. 48, N 3. С. 391–395.
46. Райнов Б. Черные лебеди // *Зарубежная повесть.* Вып. 3. М.: Прогресс, 1980. С. 613– 704.
47. Денисов В. К. Трансплантология. К.: Наукова думка, 1998. 248 с.
48. Скоромец А. А., Скоромец А. П., Скоромец Т. А. Нервные болезни.- М.: МЕДпресс-информ, 2005. 544 с.
49. Morgan M. Embryology and inheritance of asymmetry // *Lateralization in the Nervous System.* N. Y.: Acad. Press, 1977. 267 p.
50. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека. В 3-х тт. Т. 2. Действие генов. Мутации. Популяционная генетика. М.: Мир, 1990. 378 с.
51. Канарейкин К. Ф., Бабенкова С. В. Особенности восстановительного периода у больных, перенесших инсульт, с локализацией очага в правом полушарии головного мозга // *Журн. невропатол. и психиатр.* – 1973. N 4. С. 485–490.
52. Лобко П. И., Скородуля Н. Н. Сравнительная характеристика информационных показателей внутриствольного строения больших чревных нервов // *Теория информации в медицине.* Мн.: Беларусь, 1974. С.187–197.