
ПОРУШЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ОСНОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ ТА ОЦІНКА АДАПТАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗМУ ПІДЛІТКІВ ІЗ ОЖИРІННЯМ ЯК ФАКТОРИ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ХАРАКТЕР І СПРЯМОВАНІСТЬ ЗАХОДІВ ФІЗИЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ

Ірина Жарова

Аннотація. Дана характеристика одному из факторов ожирения (нарушению деятельности основных функциональных систем) и оценка адаптационным возможностям организма, которые определяют характер и направленность реабилитационных мероприятий у подростков с первичным экзогенно-конституциональным ожирением. При исследовании вариабельности сердечного ритма у подростков зарегистрированы статистические и геометрические показатели с вычислением индекса напряжения, исходного вегетативного тонуса и вегетативной реактивности; спектральные компоненты с определением активности подкорковых нервных центров; показатель активности регуляторных систем, а также установлена их корреляционная связь с показателями компонентного состава тела.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, индекс массы тела, первичное конституционально-экзогенное ожирение, физическая реабилитация.

Abstract. One of the factors of obesity (impaired activity of major functional systems) has been characterized; body adaptation capacities determining the character and the direction of rehabilitation measures in adolescents with initial exogenic-constitutional obesity have been assessed. Study of heart rate variability in adolescents has allowed to register statistical and geometrical indices with calculation of tension index, initial vegetative tone and vegetative reactivity; spectral components with determination of the activity of subcortical nervous centres as well as to reveal their correlation with indices of the body component composition.

Keywords: heart rate variability, body mass index, initial exogenic-constitutional obesity, physical rehabilitation.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед гомеостатичних властивостей організму одне з важливих місць посідає вегетативна регуляція, що забезпечує сталість рівнів обміну речовин і енергії в організмі [3, 6]. При ожирінні порушуються адипоцитарно-гіпоталамічні інформаційні взаємозв'язки, сигнальні зв'язки між жировою тканиною і гіпоталамусом, який є центральним інтегруючим органом, в результаті чого відбувається перевищення споживання енергії над затратами. Основною ефекторною ланкою є вегетативна нервова система, стан і ступінь дисрегуляції якої також порушені [1, 4].

Теорія Г. Сельє [9] про загальний адаптаційний синдром описує фазовий характер адаптаційних реакцій і обґрунтовує провідну роль виснаження регуляторних систем при гострих і хронічних стресових впливах у розвитку більшості патологічних станів і захворювань. Система кровообігу може розглядатися як чутливий індикатор адаптаційних реакцій цілісного організму, а вариабельність серцевого ритму

добре відображає ступінь напруги регуляторних систем, що виникає у відповідь на будь-який стресорний вплив [4, 5] та полягає в активації системи гіпофіз-наднирники і реакції симпатoadреналової системи.

Визначення рівня дисрегуляції і ступеня напруги регуляторних систем за допомогою аналізу ритму серця (інтегральний показник стану серцево-судинної системи), дозволить оцінити стан адаптаційних механізмів у підлітків з ожирінням. Отримана інформація допоможе у виборі тактики реабілітаційного лікування і в оцінці його ефективності [7, 8].

Мета дослідження – на підставі аналізу літератури, результатів власних досліджень визначити найбільш інформативні та значущі для підлітків із первинним ожирінням показники, що характеризують фактор порушення діяльності основних функціональних систем та оцінку адаптаційних можливостей організму.

Методи та організація дослідження: загальнонаукові – аналіз, синтез, узагальнення, порівнян-

Таблиця 1 – Показники статистичного аналізу варіабельності серцевого ритму досліджуваних підлітків, $p < 0,05$

Контингент	Статистичний показник	Показник		
		M, с	SD, мс	CV, мс
Група 1	\bar{x}	0,82	50,08	6,02
	S	0,10	4,83	0,46
	m	0,01	0,59	0,06
Група 2	\bar{x}	0,77	54,46	6,63
	S	0,09	5,41	0,69
	m	0,01	0,64	0,08

Таблиця 2 – Розподіл підлітків за типами вихідного вегетативного тону, $p > 0,05$

Контингент	Тип					
	Ваготонія		Ейтонія		Симпатикотонія	
	n	%	n	%	n	%
Група 1	27	41,4	23	34,4	17	24,8
Група 2	28	38,9	38	52,8	6	8,3

ня; клінічні – збір анамнезу, огляд, пальпація; педагогічні – спостереження; інструментальні – метод визначення варіабельності серцевого ритму (ВСР) за допомогою приладу Фазаграф; методи математичної статистики.

В умовах стаціонару нами обстежено 144 підлітки 11–16 років з екзогенно-конституціональним ожирінням, із них для даного обстеження відібрано 68 осіб (група 1), які не отримували терапії з приводу ожиріння і не приймали лікарських препаратів як мінімум за два місяці та більше до госпіталізації. Як референтні значення використовувалися показники 72 практично здорових дітей 11–16 років із нормальними значеннями індекса маси тіла (ІМТ), підібраних за статтю, стадією пубертату та віком (група 2). Дослідження ВСР проводилося в першій половині дня (до 12.00) у стані спокою і при проведенні ортокліностагічної проби з реєстрацією не менше 250 кардіоінтервалів у кожному положенні.

Результати дослідження та їх обговорення. Основними показниками оцінювання рівня функціонування були математичне очікування (M), стандартне відхилення ряду кардіоінтервалів (SD) і коефіцієнт варіації (CV) (табл. 1).

Так, величина M, що характеризує поточний рівень функціонування ССС [5] у підлітків із ожирінням, у групі 1 була вища – $0,82 \pm 0,01$ с ($\bar{x} \pm m$; $p < 0,05$), ніж у групі 2 – $0,77 \pm 0,01$ с ($\bar{x} \pm m$; $p < 0,05$), що вказувало на зменшення активності автономного контура регуляції у ста-

ні спокою, що, можливо, відображає знижений рівень енергетичного обміну. Значення SD – $50,08 \pm 0,59$ мс ($\bar{x} \pm m$; $p < 0,05$), яке вказує на зміни автономної регуляції, і коефіцієнта варіації CV – $6,02 \pm 0,06$ ($\bar{x} \pm m$; $p < 0,05$) і становить нормовану оцінку дисперсії [5], у обстежених нами підлітків з ожирінням, перебували в межах вікової норми, що свідчить про нормальну активність автономного контура регуляції ритму у підлітків з ожирінням, однак були достовірно меншими ($p < 0,05$), порівняно з групою контролю – $54,46 \pm 0,64$ і $6,63 \pm 0,08$ мс ($\bar{x} \pm m$) відповідно.

Для уточнення ролі активності відділів вегетативної нервової системи у зменшенні варіабельності ритму серця було оцінено вихідний вегетативний тонус за значеннями індексу напруги (ІН1).

Так, у підлітків групи 1 ІН1 становив 38,7 ум. од., у підлітків групи 2 – 33,6 ум. од., що вказує на відсутність або незначний вплив вегетативної нервової системи на відносно зрідження серцевого ритму у підлітків із ожирінням. Залежно від значення ІН1 у стані спокою нами визначався вихідний вегетативний тонус (ВВТ). Так, у пубертаті у підлітків із ожирінням було відмічено тенденцію до підвищення тону симпатичної НС: достовірно частіше, порівняно з підлітками групи 2, відзначалася симпатикотонія (у 24,8 % випадків), і значно рідше ейтонія (у 34,4 % випадків) при приблизно рівних значеннях ваготонічного тону (у 41,4 % випадків) (табл. 2).

Для прогнозування можливих реакцій організму на різні ситуації навантажувального характеру доцільно використовувати функціональні навантажувальні проби [6, 10]. Нами застосовано кліно-ортостатичну пробу (КОП) як найбільш простий функціональний тест, що дозволяє оцінювати резервні можливості системи кровообігу [10]. В ролі інтегрального параметра оцінки вегетативної реактивності було використано зміну індексу напруги після навантажувальної проби (ІН2) відносно вихідного (ІН1).

У підлітків із ожирінням гіперсимпатикотонічна реактивність реєструвалася у 42,8 % випадків – достовірно частіше, ніж у підлітків без ожиріння (30,5 %, $p < 0,05$), що свідчить про значне напруження компенсаторних механізмів при ожирінні в пубертаті. У 41,3 % підлітків із ожирінням відзначалася нормальна реактивність, а в підлітків без ожиріння – у 55,7 % ($p < 0,05$); асимпатикотонічна реактивність зустрічалася лише у 15,9 % пацієнтів (відмінність з групою без ожиріння не достовірна (13,8 %, $p > 0,05$)).

З метою визначення стану напруженості вищих регуляторних систем проведено спектральний аналіз серцевого ритму. При спектральному аналізі у підлітків виділялися три головних спектральних

компонента: високочастотні (HF), низькочастотні (LF) і дуже низькочастотні (VLF) [4]. У обстежених нами підлітків з ожирінням відзначено достовірне зниження показників потужності високочастотної (HF) складової, що відображає вагусну активність – до $34,3 \pm 0,45$ % ($\bar{x} \pm m$), порівняно з підлітками групи 2 – $39,4 \pm 0,62$ % ($\bar{x} \pm m$; $p < 0,05$) (табл. 3).

Також нами було відмічено підвищення потужності низькочастотної складової VLF до $33,86 \pm 0,79$ % ($\bar{x} \pm m$), яка характеризує активність симпатичного відділу вегетативної нервової системи, порівняно з підлітками групи 2 – $28,89 \pm 0,87$ % ($\bar{x} \pm m$; $p < 0,05$). На думку А. М. Флейшмана [11], VLF характеризує вплив вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкірковий центр і може використовуватися як надійний маркер ступеня зв'язку автономних (сегментарних) рівнів регуляції кровообігу з надсегментарним, у тому числі з гіпофізарно-гіпоталамічним і кірковим рівнем. Проте в даному випадку мова йде про надсегментарний рівень управління, оскільки амплітуда VLF тісно пов'язана з психоемоційним напруженням. Вченим також показано, що потужність VLF-коливань ВСР є чутливим індикатором управління метаболічними процесами і добре відображає енергодефіцитний стан. Високий, порівняно з нормою, рівень VLF можна трактувати як гіперадаптивний стан, знижений рівень VLF вказує на енергодефіцитний стан.

Статистично достовірної різниці в показниках потужності низькочастотної складової LF у підлітків обох груп відзначено не було – $31,84 \pm 0,36$ і $31,71 \pm 0,38$ % відповідно ($\bar{x} \pm m$; $p > 0,05$).

За модифікованими критеріями Р. М. Баєвського, О. І. Кірілова [5] нами визначалася активність підкіркових нервових центрів (ПНЦ) (рис. 1). При аналізі даного показника, більш ніж у 30 % підлітків із ожирінням відзначено активацію вищих регуляторних механізмів, що свідчить про напругу адаптаційних систем. Помірне ослаблення активності ПНЦ зазначалося з однаковою

Таблиця 3 – Показники спектральної потужності періодичних складових серцевого ритму, $p < 0,05$

Контингент	Статистичний показник	Показник спектральної потужності		
		HF,%	LF,%	VLF,%
Група 1	\bar{x}	34,3	31,84	33,86
	S	3,70	2,97	6,48
	m	0,45	0,36	0,79
Група 2	\bar{x}	39,4	31,71	28,89
	S	5,22	3,22	7,35
	m	0,62	0,38	0,87

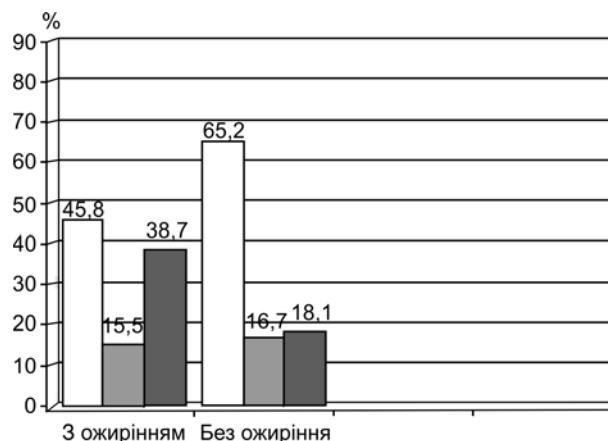


Рисунок 1 – Розподіл варіантів активності підкіркових нервових центрів у підлітків:

□ – нормальна; ▒ – ослаблена; ■ – посилена

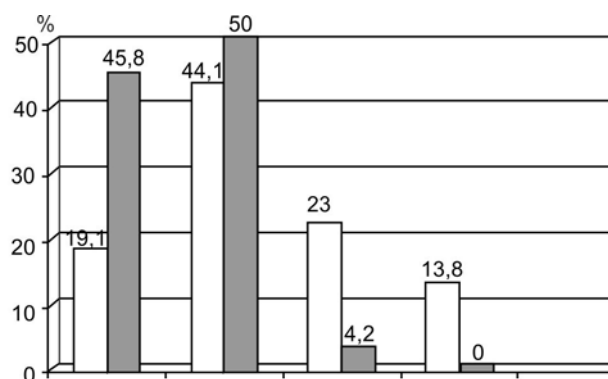


Рисунок 2 – Розподіл підлітків за показниками активності регуляторних систем:

□ – підлітки з ожирінням; ▒ – підлітки без ожиріння

частотою у підлітків з ожирінням і без ожиріння ($p > 0,05$).

На думку Р. М. Баєвського [4, 5], в більшості випадків зростання активності підкіркових нервових центрів може забезпечити адаптацію серцево-судинної системи та організму в цілому до нових умов функціонування, однак при прогресуванні патологічного процесу, постійній напрузі адаптаційних систем, може настати зрив, що знаходить своє відображення в неузгодженості окремих ланок системи управління серцевим ритмом.

Для диференційованої оцінки різних ступенів напруги регуляторних систем розраховувався комплексний показник активності регуляторних систем (ПАРС) (рис. 2). Так, у підлітків групи 1 відзначено значуще переважання, порівняно з підлітками групи 2 ($p < 0,05$), показників ПАРС, що характеризують незадовільну адаптацію або її зрив (7–10 балів, червоний колір на екрані Фазаграфа): 23 % підлітків із ожирінням мали незадовільну адаптацію та 13,8 % – зрив адаптації. Серед підлітків групи 2 значення ПАРС, що характеризують незадовільну адаптацію, виявлено лише у

Таблиця 4 – Коефіцієнти кореляції між показниками компонентного складу тіла і параметрами варіабельності серцевого ритму у підлітків із ожирінням, $r < 0,01$

Показник	BMI, ум. од.	FAT, кг	FAT %
SD, мс	-0,32	-0,47	-0,43
CV, мс	-0,34	-0,44	-0,41
HF, %	-0,32	-0,43	-0,41
ИН1, ум. од.	0,36	0,39	0,37

4,2 %, значень ПАРС 8–10 балів (зрив адаптації) відзначено не було.

У підлітків із ожирінням значення ПАРС, відповідні нормі (оптимальний рівень функціонування регуляторних систем, 1–3 бали, зелений колір на екрані Фазаграфа), відзначалися в 19,1 % випадків, тоді як у підлітків групи 2 цей відсоток склав 45,8 % ($p < 0,05$). Підлітки, що демонструють оптимальну і задовільну адаптацію (1–3 бали), мають, очевидно, кращий прогноз щодо запобігання прогресування ожиріння і розвитку його ускладнень.

Також встановлено, що стан задовільної адаптації або оптимальне функціонування частіше зустрічаються при надмірній масі тіла і в 30 % випадків при I ступеню ожиріння, а незадовільна адаптація з перенапруженням і виснаженням регуляторних систем – при II і III ступенях ожиріння. Підлітки з функціональною напругою адаптаційних механізмів, що частіше реєструється при ожирінні I ступеня є перехідною групою, що підтверджує дані, отримані О. П. Авер'яновим [1, 6]. На його думку, поки компенсація обмінних процесів досягається за рахунок напруги регуляторних систем, організм досить чутливий до будь-яких зру-

шень енергетичного балансу і на тлі зміни способу життя зі зменшенням надходження калорій і збільшенням їхніх витрат, легко адаптується до зниження маси і, навпаки, при збереженні і збільшенні калорійного навантаження швидко відбувається перенапруження і зрив адаптації з прогресуючим набором маси тіла і розвитком комплексу ускладнень.

Для підтвердження взаємозв'язку надлишкової маси тіла з певними змінами параметрів, що характеризують стан регуляторних механізмів серцевої діяльності і організму в цілому, розраховувалися коефіцієнти кореляції показників компонентного складу тіла з даними ВСР (табл. 4).

Показники BMI, FAT і FAT %, які є мірою надлишку маси при ожирінні, негативно корелювали з показниками SD, CV і HF, що характеризують загальну варіабельність ритму і активність автономного контура регуляції і мали позитивний зв'язок із ИН1, що характеризує вегетативну регуляцію.

Висновки. Надмірна маса тіла у підлітків із ожирінням, як правило, асоціюється з ослабленням вагусної регуляції, а також з посиленням симпатичних впливів і активацією підкіркових нервових центрів, що відображає стан напруження адаптаційних механізмів цілісного організму.

Виявлені кореляції показників ВСР і компонентного складу тіла помірні або середні за силою і достовірні, що свідчить про наявність взаємозв'язку надлишкової маси тіла (жирової тканини) зі змінами в системі регуляції серцевого ритму.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою концепції фізичної реабілітації при первинному ожирінні у підлітків із врахуванням фактора, що характеризує стан функціональних та адаптаційних систем.

Література

1. Аверьянов А. П. Ожирение у детей и подростков: клинико-метаболические особенности, лечение, прогноз и профилактика осложнений / А. П. Аверьянов // Междунар. эндокринолог. журн. – 2009. – № 4. – С.90–98.
2. Аметов А. С. Ожирение и сердечно-сосудистые заболевания /Аметов А. С., Демидова Т. Ю., Целиковская А. Л. // Тер. арх. – 2001. – 69–72 с.
3. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем / П. К. Анохин. – М.: Медицина, 1974. – 447 с.
4. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
5. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: метод. рек. / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин и др. // Вестн. аритмологии. — 2002. – № 24. – С. 65–87.
6. Болотова Н. В. Нейровегетативные нарушения у детей с ожирением в период пубертата и их коррекция / Болотова Н. В., Аверьянов А. П. // Педиатрия. – 2009. – № 3. – С. 47–52.
7. Меерсон Ф. З. Адаптация, стресс и профилактика / Ф. З. Меерсон. – М.: Наука, 2001. – 278 с.
8. Невзорова В. А. Особенности липидного спектра, вариабельности артериального давления и сердечного ритма у больных с клиническими проявлениями метаболического синдрома / В. А. Невзорова, Е. А. Абрамов, А. Н. Власенко // Вестн. аритмологии. – 2004. – № 36. – С. 27–30.

9. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье; пер. с англ. – М.: Медгиз, 1960. – 275 с.
10. Усанов Д. А. Устройство оценки риска возникновения сердечно-сосудистой недостаточности при физической нагрузке / Усанов Д. А., Протопопов А. А., Бугаева И. О. и др. // Мед. техника. – 2012. – № 2. – С. 34–38.
11. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики / А. Н. Флейшман. – Новосибирск, 1999. – 264 с.

References

1. Averyanov A. P. Obesity in children and adolescents: clinoco-metabolic peculiarities, treatment, prognosis and complication prevention / A. P. Averyanov // International Endocrinology J. – 2009. – № 4. – P. 90–98.
2. Ametov A. S. Obesity and cardiovascular diseases / Ametov A., Demidova T. Y., Tselikovskaya A. L. // Ter. arh. – 2001. – 69–72 p.
3. Anokhin P. K. Essays on the physiology of functional systems / P. K. Anokhin. – Moscow: Meditsina, 1974. – 447 p.
4. Bayevsky R. M. Estimating adaptation capacities of the body and the risk of diseases / R. M. Bayevsky, A. P. Berseneva. – Moscow: Meditsina, 1997. – 236 p.
5. Bayevsky R. M. Analysis of heart rate variability while using different electrocardiographic systems (guidelines) / R. M. Baevskii, G. G. Ivanov, L. V. Chireykin et al. // Vestnik aritmologii. — 2002. – № 24. – P. 65–87.
6. Bolotova N. V. Neurovegetative disorders in obese children during puberty and their correction / N. V. Bolotova, A. P. Averyanov // Peditrya. – 2009. – № 3. – P. 47–52.
7. Meyerson F. Z. Adaptation, stress and prevention / F. Z. Meyerson. – Moscow: Nauka, 2001. – 278 p.
8. Nevzorova V. A. Features of lipid profile, blood pressure variability and heart rate in patients with clinical manifestations of metabolic syndrome / V. A. Nevzorova, E. A. Abramov, A. N. Vlasenko // Vestnik aritmologii. – 2004. – № 36. – P. 27–30.
9. Selye G. Essays on adaptation syndrome. / G. Selye. – Trans. from English. – Moscow: Medgiz, 1960. – 275 p.
10. Usanov D. A. Device assessing the risk of cardiovascular disease during physical exertion / D. A. Usanov, A. A. Protopopov, I. O. Bugayev, A. V. Skripal et al. // Med. tekhnika, 2012. – № 2. – P. 34–38.
11. Fleishman A. N. Slow oscillations of hemodynamics / A. N. Fleischmann. – Novosibirsk, 1999. – 264 p.