

УДК 577.12+616.15

## **Особенности регуляторных механизмов локального кровотока при гипотермии у подростков с разными типами вегетативной регуляции**

**А.Г. Игнатосян**

*Владимирский государственный гуманитарный университет  
[iartiom@mail.ru](mailto:iartiom@mail.ru)*

*Ключевые слова:* кровоток, оксид азота, гемодинамика

Анализ данных литературных источников показывает, что количество работ, посвященных изучению внутрисистемных сложных и многогранных процессов и их взаимосвязей в сердечно-сосудистой системе, отражающих состояние системы периферической гемодинамики и адекватное реагирование на это состояние сердечной деятельности при различных внешних и внутренних условиях, очень ограничено. А уже в имеющейся литературе встречается противоречивая информация по показателям, характеризующим состояние сердечно-сосудистой системы у подростков относительно такого важного фактора, как половое различие [4, 8, 15].

Детский и подростковый возраст характеризуется специфическим нейрогуморальным профилем, регуляцией сосудистого тонуса, механизмы которого находятся в корреляционной зависимости от изменяющихся с возрастом гормональных влияний, процессов роста и развития артериальной системы [6]. Некоторые авторы указывают на то, что возрастные изменения периферического звена системы кровообращения сводятся к уменьшению растяжимости сосудистой стенки, повышению ее тонуса и снижению пульсового кровенаполнения по мере роста и развития организма [2, 16].

Многие авторы рассматривают параметры, характеризующие состояние автономной нервной системы относительно модуляции сердечной деятельности [9, 13, 14]. Однако известно, что деятельность периферической гемодинамики, особенно при экзогенных влияниях, также регулируется автономной нервной системой [1, 12, 16, 17].

Исследования последних десятилетий в сфере регуляторных систем гемодинамики показали значимость NO-ергической системы. Непосредственно участвуя в регуляции тонуса сосудов и в регуляторных



механизмах ЦНС [11, 18, 19], она является одним из важных звеньев сложных адаптивных процессов организма. Этим объясняется актуальность исследования этой системы в функциональных условиях и выявление ее возможного участия в механизмах, направленных на поддержание гомеостаза в сердечно-сосудистой системе.

В работе были использованы методы реофазографии, кардиоритмографии и косвенная оценка концентрации оксида азота по определению его метаболитов – нитратов и нитритов в конденсате выдыхаемого воздуха с учетом проведения холодовой пробы. Исследование проводилось в группе подростков, находящихся на IV-V стадии полового развития. У лиц с разным типом вегетативной сердечной деятельности выявлены неоднотипные реакции периферической гемодинамики на холодовое воздействие.

Целью работы было выявление особенностей регуляторных механизмов периферической гемодинамики в кистях опосредовано через NO-ергическую систему.

### Материал и методы

Обследовано 74 практически здоровых учащихся школы-интерната №1 г. Владимира в возрасте 15-16 лет (38 девочек 36 мальчиков). Отбор подростков в экспериментальную группу проводили с использованием опросника ISAAC, что позволило исключить учащихся с признаками бронхиальной астмы и воспалительными состояниями верхних дыхательных путей.

Периферическое кровообращение исследовалось с помощью реовазографии. Анализировались следующие расчетные параметры: реографический индекс (РИ, у.е.), максимальная скорость быстрого наполнения ( $V_{\text{макс}}$ , Ом/сек), средняя скорость медленного наполнения ( $V_{\text{ср}}$ , Ом/сек) и индекс Симонсона (ИВО-Сим, %). Исследование проводилось на шестиканальном реографе фирмы «НейроСофт» (г. Иваново).

Для определения типа вегетативной регуляции использовался метод кардиоритмографии с анализом вариабельности ритма сердца. Основным признаком для деления на группы служил показатель LF/HF (у.е.) – индекс вагосимпатического воздействия на сердечный ритм. Исследовались также другие параметры временного и спектрального анализа вариабельности сердечного ритма: средняя длительность интервалов R-R (RRNN, мс), общая мощность спектра или полный спектр частот, характеризующих вариабельность ритма сердца (total power – TP, мс<sup>2</sup>), мощность высокочастотных колебаний (HF, мс<sup>2</sup>), мощность низкочастотных колебаний (LF, мс<sup>2</sup>), мощность сверхнизкочастотных колебаний (VHF, мс<sup>2</sup>). В данной методике использовался прибор «Полиспектр-Ритм» фирмы «НейроСофт» (г. Иваново).



Динамику оксида азота оценивали по методике измерения суммарной концентрации конечных метаболитов оксида азота – нитратов/нитритов в конденсате выдыхаемого воздуха с помощью фотометрического определения по методу Грисса. Для восстановления нитратов до нитритов использовался кадмиевый редуктор [10].

Все исследования проводились с учетом холодовой пробы для анализа динамики параметров – выявления особенностей реакции организма на холодовой стресс. Проба проводилась в положении сидя. Испытуемые держали кисти в воде с температурой «тающего льда» (3-4°C) в течение одной минуты. Целью проведения холодовой пробы явилось моделирование ситуации влияния неблагоприятных низких температур на открытые участки тела, в данном случае – на кисти.

Для статистической обработки результатов исследований применялась специализированная программа «Статистика» и «Microsoft Excel». Среднегрупповые значения показателей (М) представлены с указанием вариационного разброса значений каждого показателя ( $\pm s$ ). Достоверность межгрупповых различий определялась по t-критерию Стьюдента.

## Результаты и обсуждение

Становление основных параметров гемодинамики связано не только с возрастными, но и с половыми особенностями [5], поэтому первым этапом анализа полученных данных явилась интерпретация показателей в группах подростков мужского и женского пола.

Зарегистрированные в состоянии относительного покоя (фоновая проба) показатели периферического кровотока конечностей, вариабельности сердечного ритма и суммарная концентрация конечных метаболитов оксида азота в конденсате выдыхаемого воздуха анализировались отдельно в группах мальчиков и девочек (табл.1).

Как видно из таблицы, достоверные половые отличия обнаружены по нескольким показателям:

Отсутствие достоверных изменений по основным реографическим показателям, за исключением скоростных ( $V_{\text{макс}}$ , Ом/сек;  $V_{\text{ср}}$ , Ом/сек), свидетельствует о том, что уровень кровенаполнения в состоянии покоя, как наиболее стабильный показатель, определяющий устойчивость метаболических процессов, к этому возрасту является достаточно сформированным [3].

Повышенное значение параметра ТР свидетельствует о том, что у мальчиков регуляции и модуляции деятельности сердечно-сосудистой системы выражены в большей степени его централизацией, по сравнению с девочками, у которых характерен автономный контур саморегулирования гемодинамической системы.



Таблица 1

*ВРС, РВГ параметры и концентрации  $\text{NO}_3\text{-NO}_2$  в КВВ в группе мальчиков и девочек в состоянии покоя (фоновая проба)*

| Показатели                           | Мальчики (n=36) | Девочки (n=38) | Достоверность отличий |
|--------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| РИ, у.е.                             | 0.62±0.19       | 0.72±0.16      | p≤0.2                 |
| ИВО-Сим, %                           | 46.7±11.6       | 58.8±5.64      | p≤0.4                 |
| V <sub>макс</sub> , Ом/с             | 0.86±0.28       | 1.12±0.29      | p≤0.009               |
| V <sub>ср</sub> , Ом/с               | 0.49±0.18       | 0.66±0.16      | p≤0.008               |
| LF/HF, у.е.                          | 1.21±0.22       | 1.46±0.53      | p≤0.2                 |
| RRNN, мс                             | 789.2±94.9      | 749.31±89.59   | p≤0.1                 |
| TP, мс <sup>2</sup>                  | 3740.73±1498.87 | 2705.23±922.05 | p≤0.04                |
| VLF, мс <sup>2</sup>                 | 839.70±319.20   | 858.200±326.20 | p≤0.9                 |
| LF, мс <sup>2</sup>                  | 1133.12±443.6   | 794.32±382.01  | p≤0.1                 |
| HF, мс <sup>2</sup>                  | 1582.68±593.52  | 1051.84±479.84 | p≤0.06                |
| $\text{NO}_3\text{-NO}_2$ ,<br>мкм/л | 4.35±1.15       | 3.55±1.12      | p≤0.04                |

Что касается суммарной концентрации нитратов/нитритов (мкм/л), значение данного параметра достоверно выше в группе мальчиков (pJ0.04). Преобладание концентрации оксида азота у мальчиков, возможно, обусловлено глубокими механизмами, обеспечивающими морфофункциональные различия в подростковом возрасте у обоих полов. Согласно выводам относительно уменьшения растяжимости сосудистой стенки и повышения ее тонуса по мере роста и развития организма, пониженная концентрация оксида азота в группе девочек, очередной раз свидетельствует о более интенсивных темпах формирования организма, что определяет оптимальный уровень кровообращения у девочек по сравнению с мальчиками.

Дальнейшему анализу исследуемые показатели подверглись в отдельных группах (у мальчиков и девочек) до и после проведения холодовой пробы (табл. 2).

Несмотря на утверждение, что темпы формирования женского организма протекают более интенсивно, чем у мальчиков, и, следова-



Таблица 2

*РВС, РВГ параметры и концентрация NO<sub>3</sub>-NO<sub>2</sub> в группе мальчиков и девочек до и после холодовой пробы*

| Показатели                               | Мальчики в покое | Мальчики после ХП | Досто-<br>верность<br>отличий | Девочки в покое | Девочки после ХП | Досто-<br>верность<br>отличий |
|------------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|-------------------------------|
| РИ, у.е.                                 | 0.62±0.19        | 0.82±0.18         | p≤0.01                        | 0.72±0.16       | 0.95±0.21        | p≤0.005                       |
| ИВО-Сим, %                               | 46.7±11.6        | 112.81±40.44      | p≤0.0003                      | 58.8±15.64      | 68.81±16.36      | p≤0.009                       |
| V <sub>макс</sub> , Ом/с                 | 0.86±0.28        | 1.33±0.51         | p≤0.004                       | 1.12±0.29       | 1.31±0.21        | p≤0.04                        |
| V <sub>ср</sub> , Ом/с                   | 0.49±0.18        | 0.89±0.34         | p≤0.005                       | 0.66±0.16       | 0.77±0.16        | p≤0.05                        |
| LF/HF, у.е.                              | 1.21±0.22        | 2.07±0.55         | p≤0.006                       | 1.46±0.53       | 1.96±0.30        | p≤0.02                        |
| RRNN, мс                                 | 789.2±94.9       | 822.53±98.91      | p≤0.3                         | 749.31±89.59    | 752.35±81.42     | p≤0.9                         |
| TP, мс <sup>2</sup>                      | 3740.73±1498.87  | 8795.10±425.26    | p≤0.0006                      | 2705.23±922.05  | 3520.35±1432.16  | p≤0.12                        |
| VLF, мс <sup>2</sup>                     | 839.70±319.20    | 2600.84±1036.00   | p≤0.03                        | 858.20±326.20   | 1313.84±366.54   | p≤0.01                        |
| LF, мс <sup>2</sup>                      | 1133.12±443.6    | 2314.71±470.26    | p≤0.0006                      | 794.32±382.01   | 1466.57±685.50   | p≤0.01                        |
| HF, мс <sup>2</sup>                      | 1582.68±593.52   | 3571.20±1389.12   | p≤0.03                        | 1051.84±479.84  | 1301.76±511.50   | p≤0.3                         |
| NO <sub>3</sub> -NO <sub>2</sub> , мкм/л | 4.35±1.15        | 4.73±2.20         | p≤0.5                         | 3.55±1.12       | 4.00±1.74        | p≤0.3                         |

тельно, механизмы, обеспечивающие адаптацию периферической гемодинамики на экзогенные воздействия, оптимальны у девочек, анализ полученных данных показал, что реакция периферического кровотока на холодовое воздействие у обоих полов одинакова. И у девочек, и у мальчиков после температурного воздействия происходит достоверное увеличение всех РВГ параметров, что, возможно, свидетельствует о сформированности механизмов терморегуляции и теплового обмена между артериальной и венозной кровью у обоих полов. Однако динамика параметров, характеризующих структуру сердечного ритма, свидетельствует о том, что у мальчиков функциональная система, деятельность которой направлена на поддержание гомеостаза в гемодинамической системе, более подвержена экзогенным влияниям в виде низких температур.

Что касается динамики метаболитов оксида азота, его изменения не были достоверны ни в одной группе. Этот факт можно объяснить тем, что существующая на сегодняшний день методика косвенной оценки концентрации оксида азота отражает его содержание во всей сердечно-сосудистой системе, и отнести полученное в результате исследования количество NO именно к оксиду азота, синтезируемого непосредственно в эндотелии периферических сосудов, не представляется возможным.



Следующим этапом интерпретации полученных данных явилось изучение параметров всех исследуемых систем в отдельных группах мальчиков и девочек с разными типами вегетативной регуляции. В результате анализа кардиоритмографических параметров было выявлено, что в группе мальчиков основную часть (88.8%) составили ваготоники, незначительный процент симпатикотоники (11.1%) и эйтоники (11.1%). В группе девочек процентное соотношение лиц с различным типом регуляции выглядело следующим образом: ваготоники – 57.8%, симпатикотоники – 31.5%, эйтоники – 10.7%. Дальнейшая статистическая обработка была проведена в группах мальчиков-ваготоников ( $n=28$ ), девочек-ваготоников ( $n=22$ ) и девочек-симпатикотоников ( $n=12$ ), выборка остальных групп была статистически незначимой. Данный факт можно объяснить тем, что в пубертатном возрасте морфофункциональное развитие звеньев центральной нервной системы у девочек опережает те же показатели у мальчиков.

Таблица 3

*ВРС, РВГ параметры и концентрация  $NO_3-NO_2$  в КВВ в группе мальчиков-ваготоников до и после холодовой пробы*

| Показатели           | Группа мальчиков-ваготоников ( $n=28$ ) |                       | Достоверность отличий |
|----------------------|-----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                      | до холодовой пробы                      | после холодовой пробы |                       |
| РИ, у.е.             | $0.63 \pm 0.20$                         | $0.83 \pm 0.35$       | $p \leq 0.09$         |
| ИВО-Сим, %           | $42.93 \pm 10.11$                       | $87.67 \pm 25.33$     | $p \leq 0.007$        |
| $V_{max}$ , Ом/с     | $0.87 \pm 0.26$                         | $1.23 \pm 0.31$       | $p \leq 0.01$         |
| $V_{ср}$ , Ом/с      | $0.50 \pm 0.10$                         | $0.66 \pm 0.23$       | $p \leq 0.07$         |
| RRNN, мс             | $801.80 \pm 103.19$                     | $834.90 \pm 105.26$   | $p \leq 0.4$          |
| LF/HF, у.е.          | $1.18 \pm 0.16$                         | $0.80 \pm 0.37$       | $p \leq 0.002$        |
| TP, мс <sup>2</sup>  | $4365.46 \pm 1165.49$                   | $5921.82 \pm 2461.41$ | $p \leq 0.2$          |
| VLF, мс <sup>2</sup> | $644.66 \pm 243.18$                     | $2492.75 \pm 1166.63$ | $p \leq 0.005$        |
| LF, мс <sup>2</sup>  | $1109.61 \pm 342.02$                    | $1789.45 \pm 523.40$  | $p \leq 0.02$         |
| HF, мс <sup>2</sup>  | $806.23 \pm 303.02$                     | $1010.48 \pm 260.74$  | $p \leq 0.2$          |
| $NO_3-NO_2$ , мкм/л  | $4.84 \pm 0.75$                         | $5.29 \pm 2.00$       | $p \leq 0.2$          |

Результаты исследования, приведенные в табл. 3 – 5, наглядно демонстрируют, что по сравнению с группой девочек-ваготоников в группе мальчиков-ваготоников наблюдается достоверное увеличение некоторых реовазографических параметров. Реографический индекс, характеризующий артериальное кровенаполнение, достоверно выше в группе девочек-ваготоников по сравнению с аналогичной группой мальчиков и группой девочек-симпатикотоников. Это объясняется модули-



рующим влиянием парасимпатического отдела автономной нервной системы на периферические сосуды крупного калибра и особенно заметно в группе ваготоников. Венозный отток, характеризующийся параметром ИВО – Сим (%), повышен в группе симпатикотоников, что является причиной тонического влияния симпатического отдела АНС на вены мелкого и среднего калибра.

Таблица 4

*ВРС, РВГ параметры и концентрация  $NO_3-NO_2$  в КВВ в группе девочек-ваготоников до и после холодовой пробы*

| Показатели                               | Группа девочек-ваготоников (n=22) |                       | Достоверность отличий |
|------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                          | до холодовой пробы                | после холодовой пробы |                       |
| РИ, у.е.                                 | 1.1±0.1                           | 1.16±0.08             | p≤0.1                 |
| ИВО–Сим, %                               | 50.63±14.78                       | 58.30±20.45           | p≤0.4                 |
| V <sub>макс</sub> , Ом/с                 | 1.16±0.24                         | 1.24±0.29             | p≤0.5                 |
| V <sub>ср</sub> , Ом/с                   | 0.68±0.13                         | 0.77±0.21             | p≤0.2                 |
| RRNN, мс                                 | 801.80±103.19                     | 834.90±105.26         | p≤0.8                 |
| LF/HF, у.е.                              | 1.08±0.60                         | 1.12±0.61             | p≤0.4                 |
| TP, мс <sup>2</sup>                      | 3274.84±1238.77                   | 3675.35±1398.06       | p≤0.6                 |
| VLF, мс <sup>2</sup>                     | 1003.91±228.87                    | 1281.95±216.77        | p≤0.005               |
| NO <sub>3</sub> -NO <sub>2</sub> , мкм/л | 4.37±0.66                         | 5.03±1.09             | p≤0.4                 |

Таблица 5

*ВРС, РВГ параметры и концентрация  $NO_3-NO_2$  в КВВ в группе девочек-симпатикотоников до и после холодовой пробы*

| Показатели                               | Группа девочек-симпатикотоников (n=12) |                 | P     |
|------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|-------|
|                                          | до ХП                                  | после ХП        |       |
| РИ, у.е.                                 | 0.72±0.29                              | 0.78±0.1        | p≤0.6 |
| ИВО_Сим, %                               | 93.41±44.94                            | 62.58±21.39     | p≤0.1 |
| V <sub>макс</sub> , Ом/с                 | 1.03±0.33                              | 1.2±0.24        | p≤0.3 |
| V <sub>ср</sub> , Ом/с                   | 0.6±0.18                               | 0.73±0.14       | p≤0.2 |
| RRNN, мс                                 | 689.43±63.85                           | 696.83±71.61    | p≤0.8 |
| LF/HF, у.е.                              | 4.08±1.44                              | 4.05±2.3        | p≤0.9 |
| TP, мс <sup>2</sup>                      | 2776.82±1215.27                        | 2526.94±1082.95 | p≤0.9 |
| VLF, мс <sup>2</sup>                     | 548.6±267.83                           | 780.99±221.84   | p≤0.2 |
| LF, мс <sup>2</sup>                      | 510.12±57.36                           | 671.13±175.92   | p≤0.7 |
| HF, мс <sup>2</sup>                      | 265.40±92.66                           | 367.50±59.0     | p≤0.2 |
| NO <sub>3</sub> -NO <sub>2</sub> , мкм/л | 2.26±0.19                              | 3±1.4           | p≤0.2 |



В кардиоритмографических параметрах единственное отличие между исследуемыми группами состоит в достоверном изменении показателя индекса вагосимпатического воздействия на сердечный ритм, который достоверно уменьшается в группе мальчиков-ваготоников. Возможно, этот факт очередной раз доказывает, что функциональные системы, регулирующие и поддерживающие сердечно-сосудистый гомеостаз в этом возрасте в женском организме, действуют сбалансированно.

Как и в группе девочек-ваготоников, в группе девочек-симпатикотоников не наблюдается достоверных изменений параметров периферического кровообращения и вариабельности сердечного ритма.

Возможно, это связано с тем, что реактивность физиологических и функциональных систем организма в большей степени зависит от полового фактора, чем от особенностей формирования и влияния регуляторных механизмов автономной нервной системы на поддержание сердечно-сосудистого гомеостаза [4].

На основании проведенных обследований можно сделать следующие выводы:

- Выявлены половые различия в показателях периферического кровообращения, вариабельности сердечного ритма и концентрации метаболитов NO в конденсате выдыхаемого воздуха. У мальчиков по сравнению с девочками все вышеперечисленные показатели менее устойчивы к влиянию экзогенных факторов в виде холодовой пробы.
- Стабильность гемодинамики и механизмов его регуляции у девочек свидетельствует о более интенсивных темпах формирования организма, что определяет оптимальный уровень кровообращения, выражающийся в меньшей степени его централизации и более высоким уровнем активности парасимпатического звена.
- У мальчиков и девочек старшего школьного возраста при кратковременных влияниях низких температур сердечная деятельность практически не отражается на механизмах, направленных на поддержание гомеостаза в геодинамической системе. Механизм поддержания гомеостаза без участия сердечной деятельности (изменение ЧСС или силы сердечных сокращений), которая могла бы быть дополнительной нагрузкой на сосудистую систему, является более экономичным.
- Апробированная в исследовании методика определения концентрации оксида азота в конденсате выдыхаемого воздуха не выявила достоверных взаимосвязей между концентрацией конечных метаболитов NO до и после холодовых нагрузок и тоническим состоянием периферических сосудов, это, возможно, связано с тем, что полученные результаты отражают сум-



марную концентрацию оксида азота всей сердечно-сосудистой системы, являясь лимитирующим фактором при использовании этой методики для оценки молекулярных механизмов гемодинамики определенных сосудистых областей.

*Поступила 05.11.08*

**Տեղային արյան հոսքի կարգավորման մեխանիզմների առանձնահատկությունները հիպոթերմիայի ժամանակ՝ տարբեր տիպի վեգետատիվ կարգավորմամբ դեռահասների մոտ**

**Ա. Գ. Իգնատոսյան**

Աշխատանքում օգտագործվել են ռեոֆազոգրաֆիայի, կարդիոռիթմոգրաֆիայի և արտաշնչած օդի կոնդենստում ազոտի օքսիդի մետաբոլիտներ՝ նիտրատների և նիտրիտների կոնցենտրացիայի որոշման մեթոդները: Հետազոտությունները կատարվել են սեռական հասունացման IV-V փուլերում գտնվող 15-16 տարեկան դեռահասների խմբում (38 աղջիկ, 36 տղա): Սրտի տարբեր վեգետատիվ տիպի գործունեություն ունեցող անձանց մոտ դրսևորվել են սառեցման նկատմամբ ծայրամասային հեմոդինամիկայի ոչ միանման ռեակցիաներ:

**Peculiarities of local blood flow regulatory mechanisms in teenagers with various types of vegetative regulation at hypothermia**

**A. G. Ignatsoyan**

In the present study the methods of reophaseography and cardiorhythmography have been used. An indirect assessment is also given for estimation of the nitrogen oxide concentration, its metabolites, such as nitrates, and nitrites in the condensate of the air at expiration with consideration of the cold probe. Studies were carried out in a group of teenagers (38 girls and 36 boys) of 15-16 years old at the IV-V stages of sexual maturation. Non-typical reactions of peripheric hemodynamics towards cold effect were observed at population with different types of vegetative cardiac activity.

The aim of this work has been to clarify the peculiarities of regulatory mechanisms of peripheric hemodynamics via NO-ergic system.



## Литература

1. Агаджанян Н.А., Тель Л.З., Циркин В.И. и др. Физиология человека/Под. ред. Агаджаняна Н.А., Циркина В.И. СПб., 2000.
2. Алексеев О.В. Микроциркуляторный гомеостаз. Гомеостаз/Под. ред. Горизонтова П.Д. М., 1981, с. 419-460.
3. Безобразова В.И., Догаткина С.Б. Возрастные особенности развития кровообращения головного мозга и конечностей у детей 15-17 лет. Альманах «Новые исследования». 2003, 1(4), с. 200-207.
4. Безруких М.М. Регуляция сердечного ритма у подростков с различными типами полового созревания. Новые исследования по возрастной физиологии. 1982, 1, с.13-18.
5. Безруких М.М., Фарбер Д.А. Физиология развития. ИВФ РАО, 2001.
6. Бисярина В.П., Яковлев В.М., Кукся П.Я. Артериальные сосуды и возраст. М., 1984.
7. Бисярина В.П., Яковлев В.М., Кукся П.Я. Сравнительная оценка некоторых функциональных показателей артериальных сосудов и периферической гемодинамики у здоровых подростков и лиц молодого возраста. Педиатрия, 1981, 3, с. 56.
8. Галеев А.Р., Игишева Л.Н., Казин Э.М. Вариабельность сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6-16 лет. Физиология человека, 2002, т. 28, 4, с. 54-58.
9. Коптюх О.П. Нормированные показатели вариационной пульсометрии как средство повышения аналитической мощности математического анализа сердца в возрастной физиологии человека. В кн.: Возрастные особенности физиологических систем детей и подростков. Тез. IV Всесоюзной конференции. Физиология развития человека, М., 1990.
10. Круглов С.В., Амелин В.Г., Ларионов Х.П. Патент на изобретение № 2161303 редуков нитратов. 27.12.2000 г.
11. Марков Х.М. Роль оксида азота в патогенезе болезней детского возраста. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2000, 4, с. 43-47.
12. Нормальная физиология./Под ред. Судакова К.В., М., 2008.
13. Плышевская Е.В. Функциональные особенности сердечной деятельности школьников 15-16 лет. Дис. канд.биол.наук. Владимир, 2003.
14. Рублева Л.В. Развитие основных функций миокарда детей 15 лет, проживающих в различных экологических условиях. Дис. канд. биол. наук. М., 1999.
15. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая, Спортивная. Возрастная. М., 2005.
16. Тупицын И.О. Возрастная динамика и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы школьников. Научно-исслед. ин-т. физиологии детей и подростков. Акад. пед. наук СССР. 1985.
17. Тупицын И.О. Возрастные особенности реактивности сердечно-сосудистой системы на физические нагрузки умеренной мощности. Физиология человека, 1983, т. 9, 1, с. 50-57.
18. Martin J., Rodrigues-Martinez M.A. Role of vascular nitric oxide physiological and pathological conditions. Pharmacol. Ther., 1997, 9.
19. Walford G., Loscalzo J. Nitric oxide in vascular biology. J. Thromb. Headmost., 2003, 1(10), p.2112-2118.