



УДК 612.172-053.3-056.7:613.25

DOI 10.24144 / 1998-6475.2023.62.65-74

АВТОНОМНА РЕГУЛЯЦІЯ СЕРЦЕВОГО РИТМУ У ПІДЛІТКІВ ІЗ НАДМІРНОЮ МАСОЮ ТІЛА ЗАЛЕЖНО ВІД КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ТІЛА

Паламарчук О. С., Сливка Я. І., Лукашук С. В., Дербак М. А., Ганич О. Т.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», медичний факультет №2, кафедра фізіології та патофізіології, м. Ужгород

Резюме. *Вступ.* На сьогодні існують епідеміологічні, клінічні і експериментальні дані, що підтверджують несприятливі наслідки ускладнень, викликаних надмірною масою тіла, особливо у дітей молодшого та середнього шкільного віку. Ожиріння має різні етіологічні передумови, включаючи незбалансованість автономної нервової системи та вплив на метаболічні та функціональні розлади в органах та системах організму. Варіабельність серцевого ритму (ВСР) є важливим показником функціонального стану автономної нервової системи у дітей з надмірною вагою, але механізми цих дисфункцій залишаються маловивченими.

Мета дослідження полягає у вивченні взаємозв'язку між показниками вмісту м'язів та параметрами функціонального стану автономної нервової системи (АНС), зокрема варіабельністю серцевого ритму (ВСР), у підлітків із надмірною масою тіла. Робота спрямована на визначення ролі скелетних м'язів у підтримці метаболічного та гомеостатичного балансу в контексті ожиріння.

Матеріали та методи. Показники компонентного складу тіла досліджували за допомогою біоімпульсного аналізатора Tanita MC-780 (Японія), який дозволяє отримати значення індексу маси тіла (ІМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$), відсоткового вмісту скелетних м'язів (ВСМ, %) та саркопенічного індексу (СІ, $\text{кг}/\text{м}^2$). Показники ВСР отримували за допомогою апаратно-програмного комплексу «Кардіолаб» (ХАІ, Медика) шляхом реєстрації 5-хвилинних проміжків 1-го відведення ЕКГ за загальноприйнятою методикою.

Результати досліджень. На першому етапі дослідження проведено крос-кореляційний аналіз залежності між індексом маси тіла (ІМТ), вмістом скелетних м'язів (ВСМ), показниками компонентного складу тіла (СІ) та показниками варіабельності серцевого ритму (ВСР) у групі дівчат і хлопчиків. Досліджено кореляції між ІМТ та ВСР, де виявлені слабкі, статистично невірогідні зв'язки. Високі коефіцієнти кореляції показали взаємозв'язок між показниками ВСР та вмістом скелетних м'язів у обох групах. На другому етапі застосовано однофакторний регресійний аналіз, де виявлено, що показники ВСР значно визначаються вмістом скелетних м'язів, особливо у дівчат. Отримані регресійні моделі вказують на високий вплив ВСМ на показники ВСР, що може свідчити про важливість фізичної активності та м'язової маси для адаптації автономної нервової системи.

Висновки. У підлітків із надмірною масою тіла функціональна активність парасимпатичної ланки АНС суттєво залежить від процентного вмісту скелетних м'язів. Із зростанням м'язової маси зростає тонус парасимпатичної ланки і реципрокно пригнічується тонус симпатичної ланки АНС. Використання показника індексу маси тіла недоцільно застосовувати як діагностичний критерій імовірності автономних дисфункцій, оскільки він практично не корелює із показниками функціонального стану АНС ні у дівчат, ні у хлопчиків.

Ключові слова: індекс маси тіла, варіабельність серцевого ритму, автономна нервова система, скелетні м'язи, регресійний аналіз, надмірна маса тіла.

Autonomous regulation of heart rhythm in adolescents with excessive body weight depending on the body composition.

Palamarchuk O.S., Slyvka Ya.I., Lukashchuk S.V., Derbak M.A., Hanych O.T.

Abstract. *Introduction.* Currently, there are epidemiological, clinical, and experimental data confirming the adverse consequences of complications caused by excessive body weight, especially in younger and middle-school-aged children. Obesity has various etiological factors, including an imbalance in the autonomic nervous system and its impact on metabolic and functional disorders in organs and systems of the body. Heart rate variability (HRV) is an essential indicator of the functional state of the autonomic nervous system in overweight children, but the mechanisms of these dysfunctions remain poorly understood.



The aim of the study is to explore the relationship between muscle content indicators and parameters of the functional state of the autonomic nervous system (ANS), particularly heart rate variability (HRV), in overweight adolescents. Specifically, the work aims to determine the role of skeletal muscles in maintaining metabolic and homeostatic balance in the context of obesity.

Materials and Methods. Indicators of body composition were examined using a bioimpedance analyzer Tanita MC-780 (Japan), which provides values for body mass index (BMI, kg/m²), percentage content of skeletal muscles (SM%, %), and sarcopenic index (SI, kg/m²). HRV indicators were obtained using the hardware-software complex «Cardiolab» (XAI, Medica) by recording 5-minute intervals of a 1-lead ECG according to generally accepted methods.

Results. In the first stage of the study, a cross-correlation analysis was conducted to determine the relationship between body mass index (BMI), skeletal muscle content (SM%), body composition indicators (SI), and heart rate variability (HRV) indicators in a group of girls and boys. Correlations between BMI and HRV revealed weak, statistically insignificant connections. High correlation coefficients demonstrated the relationship between HRV indicators and skeletal muscle content in both groups. In the second stage, single-factor regression analysis was applied, revealing that HRV indicators are significantly influenced by skeletal muscle content, especially in girls. The obtained regression models indicate a strong influence of SM% on HRV indicators, highlighting the importance of physical activity and muscle mass for autonomic nervous system adaptation.

Conclusions. In adolescents with excessive body weight, the functional activity of the parasympathetic branch of the ANS significantly depends on the percentage content of skeletal muscles. As muscle mass increases, the tone of the parasympathetic branch rises, reciprocally suppressing the tone of the sympathetic branch of the ANS. Using the body mass index as a diagnostic criterion for probable autonomic dysfunctions is inappropriate since it virtually does not correlate with indicators of the functional state of the ANS in either girls or boys.

Key words. body mass index, heart rate variability, autonomic nervous system, skeletal muscles, regression analysis, excessive body mass.

Вступ

На сьогодні існують численні епідеміологічні, клінічні і експериментальні дані, які свідчать про несприятливі наслідки для здоров'я ускладнень, викликаних надмірною масою тіла, в тому числі й у дітей молодшого та середнього шкільного віку [1,2,3,4]. У останні десятиліття наші знання з цього питання значно збагатилися. Відомо, що ожиріння має різні етіологічні передумови і механізми розвитку, серед яких значне місце займає незбалансованість відділів автономної нервової системи, яка у тісному симбіозі з ендокринною системою регулює біохімічні та фізіологічні процеси в організмі людини. Саме ці механізми впливають на метаболічні та функціональні розлади практично у всіх органах та системах. Своєчасне виявлення порушень автономної регуляції дозволяє застосувати ранні профілактичні програми і упередити формування метаболічних наслідків ожиріння та досягти стабілізації ваги тіла. У зв'язку з цим дослідження функціонального стану автономної нервової системи, нормалізація стану регуляторних систем, адаптаційних та компенсаторних можливостей організму під впливом диференційованих програм корекції ваги в осіб з надмірною вагою є важливим завданням сучасної профілактичної медицини.

Відомо, що варіабельність серцевого ритму (ВСР) є своєрідним «вікном» у функціональний стан автономної нервової системи (АНС), через яке можна об'єктивно оцінити її тонус, адапта-

ційний резерв, збалансованість периферичних ланок та ступінь централізації виконавчих механізмів, які корелюють із вираженістю розладів у інших функціональних системах організму дітей. Зокрема, у підлітків з надмірною вагою тіла виявлена більша частота вегетативних дисфункцій, ніж у їх однолітків з нормальною вагою тіла [5,6]. Водночас механізм розвитку цих дисфункцій залишається недостатньо з'ясованим, що заважає розробці ефективних методів їх діагностики та лікування. У літературі домінує точка зору про те, що провідним патогенетичним фактором вегетативних розладів є накопичення в організмі дітей жирових мас, і особливо вісцерального жиру [7,8]. Запальний процес в жировій тканині на сьогодні розглядається як одна із ланок патогенезу більшості коморбідних станів. Цей феномен реалізується за трьома напрямками: порушення секреції адипокінів; метаболічні порушення, індуковані запаленням жирової тканини; власне запальна реакція, особливо на внутрішньоклітинному рівні. Однак у більшості випадків ігнорується той факт, що в організмі дітей з надмірною масою тіла існує дефіцит скелетних м'язів, які, навпаки, мають протективний ефект у відношенні порушень метаболізму та гомеостазу. Тому в нашому дослідженні ми поставили за мету з'ясувати взаємозалежність між показниками вмісту м'язів та параметрами функціонального стану АНС за даними показників ВСР у підлітків із надмірною масою тіла.

Мета дослідження

Вивчення взаємозв'язку між показниками вмісту м'язів і параметрами функціонального стану автономної нервової системи (АНС), зокрема варіабельністю серцевого ритму (ВСР), у підлітків із надмірною масою тіла. Робота спрямована на визначення ролі скелетних м'язів у підтримці метаболічного та гомеостатичного балансу в контексті ожиріння.

Матеріали та методи

Дослідження виконано на базі Закарпатського обласного дитячого санаторію «Малютко» шляхом функціонального обстеження підлітків допубертатного періоду віком від 9 до 14 років з дотриманням усіх біоетичних стандартів, що застосовуються у такого роду дослідженнях. До обстежень було залучено 66 дітей (36 хлопчиків та 30 дівчаток). Критерієм включення до дослідження був показник індексу маси тіла (ІМТ) вищий за 25,0 кг/м² та відсутність скарг на здоров'я і клінічних ознак патології за даними зовнішнього огляду та фізикального обстеження.

Показники компонентного складу тіла досліджували за допомогою біоімпедансного аналізатора Tanita MC-780 (Японія), який дозволяє отримати значення індексу маси тіла (ІМТ, кг/м²), відсоткового вмісту скелетних м'язів (ВСМ, %) та саркопенічного індексу (СІ, кг/м²).

Показники ВСР отримували за допомогою апаратно-програмного комплексу «Кардіолаб» (ХАІ, Медика) шляхом реєстрації 5 хвилинних проміжків 1-го відведення ЕКГ за загальнопринятою методикою [9]. Для оцінки функціонального стану АНС були використані наступні параметри ритмокардіограми:

SDNN, мс – стандартне відхилення інтервалів R-R. Показник, який сумує всі джерела мінливості R-R інтервалів за період спостереження і відображає сумарний ефект автономної регуляції кровообігу. Це інтегральний показник, який характеризує ВСР у цілому і залежить від впливу на синусовий вузол симпатичного та парасимпатичного відділів ВНС.

RMSSD, мс – квадратний корінь із суми квадратів різниці між послідовними інтервалами RR. Значення даного показника визначається переважно впливом парасимпатичної ланки вегетативної регуляції.

pNN50, % – відсоток від загальної кількості послідовних пар інтервалів, що розрізняються більш ніж на 50 мілісекунд. Цей показник також вважається маркером вагусної активності,

яка визначає вираженість дихальної аритмії.

АМо, % – (амплітуда моди) – це кількість кардіоінтервалів, що відповідають значенню моди, виражена у відсотках до загальної кількості кардіоінтервалів. Цей показник відображає стабілізуючий ефект централізації управління ритмом серця, який обумовлений, в основному, активацією симпатичного відділу АНС.

ІН, ум.од. – індекс напруження Баєвського. також відображає активність симпатичного відділу АНС.

TP, мс² – Загальна потужність спектру кривої ВСР в діапазоні від 0,003 до 0,40 Гц. Відображає сумарний вплив АНС на серцевий ритм і має той же фізіологічний сенс, що і SDNN.

HF, % – відносна потужність високочастотних коливань спектру серцевого ритму в діапазоні 0,15-0,40 Гц, яка відображає відносний вклад парасимпатичної ланки у загальну регуляторну активність АНС.

LF, % – відносна потужність низькочастотних коливань спектру ритмокардіограми в діапазоні 0,04-0,15 Гц. Ця ділянка спектру відображає вплив на серцевий ритм як симпатичної (переважно), так і парасимпатичної активності. Механізм цих коливань має барорефлекторну природу.

VLF, % – відносна потужність наднизькочастотних коливань спектру ритмокардіограми в діапазоні 0,003-0,04 Гц, які відображають вплив на серцевий ритм цілого комплексу так званих надсегментарних структур АНС (гіпоталамус, лімбічна система), а також ренін-ангіотензин-альдостеронової системи, катехоламінів і т.д. Фізіологічна природа хвиль цього діапазону ще не з'ясована остаточно і загалом трактується, як індикатор нерозподілу регуляторної дії АНС від сегментарних рівнів (симпатична і парасимпатична ланки) до її центральних відділів.

Взємозв'язок між параметрами компонентного складу тіла та показниками ВСР досліджувався методом кореляційного та регресійного аналізу окремо для 2 вибірок обстежених, сформованих за статеву ознакою, з допомогою статистичного програмного пакету Minitab® 21.3.1 (freeware version).

Результати досліджень

На першому етапі дослідження нами був проведений крос-кореляційний аналіз залежності між ІМТ, ВСМ, СІ та показниками варіабельності серцевого ритму окремо по групі дівчат і хлопчиків (табл. 1 і табл. 2).



Таблиця 1

Крос-кореляційний аналіз залежності між показниками компонентного складу тіла та параметрами ВСР у дівчат із надмірною масою тіла (n=30)

Показники ВСР	ІМТ, кг/м ²	ВСМ, %	СІ, кг/м ²
SDNN, мс	-0,112	0,397	-0,423
RMSSD, мс	-0,023	0,495	-0,501
pNN50, %	-0,132	0,769	-0,665
АМо, %	0,043	-0,537	0,426
ІН, ум.од.	0,080	-0,352	0,410
TP, мс ²	-0,350	0,383	-0,514
HF, %	-0,145	0,623	-0,483
LF, %	0,153	-0,307	0,350
VLF, %	0,140	-0,486	0,264

Таблиця 2

Крос-кореляційний аналіз залежності між показниками компонентного складу тіла та параметрами ВСР у хлопчиків із надмірною масою тіла (n=36)

Показники ВСР	ІМТ, кг/м ²	ВСМ, %	СІ, кг/м ²
SDNN, мс	0,051	0,448	-0,405
RMSSD, мс	0,101	0,539	-0,455
pNN50, %	0,099	0,860	-0,455
АМо, %	-0,121	-0,718	0,589
ІН, ум.од.	0,008	-0,483	0,559
TP, мс ²	0,176	0,611	-0,572
HF, %	-0,318	0,544	-0,594
LF, %	0,168	-0,184	0,318
VLF, %	0,118	-0,378	0,406

Згідно з даними цього аналізу, як у дівчаток, так і хлопчиків, не вдалося виявити статистично вірогідної кореляції ІМТ практично з усіма показниками ВСР. Виняток становили кореляційні пари TP з ІМТ у дівчат та HF% з ІМТ у хлопчиків, між якими був виявлений слабкий, але статистично вірогідний негативний зв'язок з коефіцієнтами кореляції за Пірсоном відповідно -0,350 (p=0,013) та -0,318 (p=0,018). В той же час показники, що характеризують вміст поперечно-посмугованої мускулатури у тілі обстежених (ВСМ та СІ) в обох групах продемонстрували статистично значимий кореляційний зв'язок з усіма показ-

никами ВСР, за винятком їх кореляційних пар з LF% та VLF% у дівчат. Найвищі коефіцієнти кореляції у дівчат спостерігалися між ВСМ та pNN50 (0,769; p=0,0007) і СІ та pNN50 (-0,665; p=0,0011), а у хлопчиків - між ВСМ та pNN50 (0,860; p=0,0004) і між СІ та HF% (-0,594; p=0,0014).

Узагальнюючи результати цього етапу дослідження, можна відзначити, що показник індексу маси тіла (ІМТ) не може вважатися надійним маркером автономних дисфункцій, оскільки, за нашими даними, він не корелює із більшістю параметрів, які характеризують різні ланки АНС та її адаптаційний

резерв. Водночас ці параметри статистично вірогідно пов'язані із показниками компонентного складу тіла, що характеризують вміст скелетних м'язів. Перш за все, звертає на себе увагу комплекс показників BCP, які характеризують парасимпатичну ланку АНС. Це RMSSD, pNN50 та HF%. Достатньо високою є кореляція між показниками вмісту скелетних м'язів та маркерами активності симпатичної ланки – АМо та ІН. Сумарна BCP, що оцінюється за показниками SDNN та TP, які, як відомо, відображають адаптаційний резерв АНС по відношенню до стресорних факторів будь-якої етіології, також продемонструвала статистично вірогідний кореляційний зв'язок з ВСМ та СІ. Дещо слабший, проте статистично значимий кореляційний зв'язок був виявлений між показниками компонентного складу тіла та VLF%, який характеризує централізацію автономної регуляції серцевого ритму і розцінюється як критерій напруженості вегетативної регуляції в цілому. Дещо вищі коефіцієнти кореляції між досліджуваними парами показників у хлопчиків порівняно з дівчатами, на нашу думку, пояснюються більшою кількістю обстежених хлопчиків (36 проти 30).

На другому етапі дослідження, до всіх кореляційних пар, які показали статистично вірогідну кореляцію, був застосований однофакторний регресійний аналіз, який дозволяє отримати математичну модель залежності між парами показників, що виражається лінійним або квадратичним рівнянням. У цій

моделі один із показників приймався за функцію (Y), яка залежить від аргументу (X). Така залежність статистично оцінюється з точки вірогідності цієї моделі на рівні $p < 0,05$. Отримані рівняння дозволяють кількісно оцінити вплив аргументу на дисперсію значень функції і з високою ймовірністю передбачити напрям зсуву функції у наступних спостереженнях. В якості функції ми розглядали показники функціонального стану АНС, а в якості аргументу – параметри компонентного складу тіла.

У таблиці 3 наведено рівняння регресійних моделей залежності досліджуваних пар показників та кількісна оцінка впливу параметру компонентного складу тіла на відповідний показник BCP. Аналіз представлених у таблиці даних показує, що як у дівчат, так і у хлопчиків низка показників BCP значною мірою детермінована процентним вмістом скелетних м'язів (ВСМ) у тілі обстежених. Зокрема, у дівчат такими параметрами є SDNN, RMSSD, pNN50 та HF, вплив на дисперсію яких з боку ВСМ складав відповідно 36,86%, 34,98%, 57,75% та 38,76%. У хлопчиків ВСМ суттєво впливав на дисперсію таких параметрів BCP, як pNN50, АМо та HF на відповідно 73,96%, 50,09% та 44,25%. Що стосується регресійних моделей залежності показників BCP від СІ, то більш-менш суттєвий вплив цього параметру на зміни BCP встановлено тільки щодо pNN50 у дівчат на рівні 23,05%.

Таблиця 3

**Результати регресійного аналізу залежності показників BCP
від параметрів компонентного складу тіла**

Х	Y	Рівняння регресії	Ступінь впливу Х на Y
Дівчата			
SDNN	ВСМ	$Y = -806,6 + 42,36 X - 0,5085 X^2$	36,86%
SDNN	СІ	$Y = 37,49 + 4,106 X$	6,69%
RMSSD	ВСМ	$Y = -525,0 + 26,84 X - 0,3098 X^2$	34,98%
RMSSD	СІ	$Y = 38,43 + 1,440 X$	1,17%
pNN50	ВСМ	$Y = -106,5 + 3,489 X$	57,75%
pNN50	СІ	$Y = -8,76 + 5,800 X$	23,05%
АМо	ВСМ	$Y = 134,6 - 2,417 X$	28,85%

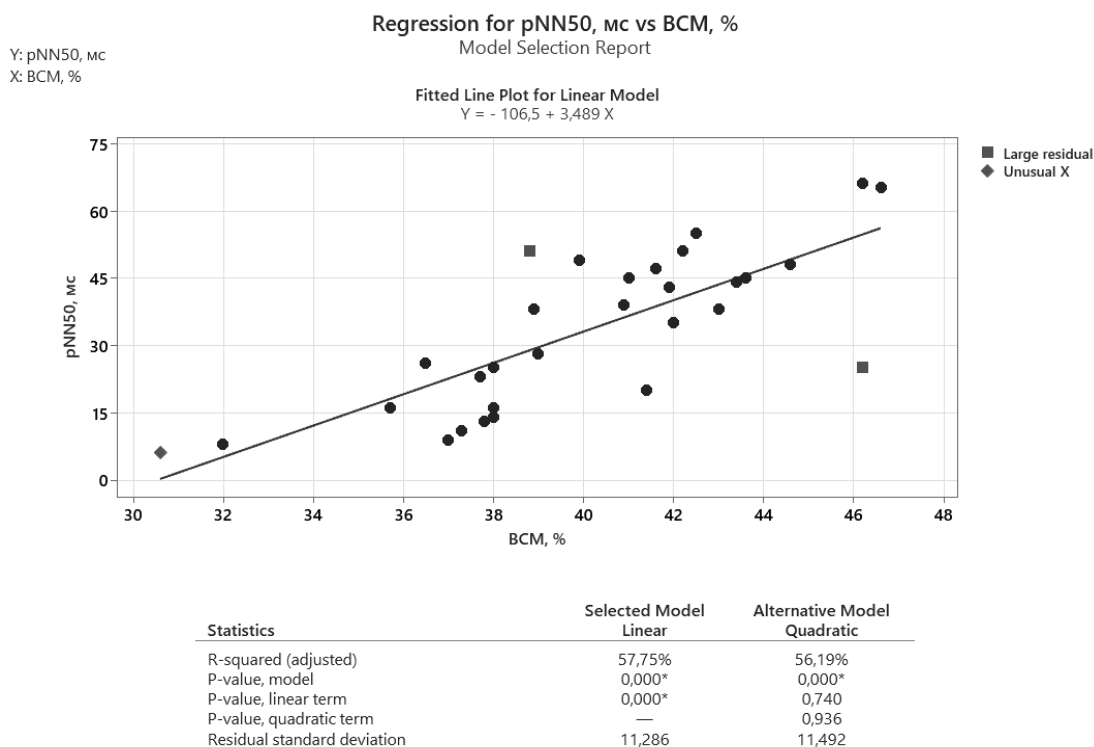


Продовження табл. 3

AMo	CI	$Y = 72,35 - 4,774 X$	15,86%
IH	BCM	$Y = 345,7 - 5,632 X$	12,37%
IH	CI	$Y = 172,1 - 7,195 X$	2,84%
TP	BCM	$Y = - 6269 + 251,4 X$	14,69%
TP	CI	$Y = 2290 + 208,9 X$	1,43%
HF	BCM	$Y = - 77,04 + 2,840 X$	38,76%
HF	CI	$Y = 5,36 + 4,331 X$	12,71%
VLF	BCM	$Y = 45,07 - 0,7055 X$	17,59%
Хлопчики			
SDNN	BCM	$Y = - 44,11 + 2,746 X$	20,11%
SDNN	CI	$Y = 64,37 + 0,732 X$	0,26%
RMSSD	BCM	$Y = - 70,83 + 2,939 X$	29,10%
RMSSD	CI	$Y = 50,81 + 0,014 X$	0,07%
pNN50	BCM	$Y = - 164,1 + 4,893 X$	73,96%
pNN50	CI	$Y = 9,87 + 3,980 X$	8,93%
AMo	BCM	$Y = 187,8 - 3,724 X$	50,09%
AMo	CI	$Y = 44,17 - 1,475 X$	1,47%
IH	BCM	$Y = 447,2 - 8,113 X$	23,36%
IH	CI	$Y = 172,1 - 7,195 X$	0,64%
TP	BCM	$Y = - 15240 + 475,4 X$	37,35%
TP	CI	$Y = 2132 + 321,2 X$	3,11%
HF	BCM	$Y = - 805,9 + 38,46 X - 0,4337 X^2$	44,25%
HF	CI	$Y = 62,59 - 3,414 X$	10,10%
HF	IMT	$Y = 87,65 - 2,252 X$	35,31%
VLF	BCM	$Y = 44,32 - 0,6701 X$	14,26%
VLF	CI	$Y = - 806,6 + 42,36 X - 0,5085 X^2$	1,39%

Продемонструємо отримані регресійні моделі на прикладі залежності pNN50 від BCM у дівчат (рис. 1). Дана залежність описувалася лінійним рівнянням $Y = - 106,5 + 3,489 X$. Аналіз коефіцієнтів цієї регресійної моделі дає підстави вважати, що більше половини (57,75%)

можливих змін pNN50 залежать від BCM. На практиці це означає, що із зростанням вмісту скелетних м'язів у 95% випадків буде збільшуватися й показник pNN50, що, в свою чергу, свідчить про зростання активності парасимпатичної ланки АНС.

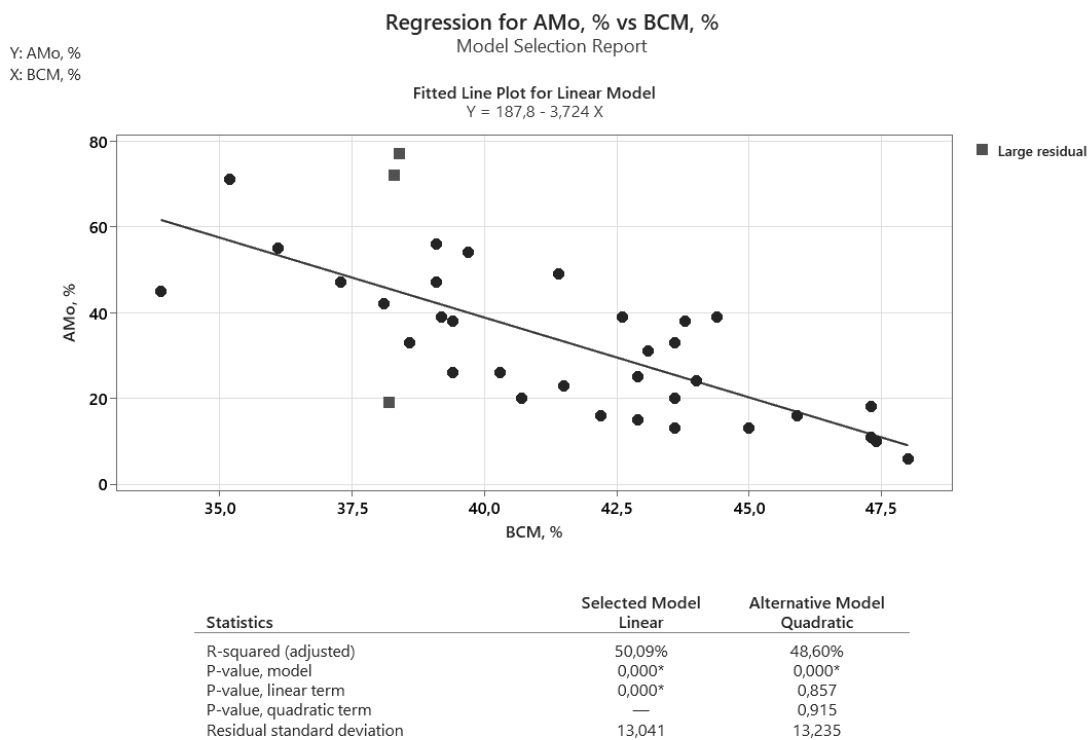


* Statistically significant ($p < 0,05$)

Рис. 1. Регресійний аналіз залежності pNN50 від BCM у вибірці, яка включала тільки дівчат ($n=30$).

Аналіз залежності АМо від BCM у хлопчиків (рис. 2), яка описувалася лінійним рівнянням $Y = 187,8 - 3,724 X$, свідчить про те, що 50,09% можливих змін АМо з імовірністю 95% викликане змінами BCM. Низхідний напрям прямої, що відображає цю залежність,

вказує на те, що із зростанням BCM значення АМо зменшується. Як відомо, АМо відображає активність симпатичної ланки і її зниження у даного контингенту обстежених слід розцінювати, як позитивну для організму адаптаційну реакцію.



* Statistically significant ($p < 0,05$)

Рис. 2. Регресійний аналіз залежності АМо від BCM у вибірці, яка включала тільки хлопчиків ($n=36$).



Обговорення. На сьогоднішній день більшість науковців погоджуються з тим, що підтримка високого відсотку скелетної м'язової маси корисна для загального стану здоров'я як у дорослих, та і у дітей. Скелетні м'язи відповідають за підтримання постави, дихання та рух, а також є важливим джерелом поживних речовин і регулятором метаболізму [10]. Дослідження показали, що збільшення синтезу м'язових білків за допомогою фізичних вправ або білкового харчування підтримує сильну, здорову м'язову масу, що, в свою чергу, призводить до покращення здоров'я та підвищення адаптаційних резервів організму [11]. Крім того, вищий відсоток м'язової маси також відображає нижчий відсоток жиру в організмі, що важливо для підтримки оптимальної ваги тіла. У низці досліджень показано, що збільшення вмісту скелетних м'язів в організмі пов'язане з меншою частотою серцево-судинної смертності [2,12].

З іншого боку, втрата м'язової маси, яка позначається терміном «саркопенія» негативно відображається на всіх аспектах здоров'я людей будь-якого віку [13]. Причиною саркопенії є насамперед природний процес старіння, але низька фізична активність і неправильне харчування також можуть сприяти розвитку цього стану. Захворювання найчастіше спостерігається у малоактивних людей і може призвести до зниження активності, що ще більше зменшує м'язову масу. Саркопенія може суттєво вплинути на якість життя, знижуючи здатність виконувати повсякденні завдання, а також може призвести до втрати мобільності та необхідності довготривалого догляду. Ці стани, в свою чергу, можуть спричинити необхідність госпіталізації та хірургічних втручань, що збільшує ризик ускладнень, включаючи смерть [14].

Хоча саркопенія найчастіше асоціюється зі старінням, вона також може траплятися у дітей. Однак поширеність саркопенії в клінічній практиці недооцінюється, а на розвиток скелетних м'язів у дитячому віці можуть впливати кілька пре- і постнатальних факторів, що робить проблему більш складною [15]. Дослідження показали, що вищий відсоток м'язової маси у дітей пов'язаний з кращими фізичними показниками, включаючи покращення рівноваги, координації та сили [16,17,18]. Встановлено, що діти з вищим відсотком м'язової маси мають нижчий ризик розвитку метаболічного синдрому – групи

станів, які підвищують ризик серцевих захворювань, інсульту та діабету [19,20].

У нашому дослідженні отримано результати, які стосуються ще одного маловивченого аспекту участі скелетних м'язів у підтриманні гомеостазу – їх взаємозв'язку із функціональною активністю різних відділів АНС у підлітків із надмірною вагою тіла. Так, нами встановлено, що активність парасимпатичної ланки АНС значною мірою залежить від процентного вмісту скелетних м'язів у тілі обстежених дітей. Про це свідчать як дані кореляційного, так і регресійного аналізу взаємозв'язку BCM із такими показниками BCP, як RMSSD, SDNN та pNN50. Причому ця залежність спостерігалася як у дівчат, так і у хлопчиків і, ймовірно, є загальнофізіологічною закономірністю. Однак ця гіпотеза потребує подальшого підкріплення на ширшому клінічному матеріалі. З практичної точки зору, це дає підстави застосовувати оздоровчі програми, спрямовані на збільшення м'язової маси у дітей з вегетативною дисфункцією у вигляді пригнічення парасимпатичної ланки АНС та одночасної гіперактивності її симпатичної ланки. Особливо показовим є той факт, що від впливу BCM залежало 55,75% показника pNN50 у дівчат і 73,96% цього ж показника у хлопчиків.

Водночас не вдалося довести суттєвого впливу BCM на показники функціональної активності симпатичного відділу АНС, за винятком АМо у хлопчиків на рівні 50,09%. Причиною цього може бути відносно невелика кількість обстежених, яка не достатня для підтвердження статистично значимих ефектів. Те ж саме стосується і такого показника, як саркопенічний індекс (CI), який продемонстрував статистично кореляцію з більшістю показників BCP, але не проявляв суттєвого впливу на ці показники за результатами регресійного аналізу.

Ще одним важливим результатом нашого дослідження стало підтвердження низької інформативності широко розповсюдженого показника – індексу маси тіла – щодо його прогностичної цінності в дослідженнях впливу надмірної маси тіла на функціональний стан АНС. Так, нами виявлена слабка кореляція цього показника з одним параметром BCP у дівчат (TP) та з одним параметром у хлопчиків (HF), що повністю контрастує з показниками компонентного складу тіла. На наш погляд, це пов'язано з тим, що у категорію з

значенням $IMT > 25,0$ кг/м² потрапляють діти з різним співвідношенням жирової і м'язової тканини, яке робить цю категорію неоднорідною і спричинює значну дисперсію показників BCP.

Висновки

1. У підлітків із надмірною масою тіла функціональна активність парасимпатичної ланки АНС суттєво залежить від процент-

ного вмісту скелетних м'язів. Із зростанням м'язової маси зростає тонус парасимпатичної ланки і реципрокно пригнічується тонус симпатичної ланки АНС.

2. Використання показника індексу маси тіла недоцільно застосовувати як діагностичний критерій імовірності автономних дисфункцій, оскільки він практично не корелює із показниками функціонального стану АНС ні у дівчат, ні у хлопчиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kalicki B, Lipińska-Opałka A, Kowalczyk K, Mycroft K, Królikowska J, Rustecka A, Wawrzyniak A. Excessive Body Weight and Immunological Response in Children with Allergic Diseases. *Adv Exp Med Biol.* 2019. Vol. 1211. P. 77-87. doi: 10.1007/5584_2019_426. – PMID: 31456043.
2. Tyrovolas S, Panagiotakos D, Georgousopoulou E, et al. Skeletal muscle mass in relation to 10-year cardiovascular disease incidence among middle-aged and older adults: the ATTICA study. *J Epidemiol Community Health.* 2020. T. 74, №1. C. 26-31.
3. Kumar S, Kelly AS. Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. *Mayo Clin Proc.* 2017. Vol. 92, №2. P. 251-265. doi: 10.1016/j.mayocp.2016.09.017. Epub 2017 Jan 5. PMID: 28065514.
4. Singhal A. Obesity in Toddlers and Young Children: Causes and Consequences. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser.* 2020. Vol. 95. P. 41-51. doi: 10.1159/000511510. Epub 2020 Nov 6. PMID: 33161404.
5. Kumar A, Jaryal A, Gulati S, et al. Cardiovascular Autonomic Dysfunction in Children and Adolescents With Rett Syndrome. *Pediatr Neurol.* 2017. Vol. 70. P. 61-66. doi: 10.1016/j.pediatrneurol.2017.01.010. Epub 2017 Jan 17. PMID: 28351539.
6. Liao D, Rodríguez-Colón SM, He F, Bixler EO. Childhood obesity and autonomic dysfunction: risk for cardiac morbidity and mortality. *Curr Treat Options Cardiovasc Med.* 2014. Vol. 16, No. 10. P. 342. doi: 10.1007/s11936-014-0342-1. PMID: 25143120; PMCID: PMC4159679.
7. Riva P, Martini G, Rabbia F, Milan A, Paglieri C, Chiandussi L, Veglio F. Obesity and autonomic function in adolescence. *Clin Exp Hypertens.* 2001. Vol. 23, No. 1-2. P. 57-67. doi: 10.1081/ceh-100001197. PMID: 11270589.
8. Baum P, Petroff D, Classen J, Kiess W, Blüher S. Dysfunction of autonomic nervous system in childhood obesity: a cross-sectional study. *PLoS One.* 2013. Vol. 8, No. 1. e54546. doi: 10.1371/journal.pone.0054546. PMID: 23358101; PMCID: PMC3554723.
9. Kusumoto FM, Schoenfeld MH, Barrett C, et al. 2018 ACC/AHA/HRS Guideline on the Evaluation and Management of Patients With Bradycardia and Cardiac Conduction Delay: A Report of the American College of Cardiology. American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Heart Rhythm Society. *Circulation.* 2019. Vol. 140, No. 8. P. e382-e482. doi: 10.1161/CIR.0000000000000628.
10. McLeod M, Breen L, Hamilton DL et al. Live strong and prosper: the importance of skeletal muscle strength for healthy ageing. *Biogerontology.* 2016. Vol. 17. P. 497-510.
11. Boileau R A, Lohman, T G & Slaughter MH. (1985). Exercise and body composition of children and youth. *Scandinavian Journal of Sports Sciences.* 1985. Vol. 7, No. 1. P. 17-27.
12. Srikanthan P, Horwich TB, Tseng CH. Relation of muscle mass and fat mass to cardiovascular disease mortality. *Am J Cardiol.* 2016. Vol. 117, No. 8. P. 1355-1360.
13. Sanchez-Rodriguez D, Marco E, Cruz-Jentoft AJ. Defining sarcopenia: some caveats and challenges. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care.* 2020. P. 127-132.
14. Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia. *Lancet.* 2019 Jun 29;393(10191):2636-2646. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31138-9. Epub 2019 Jun 3.
15. Landi F, Calvani R, Cesari M, Tosato M, Martone AM, Ortolani E, et al. Sarcopenia: an Overview on Current Definitions, Diagnosis and Treatment. *Curr Protein Pept Sci.* 2018;19:633–8.
16. Zembura M, Czepczor-Bernat K, Dolibog P, Dolibog PT, Matusik P. Skeletal muscle mass, muscle strength, and physical performance in children and adolescents with obesity. *Front. Endocrinol.* 2023;14:1252853.



17. Dodds RM, Syddall HE, Cooper R, Benzeval M, Deary IJ, Dennison EM, et al. Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. *PloS One*. 2014;9(12):e113637.
18. McCarthy HD, Samani-Radia D, Jebb SA, Prentice AM. Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents. *Pediatr Obes*. 2014;9(4):249–59.
19. Merli M. Pediatric sarcopenia: exploring a new concept in children with chronic liver disease. *J Pediatr (Rio J)*. 2020;96:406–8.
20. Jung HN, Jung CH, Hwang YC. Sarcopenia in youth. *Metabolism*. 2023 Jul;144:155557.

Отримано 12.12.2023 р.