

УДК 616-085.33: 617.751.9

І. В. Редька, к.б.н., докторант

Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна,
кафедра фізіології людини і тварин, пл. Свободи, 4, Харків, 61007, Україна

ВЕГЕТАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СКЛАДНОЇ СЛУХОВО-МОТОРНОЇ РЕАКЦІЇ У ХЛОПЧИКІВ З ЗОРОВИМИ ДИСФУНКЦІЯМИ

Здійснено порівняльний аналіз варіабельності серцевого ритму (ВСР) 8–12-річних хлопчиків з нормальним зором та зоровими дисфункціями в умовах спокою та слухово-моторної інтеграції. Встановлено, що зміни ВСР більш притаманні хлопчикам з вродженими зоровими дисфункціями та посилюються в умовах слухово-моторної інтеграції. Виявлено зниження функціональних резервів вегетативної регуляції при зорових дисфункціях.

Ключові слова: зорові дисфункції, ВСР, складна слухово-моторна реакція.

Роль видимого діапазону світла в процесах зорової перцепції та циркадних механізмах регуляції фізіологічних функцій є загально визнаною. Нещодавнє відкриття третього типу фоторецепторів – меланопсин-експресуючих гангліозних клітин – і встановлення їх церебральних проекцій доводять можливість наявності фізіологічних ефектів світла, що відмінні від циркадної синхронізації та перцептивних процесів [9; 15]. Ключову роль у реалізації цих ефектів світла відіграють вищі вегетативні центри (гіпоталамо-гіпофізарна система) [7; 9].

Зазначене дозволяє припустити, що зорові дисфункції можуть супроводжуватися змінами у вегетативній регуляції фізіологічних функцій внаслідок: 1) зниженого притоку зорової аферентації до гангліозних клітин сітківки, які безпосередньо модулюють активність вищих вегетативних центрів через ретино-гіпоталамічні та ретино-гіпофізарні проекції й генікуло-гіпоталамічний шлях [7; 9; 11]; 2) постійного психоемоційного напруження осіб з зоровими дисфункціями, зумовленого соціально-побутовими та психологічними чинниками [2; 13].

Комплексна характеристика вегетативної регуляції передбачає оцінку вегетативного гомеостазу, реактивності та резервів, при чому дві останні характеристики визначаються при виконанні функціональних навантажень. Зорові дисфункції периферичного генезу внаслідок зниження притоку зорової аферентації знижують ефективність зорових перцептивних процесів, що зумовлює посилення ролі звукових подразників для орієнтації у просторово-часовому континуумі оточуючого середовища. Таким чином, складна слухово-моторна реакція вибору може служити адекватним функціональним навантаженням для оцінки вегетативних резервів і реактивності, а також рівня психоемоційного напруження при зорових дисфункціях.

Відомості щодо особливостей вегетативної регуляції при зорових дисфункціях можуть стати в нагоді при розробці заходів з попередження та корекції вегетативних розладів. Літературні дані з даної проблематики є поодинокими, ґрунтуються переважно на результатах варіаційної пульсометрії за Р.М. Баєвським, станах відносного спокою та фізичного навантаження і мають суперечливий характер [3; 5; 6].

Мета роботи – висвітлення особливостей вегетативного забезпечення складної слухово-моторної реакції у хлопчиків 8–12 років з зоровими дисфункціями.

Матеріали та методи досліджень

У дослідженні прийняло участь 76 хлопчиків 8–12 років, серед яких 27 – нормальнозорі (контроль); 22 – з вродженими (коригована гострота зору для обох очей – $0,14 \pm 0,03$) та 27 – з набутими (коригована гострота зору для лівого та правого ока – $0,70 \pm 0,04$ і $0,56 \pm 0,05$ відповідно) двобічними зоровими дисфункціями.

Дослідження проводилися з дотриманням стандартів Гельсінської декларації (у редакції 2008 р., 2013 р.) за попередньою згодою обстежуваних і письмовою згодою батьків після інформування про цілі, тривалість та процедуру дослідження.

Одним із об'єктивних кількісних методів дослідження вегетативної нервової системи є аналіз варіабельності серцевого ритму (ВСР) [1], який використаний у роботі.

З метою стандартизації умов зорової стимуляції дослідження проводилися у затемненій кімнаті в положенні сидячи з закритими очима. Реєстрація ЕКГ здійснювалася за допомогою відповідного каналу комп'ютерного електроенцефалографа «DX-5000» (НВП «DX-системи», Харків) в умовах спокійного неспанн'я (2,5 хв.) та складної слухово-моторної реакції (2,5 хв.). При слухово-моторній реакції досліджуваному необхідно було натискати великим пальцем правої руки на праву, а лівої руки на ліву кнопку на пульті у відповідь на чистий тон у 500 Гц та 1кГц відповідно. Аналіз параметрів ВСР реалізовано у програмному модулі «*NeuroResearch®-Cardio-Tension-Test® Innovation Suite*» (Інститут Медичної інформатики і Телемедицини, Харків) згідно рекомендацій [1].

Аналізувалися наступні показники ВСР: середня тривалість кардіоциклу (Mean), стандартне відхилення (SDNN), мода (Mo), амплітуда моди (AMo), варіаційний розкид (ΔX), коефіцієнт варіації (CVr), відсоток пар кардіоінтервалів з різницею понад 50 мс (pNN50), сумарна потужність спектру (TP), абсолютна потужність наднизькочастотної (VLF), низькочастотної (LF) та високочастотної (HF) складових спектру, відносна потужність цих складових (відповідно VLF%, LF%, HF%), нормалізована потужність цих складових (LFn, HFn), індекс симпато-вагального балансу (LF/HF), тривалість періоду відповіді вищих вегетативних центрів (VLFt), тривалість барорефлекторної реакції (LFT), ін-

декс централізації (IC), індекс активності підкоркових центрів (IASC), індекс напруження (IH), індекс вегетативної рівноваги (IBP), вегетативний показник ритму (ВІР), показник адекватності процесів регуляції (ПАІР), величина коефіцієнту кореляції після першого зсуву (СС1), число зсувів автокореляційної функції до досягнення значення коефіцієнту кореляції рівного 0 (СС0), перше значення спектральної функції (S_0). Додатково розраховували індекси, запропоновані О.Ю. Майоровим: індекс «тривоги» (IT); індекс «тип реакції тривоги» (ТРТ) [4].

Для міжгрупових порівнянь використовувався критерій «U» Вілксона-Манна-Уїтні, а для внутрішньогрупових порівнянь – критерій «T» Вілксона. Варіаційна статистика представлена у вигляді середнього арифметичного значення.

Результати та їх обговорення

Порівняльний аналіз ВСР в умовах відносного спокою виявив, що достовірні відмінності з контролем спостерігалися лише при вроджених зорових дисфункціях (рис. 1) та полягали у достовірному скороченні тривалості кардіоциклу (на 8,2 %, $P \leq 0,05$). Це свідчить про більш високий рівень функціонування синусово-передсердного вузла. Отже, в умовах відносного спокою вегетативна регуляція хлопчиків з вродженими зоровими дисфункціями характеризується переходом на вищий рівень функціонування.

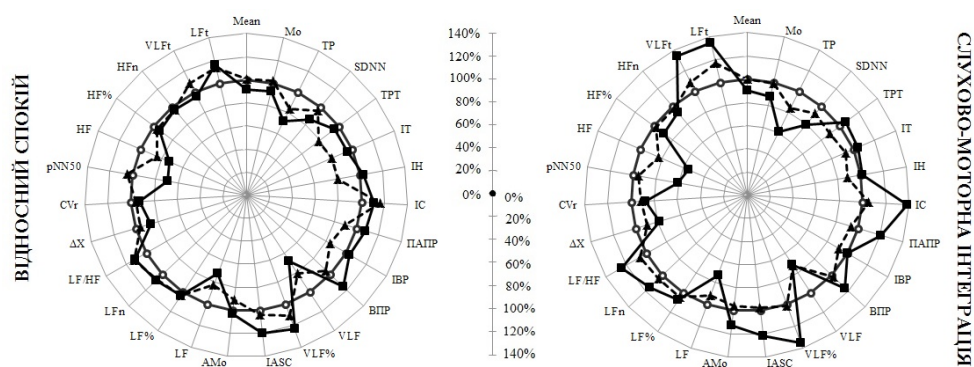


Рис. 1. Профілі вегетативної регуляції серцевого ритму хлопчиків з зоровими дисфункціями

Примітки: точками позначено нормовані середньоарифметичні значення показників ВСР, де за 100 % прийняті значення показників нормальнозорих хлопчиків (контроль); -○- - контроль, --▲-- - набуті зорові дисфункції, -■- - вроджені зорові дисфункції.

Виконання складної слухово-моторної реакції посилює відмінності у вегетативній регуляції серцевого ритму хлопчиків з вродженими зоровими дисфункціями порівняно з іншими групами.

Так, у хлопчиків з вродженими зоровими дисфункціями спостерігалися достовірно нижчі порівняно з контролем (рис. 1) показники Mean (на 10,0 %, $P \leq 0,05$), Mo (на 12,3 %, $P \leq 0,05$), ΔX (на 21,2 %, $P \leq 0,05$), rNN50 (на 39,6 %, $P \leq 0,05$) та вищі показники ІН (на 0,9 %, $P \leq 0,05$), ІТ (на 4,5 %, $P \leq 0,05$), ТРТ (на 6,0 %, $P \leq 0,05$), ВПР (на 16,3 %, $P \leq 0,05$), СС1 (на 63,7 %, $P \leq 0,05$), СС0 на рис. 1 нет этих показателей (на 250,4 %, $P \leq 0,05$), VLfT (на 33,9 %, $P \leq 0,05$), LFt (на 35,0 %, $P \leq 0,05$). Це свідчить, що при слухово-моторній інтеграції у хлопчиків з вродженими зоровими дисфункціями спостерігався вищий рівень функціонування синусово-передсердного вузла на фоні посилення як активності, так і взаємозв'язку між автономним і центральним контурами регуляції. При цьому на рівні механізмів саморегуляції відбувалося зміщення балансу у бік симпатикотонії. На рівні центральних регуляторних механізмів спостерігалось ослаблення ролі рефлекторних впливів. Як наслідок, у хлопчиків з вродженими зоровими дисфункціями в процесі слухово-моторної інтеграції спостерігався достовірно вищий рівень напруження регуляторних систем.

З нашими результатами корелюють дані інших дослідників [3; 5; 6], які також виявили у дітей із зоровими дисфункціями вищий рівень напруження механізмів регуляції серцевого ритму та посилення симпатичних регуляторних впливів при фізичних навантаженнях, порівняно з нормальнозорими.

Згідно досліджень [12; 14] підвищення складності когнітивного завдання призводить до зменшення чутливості барорецепторів. Показано, що їх чутливість значно знижується при мнемічних завданнях порівняно з завданнями на увагу [14]. Виходячи з цього, виявлений у нашому дослідженні подовжений період барорефлекторної відповіді у хлопчиків з вродженими зоровими дисфункціями під час слухово-моторної інтеграції порівняно з контролем може відображати більш складні нервові процеси мнемічного пошуку адекватної моторної реакції на звуковий подразник та/або прийняття рішення щодо реалізації моторної відповіді.

Відзначимо, що в умовах спокійного неспання відмінностей у регуляції серцевого ритму між хлопчиками з вродженими та набутими зоровими дисфункціями не виявлено. У процесі слухово-моторної інтеграції ВСР при вроджених зорових дисфункціях вирізнялася від такої при набутих зорових дисфункціях більш високими значеннями СС1 (на 38,2 %, $P \leq 0,05$), ПАПР (на 27,21 %, $P \leq 0,05$) та більш низькими значеннями Mean (на 10,5%, $P \leq 0,01$), Mo (на 12,1 %, $P \leq 0,01$) та rNN50 (на 36,5 %, $P \leq 0,05$). Отже, вроджені зорові дисфункції, порівняно з набутими, характеризуються більш високим рівнем функціонування синусово-передсердного вузла; посиленням активності та взаємозв'язку між автономним і центральним контурами регуляції; дисбалансом між рівнем центральних регуляторних впливів і функціонуванням синусово-передсердного вузла.

Встановлено, що у *нормальнозорих хлопчиків* виконання складної слухово-моторної реакції супроводжувалося достовірним зниженням значень СС1 (на 36,2 %, $P \leq 0,001$), ТР (на 9,7 %, $P \leq 0,05$) і LF (на 20,2 %, $P \leq 0,01$). Такі зміни

параметрів ВСР відображають мінімальну реакцію вегетативних систем у відповідь на когнітивне навантаження, а саме: мобілізація функціональних резервів на фоні зниження регуляторних впливів автономного контуру регуляції та абсолютної активності вазомоторного центру. Зазначений тип вегетативного забезпечення слухово-моторної інтеграції адекватний складності виконуваного завдання, що підтверджується відсутністю достовірних змін у значеннях показників рівня напруження регуляторних систем.

Подібною, але менш адекватною виявилася реакція вегетативних систем на складну слухово-моторну реакцію вибору у хлопчиків з набутими зоровими дисфункціями. У них виявлено достовірне збільшення значень ІТ (на 40,8 %, $P \leq 0,05$), ТРТ (на 44,0 %, $P \leq 0,05$) та зниження значень СС1 (на 18,7 %, $P \leq 0,01$). Зазначене свідчить про ослаблення механізмів саморегуляції та посилення центральних гуморальних регуляторних впливів на серцевий ритм, що супроводжується збільшенням рівня напруження механізмів вегетативної регуляції.

У хлопчиків з вродженими зоровими дисфункціями виконання складної слухово-моторної реакції супроводжувалося достовірним зниженням значень Мо (на 5,6 %, $P \leq 0,05$), ТР (на 23,5 %, $P \leq 0,05$), НФ (на 28,5 %, $P \leq 0,05$) та збільшенням значень АМо (на 14,7 %, $P \leq 0,05$), ІТ (на 33,3 %, $P \leq 0,05$), ТРТ (на 40,1 %, $P \leq 0,05$), ПАПР (на 21,7 %, $P \leq 0,01$) і VLFt (на 65,2 %, $P \leq 0,05$). З цього можемо дійти висновку, що слухово-моторна інтеграція у хлопчиків з вродженими зоровими дисфункціями пов'язана зі значними змінами вегетативної регуляції серцевого ритму, про що свідчить перехід на більш високий рівень функціонування синусово-передсердного вузла. Зазначений стан супроводжується мобілізацією функціональних резервів за рахунок посилення вкладу центральних нервових і гуморальних регуляторних впливів. Це відбувається на фоні зниження активності парасимпатичної нервової системи, а також уповільнення рефлекторних відповідей серцево-судинного підкоркового центру. Такі вегетативні регуляторні зміни відповідно до виявленого збільшення значень ПАПР свідчать про невідповідність рівня активності центральних механізмів регуляції пейсмейкерній активності синусово-передсердного вузла.

Виявлене у хлопчиків з різним станом зорової функції зниження загальної абсолютної спектральної потужності та потужності окремих частотних складових під час виконання складної слухово-моторної реакції узгоджується з даними про подібну динаміку спектральних показників (особливо ТР і LF) при виконанні когнітивних задач, у т.ч. і слухових, у зрячих дорослих [16]. Утім є й протилежні дані, щодо достовірного зниження HFn і підвищення LFn [17] при виконанні простої слухово-моторної реакції зрячими дорослими та підвищення LFn і LF/HF під час складної слухово-моторної реакції в умовах дихотичного прослуховування [10]. Однак, в жодній досліджуваній групі хлопчиків не виявлено достовірних змін нормалізованих величин високочастотних і низькочастотних складових регуляторних впливів під час навантаження.

Отримані результати вказують на вищий рівень психоемоційного напруження хлопчиків з зоровими дисфункціями в змодельованих умовах слухово-моторної інтеграції, що є невід'ємною частиною їх повсякденної діяльності. Зниження притоку зорової аферентації до церебральних структур і тривалий стан психоемоційного напруження створюють передумови розвитку вегетативних дисфункцій і психосоматичної патології при зорових дисфункціях, а тому доцільним є впровадження відповідних корекційно-реабілітаційних заходів у навчально-виховний процес спеціалізованих закладів освіти.

Висновки

1. У хлопчиків з вродженими зоровими дисфункціями спостерігається нижчий функціональний стан вегетативної регуляції, що доповнюється вищим напруженням регуляторних систем внаслідок централізації управління в умовах сенсорно-моторної інтеграції.
2. Хлопчики з вродженими зоровими дисфункціями характеризуються підвищеною вегетативною реактивністю та зниженням функціональних резервів порівняно з хлопчиками з набутими зоровими дисфункціями та нормальнорозумними.
3. Виявлено об'єктивні маркери психоемоційного напруження хлопчиків з зоровими дисфункціями при слухово-моторній інтеграції – більш високі значення індексів напруження (ІН) та тривоги (ІТ).

Список використаної літератури

1. *Анализ* вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин и др. // *Вестник аритмологии*. – 2001. – № 24. – С. 65–87.
2. *Белинский А. В.* Психологические особенности инвалидов по зрению. Монография / А. В. Белинский, В. А. Момот – Москва: РИЦ МГОПУ им. М. А. Шолохова, 2006. – 184 с.
3. *Кокорева Е. Г.* Возрастные особенности регуляции сердечного ритма у детей дошкольного и младшего школьного возраста с нарушением зрения / Е. Г. Кокорева // *Вестник Южно-Уральского государственного университета: Образование, здравоохранение, физкультура и спорт*. – № 5 (б). – 2003. – С. 99–102.
4. *Майоров О. Ю.* Некоторые методические и методологические подходы к математическому анализу сердечного ритма в условиях эмоционально-напряженной деятельности и эмоционального стресса / О. Ю. Майоров // *Диагностика здоровья: Сб. науч. тр.* – Воронеж, 1990. – С. 137–144.
5. *Макарова И. М.* Особенности функционального состояния кардиореспираторной системы школьников 8–16 лет с нарушением зрения (в условиях относительного покоя и при физических нагрузках): автореф. дис. ... канд. мед. наук : 03.00.13. – Тюмень, 2006. – 22 с.
6. *Редька І. В.* Функціональний стан кардіореспіраторної системи слабозорих дітей. Монографія / Редька І. В. – Херсон: Видавництво «Айлант». – 2011. – 172 с.
7. *Федорова К. П.* Организация связей сетчатки и наружного коленчатого тела с гипоталамусом у кошки / К. П. Федорова // *Архив анатомии, гистологии и эмбриологии*. – 1977. – № 11. – С. 42–47.
8. *Hattar S.* Melanopsin-containing retinal ganglion cells: Architecture, projections, and intrinsic photosensitivity / *Hattar S., Liao H.W., Takao M., Berson D.M., Yau K.W.* // *Science*. – 2002. – Vol. 295 (5557). – P. 1065–1070.
9. *Horvath T. L.* An Alternate Pathway for Visual Signal Integration into the Hypothalamo-Pituitary Axis: Retinorecipient Intergeniculate Neurons Project to Various Regions of the Hypothalamus and Innervate Neuroendocrine Cells Including Those Producing Dopamine / *T. L. Horvath* // *J. Neurosci.* – 1998. – Vol. 18 (4). – P. 1546–1558.
10. *Ishibashi K.* Effects of mental task on heart rate variability during graded head-up tilt / *K. Ishibashi, S. Ueda, A. Yasukouchi* // *Appl. Human Sci.* – 1999. – Vol. 18 (6). – P. 225–231.

11. *Knoche H.* [The connection of the retina with the autonomic centers of the midbrain and pituitary] / H. Knoche // *Verh. Anat. Ges.* – 1956. – Vol. 53–54. – P. 140–148. [Article in German]
12. *Mulder G.* Information processing and cardiovascular control / G. Mulder, L. J. M. Mulder // *Psychophysiology.* – 1981. – Vol. 18. – P. 392–402.
13. *Rees G.* Self-management programs for adults with low vision: needs and challenges / G. Rees, C. L. Saw, E. L. Lamoureux, J. E. Keffe // *Patient Educ. Couns.* – 2007. – Vol. 69 (1-3). – P. 39–46.
14. *Reyes del Paso G. A.* Baroreceptor sensitivity and effectiveness varies differentially as a function of cognitive-attentional demands / G. A. Reyes del Paso, I. Gonzalez, J. A. Hernandez // *Biol. Psychol.* – 2004. – Vol. 67. – P. 385–395.
15. *Ross M. J.* The impact of modulated, colored light on the autonomic nervous system / M. J. Ross, P. Guthrie, J. C. Dumont // *Adv. Mind. Body. Med.* – 2013. – Vol. 27 (4). – P. 7–16.
16. *Tripathi K. K.* Attentional modulation of heart rate variability (HRV) during execution of PC based cognitive tasks / K. K. Tripathi, C. R. Mukundan, T. Lazar Mathew // *IJASM.* – 2003. – Vol. 47 (1). – P. 1–10.
17. *Wood R.* Short-term heart rate variability during a cognitive challenge in young and older adults / R. Wood, B. Maraj, C. M. Lee, R. Reyes // *Age and Ageing.* – 2002. – Vol. 31. – P. 131–135.

Стаття надійшла до редакції 18.02.2015

И. В. Редька

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, кафедра физиологии человека и животных, пл. Свободы, 4, Харьков, 61007, Украина

**ВЕГЕТАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЛОЖНОЙ
СЛУХОВО-МОТОРНОЙ РЕАКЦИИ У МАЛЬЧИКОВ
СО ЗРИТЕЛЬНЫМИ ДИСФУНКЦИЯМИ**

Резюме

Проведен сравнительный анализ variability сердечного ритма (BCP) 8–12-летних мальчиков с нормальным зрением и зрительными дисфункциями в условиях покоя и слухово-моторной интеграции. Установлено, что изменения BCP преимущественно характерны для мальчиков с врожденными зрительными дисфункциями и усиливаются в условиях слухово-моторной интеграции. Выявлено снижение функциональных резервов вегетативной регуляции при зрительных дисфункциях.

Ключевые слова: зрительные дисфункции, BCP, сложная слухово-моторная реакция.

I. V. Redka

Kharkiv National Karazin University, Department of Human and Animals Physiology, 4, Svobody Sq., 61022, Kharkiv, Ukraine

**VEGETATIVE SUPPORT OF AUDITORY-MOTOR CHOICE
REACTION IN BOYS WITH VISUAL DYSFUNCTIONS**

Summary

The comparative analysis of heart rate variability (HRV) between 8-12 year old boys with normal vision and visual dysfunction at resting state and auditory-motor integration was performed. It was found that changes of HRV are more characteristic for boys with congenital visual dysfunction. These changes are amplified during auditory-motor integration. It was established that boys with visual dysfunctions have functional reserves reduction of the autonomic regulation.

Key words: visual dysfunction, HRV, auditory-motor choice reaction.