

МОДУЛЯЦІЯ ПОКАЗНИКІВ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ У ЖІНОК СТАРШИХ ВІКОВИХ ГРУП

Ляшенко Валентина Петрівна,

доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри біології людини, хімії та методики навчання хімії
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
ORCID ID: 0000-0001-5849-278X

Дуванов Дмитро Сергійович,

аспірант кафедри біології людини, хімії та методики навчання хімії
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
ORCID ID: 0009-0006-9757-2196

У статті представлено результати дослідження модуляції показників варіабельності серцевого ритму (ВСР) у жінок середнього та похилого віку. Участь в дослідженні взяли 57 умовно здорових жінок віком від 44 до 80 років, поділених за класифікацією ВООЗ на дві групи: 44–60 років ($n=21$, середній вік $47,62 \pm 2,13$ роки) та 61–80 років ($n=36$, середній вік $66,13 \pm 5,02$ роки). Суточне холтерівське моніторування ЕКГ проводилося в медичному центрі ТОВ «МЕД-СОЮЗ» (м. Суми, Україна) з використанням системи «КардіоСенс CS» (ТОВ «ХАІ-МЕДИКА», м. Харків, Україна). Аналізувалися часові показники ВСР, такі як середній інтервал RR (mRR: 858,50 (750,37; 957,79) мс у групі середнього віку вдень проти 813,05 (683,36; 893,81) мс у групі похилого віку), SDNNi (80,28 (76,17; 145,18) мс проти 61,07 (47,31; 104,56) мс), RMSSD (118,79 (84,85; 195,87) мс проти 117,13 (63,59; 127,94) мс), а також частотні показники: LF, HF, LF/HF та Амо%. Дані оброблялися з розділенням на денний (08:00–22:00) і нічний (22:00–08:00) періоди. Статистична обробка включала критерій Шапіро-Вілکا для перевірки нормальності (ненормальний розподіл, $p < 0,05$) і U-тест Манна-Вітні для порівняння груп ($p < 0,05$). Результати показали значне зниження LF (1453,59 (266,57; 3427,03) мс² проти 748,24 (589,76; 2381,27) мс², $p < 0,05$) і HF (1291,27 (565,96; 5034,61) мс² проти 1452,58 (895,42; 2944,44) мс², $p < 0,05$) у групі похилого віку, що свідчить про зменшення загальної варіабельності та парасимпатичної активності з віком. Водночас Амо% суттєво зростає (38,57 (35,90; 41,84)% проти 68,46 (66,42; 70,59)%, $p < 0,001$), вказуючи на посилення автономної регуляції, ймовірно, через постменопаузальний дефіцит естрогенів, який впливає на баланс АНС. LF/HF залишався стабільним (0,70 (0,51; 0,90) проти 0,70 (0,60; 0,80), $p > 0,05$) демонструючи збереження симпато-парасимпатичного балансу для денного періоду, а для нічного періоду також не виявлено значних відмінностей після видалення викидів (0,49 (0,21; 0,57) проти 0,57 (0,23; 0,80), $p > 0,05$). Нічні зміни показали зростання HF (6363,06 (3908,87; 11896,74) мс² проти 887,14 (425,23; 5580,90) мс²) і зниження LF/HF (0,49 (0,21; 0,57) проти 0,57 (0,23; 0,80), $p < 0,05$), однак менші значення HF у старших жінок підкреслюють зниження парасимпатичних резервів. Висновки вказують на суттєвий вплив віку та гормональних змін на ВСР, а також на потенційну роль Амо% як маркера серцево-судинного ризику, що потребує подальших досліджень для розробки профілактичних стратегій у жінок старших вікових груп.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, автономна нервова система, електрокардіографія, LF, HF, LF/HF, Амо%, жінки, гормональні зміни, постменопауза, середній вік, похилий вік, старіння, серцево-судинний ризик, адаптація.

Liashenko Valentyna, Duvanov Dmytro. Modulation of Heart Rate Variability Parameters in Women of Older Age Groups

The article presents the results of a study on the modulation of heart rate variability (HRV) parameters in middle-aged and older women. A total of 57 conditionally healthy women aged 44–80 years participated, divided according to the WHO classification into two groups: 44–60 years ($n=21$, mean age 47.62 ± 2.13 years) and 61–80 years ($n=36$, mean age 66.13 ± 5.02 years). Twenty-four-hour ambulatory Holter ECG monitoring was conducted at the "MED-SOYUZ" Medical Center LLC (Sumy, Ukraine) using the "CardioSens CS" system (KhAI-MEDIKA LLC, Kharkiv, Ukraine). Temporal HRV parameters, such as the mean RR interval (mRR: 858.50 (750.37; 957.79) ms in the middle-aged group during daytime vs. 813.05 (683.36; 893.81) ms in the elderly group), SDNNi (80.28 (76.17; 145.18) ms vs. 61.07 (47.31; 104.56) ms), and RMSSD (118.79 (84.85; 195.87) ms vs. 117.13 (63.59; 127.94) ms), as well as spectral parameters (LF, HF, LF/HF, and Amo%), were analyzed. Data were processed by dividing into daytime (08:00–22:00) and nighttime (22:00–08:00) periods. Statistical analysis included the Shapiro-Wilk test for normality (non-normal distribution, $p < 0.05$) and the Mann-Whitney U-test for group comparisons ($p < 0.05$). Results revealed a significant reduction in LF (1453.59 (266.57; 3427.03) ms² vs. 748.24 (589.76; 2381.27) ms², $p < 0.05$) and HF (1291.27 (565.96; 5034.61) ms² vs. 1452.58 (895.42; 2944.44) ms², $p < 0.05$) in the elderly group, indicating a decrease in overall variability and parasympathetic activity with age. Conversely, Amo% significantly increased (38.57 (35.90; 41.84)% vs. 68.46 (66.42; 70.59)%, $p < 0.001$), suggesting enhanced autonomic regulation, likely due to postmenopausal estrogen deficiency affecting autonomic balance. The LF/HF ratio remained stable (0.70 (0.51; 0.90) vs. 0.70 (0.60; 0.80), $p > 0.05$), demonstrating preserved sympatho-parasympathetic balance for the daytime period, and no significant differences were found for the nighttime period after removing outliers (0.49 (0.21; 0.57) vs. 0.57 (0.23; 0.80), $p > 0.05$). Nighttime changes showed an increase in HF (6363.06 (3908.87; 11896.74) ms² vs. 887.14 (425.23; 5580.90) ms²) and a decrease in LF/HF (0.49 (0.21; 0.57) vs. 0.57 (0.23; 0.80), $p < 0.05$), although lower HF values in older women highlight diminished parasympathetic reserves. The findings underscore the significant impact of aging and hormonal changes on HRV, as well as the potential role of Amo% as a marker of cardiovascular risk, necessitating further research to develop preventive strategies for older women.

Key words: heart rate variability, autonomic nervous system, electrocardiography, LF, HF, LF/HF, Amo%, women, hormonal changes, postmenopause, middle age, old age, aging, cardiovascular risk, adaptation.

Вступ. Варіабельність серцевого ритму (BCP) є визнаним неінвазивним методом оцінки функціонального стану вегетативної нервової системи (ВНС), яка відіграє ключову роль у регуляції серцевої діяльності та адаптації організму до змінних умов [1]. BCP відображає динамічну взаємодію симпатичної та парасимпатичної гілок ВНС, що проявляється у змінах часових (mRR, SDNN, RMSSD) і частотних (LF, HF, LF/HF) показників [2]. З віком відбуваються значні зміни в нейрогуморальній регуляції, включаючи зниження загальної варіабельності та зсув балансу в бік симпатичної домінанти, що пов'язано з фізіологічним старінням і гормональними перебудовами, особливо у жінок [3; 4].

Старіючі жінки становлять значну частку населення світу та їх кількість зростає. Кількість жінок у віці 60 років і старше збільшиться з приблизно 336 млн. у 2000 році до більше, ніж 1 млрд. у 2050 році. Жінки перевищують чисельність чоловіків у старших вікових групах, і цей дисбаланс збільшується з віком. У всьому світі налічується близько 123 жінок на кожні 100 чоловіків віком 60 років і старше, 189/100 – віком 80 років і старше та 385/100 – у віці 100 років [5, с. 3].

Актуальність вивчення BCP у жінок середнього та похилого віку зумовлена кількома факторами. По-перше, зниження BCP вважається маркером погіршення адаптаційних можливостей організму та пов'язане з підвищеним ризиком серцево-судинних захворювань (ССЗ), таких як гіпертонія та аритмії [6]. По-друге, у жінок гормональні зміни, особливо в постменопаузальний період, впливають на автономну регуляцію, що може посилювати вікові зсуви у BCP [7]. Зокрема, зниження рівня естрогенів пов'язане з послабленням парасимпатичного тону та зростанням симпатичної активності, що відображається у спектральних показниках [8]. Нарешті, підвищення індексу автономної регуляції (Амо%) може вказувати на компенсаторні механізми, які потребують подальшого вивчення в контексті старіння [9].

Метою цього дослідження було детальне вивчення модуляції часових і частотних показників BCP, включаючи LF, HF, LF/HF та Амо%, у умовно здорових жінок середнього (44–60 років) і похилого (61–80 років) віку в умовах добового моніторування. Завданням дослідження було виявити вікові особливості нейрогуморальної регуляції, оцінити вплив вікових змін і визначити потенційну клінічну значимість отриманих даних для профілактики ССЗ.

Матеріали та метод. У дослідженні взяли участь 57 умовно здорових жінок віком від 44 до 80 років, поділених на дві групи за класифікацією ВООЗ: 44–60 років (n=21, середній вік $47,62 \pm 2,13$ роки) та 61–80 років (n=36, середній вік $66,13 \pm 5,02$ роки). Усі учасниці не мали скарг на здоров'я, не страждали на серцево-судинні

захворювання в анамнезі та дали письмову інформовану згоду на участь. Дослідження проводилося на базі медичного центру ТОВ «МЕД-СОЮЗ» (м. Суми, Україна) з використанням системи добового амбулаторного холтерівського моніторування ЕКГ «КардіоСенс CS» (ТОВ «ХАІ-МЕДІКА», м. Харків, Україна), сертифікованої для клінічного застосування [10].

Реєстрація ЕКГ здійснювалася протягом 24 годин із розділенням даних на денний (08:00–22:00) і нічний (22:00–08:00) періоди. Оцінювалися часові показники BCP: середній інтервал RR (mRR), стандартне відхилення інтервалів RR (SDNNi), квадратний корінь із середнього квадрата різниць послідовних RR-інтервалів (RMSSD), а також частотні показники: загальна потужність спектра (TP), наднизькочастотний (ULF, 0–0,003 Гц), дуже низькочастотний (VLF, 0,003–0,04 Гц), низькочастотний (LF, 0,04–0,15 Гц) і високочастотний (HF, 0,15–0,4 Гц) компоненти, співвідношення LF/HF та індекс автономної регуляції (Амо%) [2]. Ці параметри характеризують центральну та периферичну ланки нейрогуморальної регуляції, включаючи баланс симпатичної та парасимпатичної активності [11].

Для виключення впливу зовнішніх факторів учасникам рекомендувалося утриматися від вживання кофеїну, алкоголю та інтенсивних фізичних навантажень за 24 години до моніторування. Дані оброблялися з використанням вбудованого ПЗ «КардіоСенс CS». Нормальність розподілу перевірялася за допомогою критерію Шапіро-Вілка та тесту Колмогорова-Смирнова; через ненормальний розподіл більшості показників ($p < 0,05$) для порівняння груп застосовувався непараметричний U-тест Манна-Вітні [12] (табл. 1).

Результати. Отримані результати тестів нормальності показали, що більшість показників BCP у обох вікових групах мають ненормальний розподіл ($p < 0,05$ за критерієм Шапіро-Вілка та тестами Колмогорова-Смирнова), що зумовило використання непараметричних методів аналізу. Зокрема, для низькочастотного компонента (LF) за день у групі 44–60 років статистика Шапіро-Вілка становила 0,802 при 21 ступені свободи ($p = 0,001$), а у групі 61–80 років – 0,818 при 36 ступенях свободи ($p = 0,000$), вказуючи на значне відхилення від нормального розподілу (табл. 1). Подібна картина спостерігалася для нічного LF: 0,694 ($p = 0,000$) у молодшій групі та 0,721 ($p = 0,000$) у старшій. Для високочастотного компонента (HF) за день статистика Шапіро-Вілка становила 0,734 ($p = 0,000$) у групі 44–60 років і 0,865 ($p = 0,000$) у групі 61–80 років, а вночі – 0,850 ($p = 0,004$) і 0,792 ($p = 0,000$) відповідно. Співвідношення LF/HF також демонструвало ненормальний розподіл: за день – 0,810 ($p = 0,001$) і 0,910 ($p = 0,006$), вночі – 0,852 ($p = 0,005$) і 0,869 ($p = 0,001$). Індекс автономної регуляції (Амо%) мав нормальний

розподіл лише за день у групі 44–60 років (0,939, $p = 0,208$) і вночі у цій же групі (0,960, $p = 0,510$), тоді як у групі 61–80 років розподіл був ненормальним ($p < 0,000$ для обох періодів) (табл. 1).

Часові показники, такі як mRR, SDNNi та RMSSD, також демонстрували ненормальний розподіл у більшості випадків, що підтверджує необхідність використання непараметричних методів для подальшого аналізу. Ці результати свідчать про асиметрію та наявність потенційних викидів у даних, що впливає на їхню варіабельність і вимагає обережного підходу до інтерпретації [11].

Ненормальний розподіл даних може свідчити про кілька факторів, характерних для досліджуваної популяції жінок старших вікових груп. По-перше, асиметрія в розподілі показників, таких як LF і HF, може бути пов'язана з індивідуальними відмінностями в фізіологічному стані, зокрема з різними рівнями фізичної активності, гормональними змінами (наприклад, постменопаузальним дефіцитом естрогенів) або наявністю субклінічних порушень ВНС, які не проявляються клінічно, але впливають на варіабельність серцевого ритму [6]. По-друге, значні значення $p < 0,05$ у тестах нормальності вказують на наявність викидів або крайніх значень, що характерно для біологічних даних, особливо у жінок похилого віку, де можуть спостерігатися більш виражені флуктуації через вікові зміни або індивідуальні особливості адаптації [17]. Наприклад, для LF/HF вночі у групі 61–80 років статистика Шапіро-Вілка (0,869, $p = 0,001$) і наявність викидів, які були видалені для подальшого аналізу, підтверджують необхідність ретельної перевірки даних на аномалії, що ми виконали перед застосуванням

U-тесту. По-третє, ненормальний розподіл може відображати природну гетерогенність популяції, пов'язану зі старінням, коли фізіологічні показники стають менш стабільними через зниження регуляторних функцій ВНС і гормональних змін [1; 13]. Нормальний розподіл Амо% лише у групі 44–60 років може вказувати на відносну стабільність автономної регуляції у жінок середнього віку, тоді як у старшій групі його ненормальність може свідчити про більшу варіабельність і компенсаторні механізми, пов'язані з постменопаузальними змінами [7]. Ці висновки підкреслюють важливість використання непараметричних методів, таких як U-тест Манна-Вітні, для коректного порівняння груп і забезпечують основу для подальшого аналізу вікових змін ВСР (табл. 2).

Медіанні значення з 25-м і 75-м процентилями для ключових показників ВСР у групі 44–60 років були наступними: LF (день) – 1453,59 (266,57; 3427,03) мс², HF (день) – 1291,27 (565,96; 5034,61) мс², LF/HF (день) – 0,70 (0,51; 0,90), Амо% (день) – 38,57 (35,90; 41,84)%; LF (ніч) – 1410,48 (1175,09; 6074,41) мс², HF (ніч) – 6363,06 (3908,87; 11896,74) мс², LF/HF (ніч) – 0,49 (0,21; 0,57), Амо% (ніч) – 50,15 (47,67; 53,68)%. У групі 61–80 років ці показники суттєво відрізнялися: LF (день) – 748,24 (589,76; 2381,27) мс², HF (день) – 1452,58 (895,42; 2944,44) мс², LF/HF (день) – 0,70 (0,60; 0,80), Амо% (день) – 68,46 (66,42; 70,59)%; LF (ніч) – 664,36 (183,33; 4435,48) мс², HF (ніч) – 887,14 (425,23; 5580,90) мс², LF/HF (ніч) – 0,57 (0,23; 0,80), Амо% (ніч) – 72,32 (70,67; 75,66)% (табл. 2). Часові показники також демонструють вікові зміни: mRR за день у групі 44–60 років становить 858,50 (750,37; 957,79) мс, тоді як у групі

Таблиця 1

Критерії нормального розподілу за результатами перевірки нормальності розподілу показників ВСР

Показник	Вікова група	Колмогорова-Смирнова ^a			Критерій Шапіро-Вілка		
		Статистика	ст.св.	Значимість	Статистика	ст.св.	Значимість
LF, мс ² (день)	1	0,236	21	0,004	0,802	21	0,001
	2	0,205	36	0,001	0,818	36	0,000
LF, мс ² (ніч)	1	0,350	21	0,000	0,694	21	0,000
	2	0,291	36	0,000	0,721	36	0,000
HF, мс ² (день)	1	0,300	21	0,000	0,734	21	0,000
	2	0,215	36	0,000	0,865	36	0,000
HF, мс ² (ніч)	1	0,220	21	0,009	0,850	21	0,004
	2	0,298	36	0,000	0,792	36	0,000
LF/HF (день)	1	0,243	21	0,002	0,810	21	0,001
	2	0,197	36	0,001	0,910	36	0,006
LF/HF (ніч)	1	0,199	21	0,030	0,852	21	0,005
	2	0,228	36	0,000	0,869	36	0,001
Амо, % (день)	1	0,111	21	0,200*	0,939	21	0,208
	2	0,282	36	0,000	0,509	36	0,000
Амо, % (ніч)	1	0,148	21	0,200*	0,960	21	0,510
	2	0,231	36	0,000	0,596	36	0,000

Групи 44–60 (1) та 61–80 років (2) (тест Шапіро-Вілка та Колмогорова-Смирнова, $p < 0,05$ – ненормальний розподіл); * – це нижня межа справжньої значимості; а – корекція значимості Лілієфорса; ст.св – ступені свободи. Статистична обробка проводилася з використанням програми IBM SPSS Statistics 25, рівень значимості приймався як $p < 0,05$.

**Середні показники варіабельності серцевого ритму у групах 44–60 та 61–80 років
(медіана (25-й; 75-й процентиль))**

Показник	44-60 років (n=21)	61-80 років (n=36)
LF (день), мс ²	1453,59 (266,57; 3427,03)	748,24 (589,76; 2381,27)
LF (ніч), мс ²	1410,48 (1175,09; 6074,41)	664,36 (183,33; 4435,48)
HF (день), мс ²	1291,27 (565,96; 5034,61)	1452,58 (895,42; 2944,44)
HF (ніч), мс ²	6363,06 (3908,87; 11896,74)	887,14 (425,23; 5580,90)
LF/HF (день)	0,70 (0,51; 0,90)	0,70 (0,60; 0,80)
LF/HF (ніч)	0,49 (0,21; 0,57)	0,57 (0,23; 0,80)
Амо% (день)	38,57 (35,90; 41,84)	68,46 (66,42; 70,59)
Амо% (ніч)	50,15 (47,67; 53,68)	72,32 (70,67; 75,66)

Значення p для порівняння груп наведено в тексті (U-тест Манна-Вітні, $p < 0,05$ для LF, HF, Амо%; $p > 0,05$ для LF/HF).

61–80 років – 813,05 (683,36; 893,81) мс; SDNNi знижується з 80,28 (76,17; 145,18) мс у молодшій групі до 61,07 (47,31; 104,56) мс у старшій; RMSSD залишається відносно стабільним: 118,79 (84,85; 195,87) мс проти 117,13 (63,59; 127,94) мс. Ці дані ілюструють вікові зміни ВСР і відображаються на рисунках 1–8, що демонструють коробкові графіки для частотних показників та індексу автономної регуляції.

Аналіз отриманих результатів свідчить про значні вікові зміни в модуляції ВСР. Зокрема, низькочастотний компонент (LF), який відображає комбінований вплив симпатичної та парасимпатичної гілок автономної нервової системи (АНС), значно знижується з віком. У групі 44–60 років медіана LF за день становить 1453,59 (266,57; 3427,03) мс², тоді як у групі 61–80 років вона зменшується до 748,24 (589,76; 2381,27) мс² ($p < 0,05$, U-тест), що вказує на послаблення загальної нейрогуморальної регуляції (рис. 1).

LF (день/ніч, мс²) у жінок віком 44–60 та 61–80 років; графік відображає медіани, квартилі та розподіл значень компонентів варіабельності серцевого ритму за денний та нічний період у двох вікових групах, що підтверджу-

ють значне зниження LF з віком ($p < 0,05$, U-тест Манна-Вітні).

Нічний LF також демонструє аналогічну тенденцію: 1410,48 (1175,09; 6074,41) мс² у молодшій групі проти 664,36 (183,33; 4435,48) мс² у старшій ($p < 0,05$), що може свідчити про зменшення адаптаційних резервів ВНС з віком. Ці зміни узгоджуються з літературними даними про зниження варіабельності як маркера фізіологічного старіння, пов'язаного з послабленням як симпатичної, так і парасимпатичної активності [1; 13].

Високочастотний компонент (HF), який асоціюється переважно з парасимпатичною активністю, також зазнає вікових змін, але з певними особливостями. За день HF у групі 44–60 років становить 1291,27 (565,96; 5034,61) мс², тоді як у групі 61–80 років – 1452,58 (895,42; 2944,44) мс², що може вказувати на відносну стабільність або навіть незначне підвищення в денний період, можливо, через компенсаторні механізми ($p < 0,05$, U-тест). Проте вночі HF значно знижується у старшій групі – з 6363,06 (3908,87; 11896,74) мс² у групі 44–60 років до 887,14 (425,23; 5580,90) мс² у групі 61–80 років ($p < 0,05$), що підкреслює послаблення парасимпатичних резервів у жінок

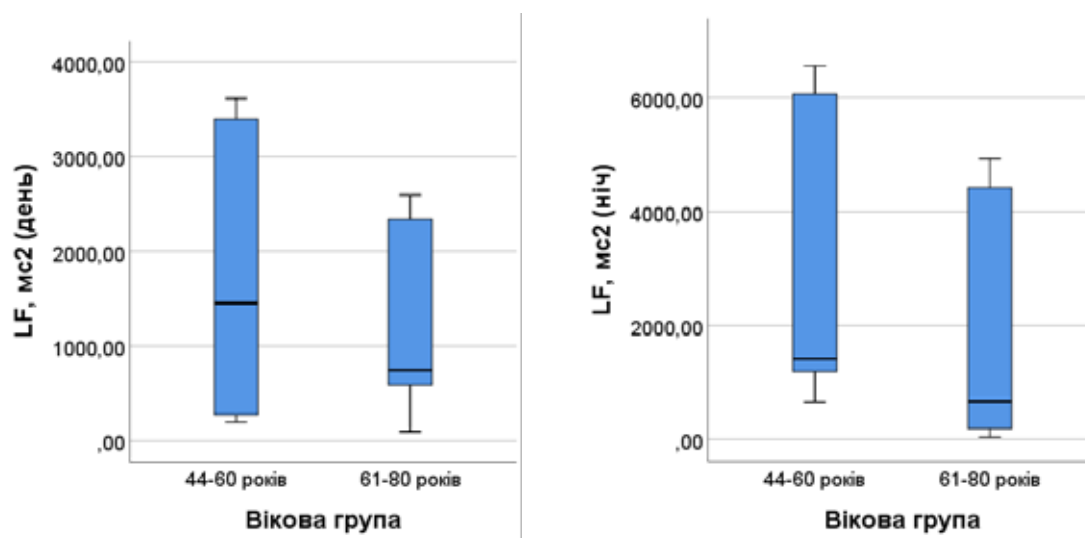


Рис. 1. Коробковий графік для показника LF (день/ніч, мс²)

похилого віку. Це зниження HF вночі є критичним показником, оскільки парасимпатична активність домінує уві сні, і його зменшення може свідчити про порушення адаптації до нічного відновлення, що характерно для старіння [17].

Співвідношення LF/HF, яке відображає баланс між симпатичною та парасимпатичною активністю, залишалося стабільним з віком. За день воно становить 0,70 (0,51; 0,90) у групі 44–60 років і 0,70 (0,60; 0,80) у групі 61–80 років ($p > 0,05$), що вказує на збереження симпато-парасимпатичного балансу в денний період. Нічний LF/HF також не демонструє значних відмінностей після видалення викидів: 0,49 (0,21; 0,57) проти 0,57 (0,23; 0,80) ($p > 0,05$), що підтверджує стабільність цього показника з віком, незважаючи на зменшення загальної варіабельності. Ці дані узгоджуються з рекомендаціями Task Force, які підкреслюють LF/HF як маркер балансу ВНС [3].

Індекс автономної регуляції (Amo%), який відображає ступінь автономної активності АНС, суттєво зростає з віком. За день Amo% у групі 44–60 років становить 38,57 (35,90; 41,84)%, тоді як у групі 61–80 років – 68,46 (66,42; 70,59)% ($p < 0,001$, U-тест), що вказує на посилення автономної регуляції, ймовірно, через компенсаторні механізми на тлі зниження загальної варіабельності. Нічний Amo% також демонструє значне зростання: 50,15 (47,67; 53,68)% у молодшій групі проти 72,32 (70,67; 75,66)% у старшій ($p < 0,001$), що підкреслює посилення автономної активності вночі у жінок похилого віку. Це зростання Amo% може бути пов'язане з гормональними змінами, зокрема постменопаузальним дефіцитом естрогенів, який впливає на баланс АНС, сприяючи відносному підвищенню симпатичної активності [7; 8].

Часові показники також демонструють вікові зміни. Середній інтервал RR (mRR) за день у групі 44–60 років становить 858,50 (750,37; 957,79) мс, тоді як у групі 61–80 років – 813,05 (683,36; 893,81) мс, що вказує на незначне зниження частоти серцевих скорочень з віком, можливо, через зниження фізіологічної активності ($p < 0,05$). SDNNi, що відображає загальну варіабельність, зменшується з 80,28 (76,17; 145,18) мс у молодшій групі до 61,07 (47,31; 104,56) мс у старшій ($p < 0,05$), підтверджуючи зниження адаптаційних можливостей АНС. RMSSD, який асоціюється з парасимпатичною активністю, залишається відносно стабільним: 118,79 (84,85; 195,87) мс проти 117,13 (63,59; 127,94) мс ($p > 0,05$), що може вказувати на збереження короткострокової варіабельності, але з меншим розмахом у старшій групі.

Ці вікові зміни мають важливе клінічне значення, оскільки зниження LF і HF, особливо вночі, асоціюється з підвищеним ризиком серцево-судинних захворювань (ССЗ), включно з раптовою серцевою смертю [4]. Зростання Amo% може слугувати раннім індикатором автономної дисрегуля-

ції, що потребує подальшого вивчення в контексті гормональних змін, зокрема дефіциту естрогенів у постменопаузальний період [6; 14; 15]. Нічні зміни, такі як зростання HF у молодшій групі та його значне зниження у старшій, відображають фізіологічну парасимпатичну домінанту уві сні, яка з віком послаблюється, що свідчить про порушення адаптаційних механізмів [17]. Аналіз виявив наявність викидів у групі 61–80 років для LF/HF вночі, які спочатку спотворювали результати, вказуючи на значимі відмінності ($p = 0,003$). Після їх видалення відмінності стали незначними ($p > 0,05$), що підтверджує стабільність балансу симпатичної та парасимпатичної систем з віком і підкреслює важливість перевірки даних на аномалії.

Отримані дані підкреслюють суттєвий вплив віку на нейрогуморальну регуляцію ВСР у жінок, з акцентом на послаблення парасимпатичної активності, стабільність симпато-парасимпатичного балансу (LF/HF) та компенсаторне підвищення автономної регуляції (Amo%). Ці зміни можуть бути пов'язані з гормональними перебудовами, зокрема зниженням рівня естрогенів, і вказують на необхідність подальших досліджень для оцінки їхньої ролі як маркерів серцево-судинного ризику [7; 9; 18; 19]. Результати ілюструють, як старіння впливає на адаптаційні можливості організму, що має важливе значення для розробки профілактичних стратегій у жінок старших вікових груп.

Висновки. 1. З віком у жінок спостерігається зниження LF і HF, що вказує на зменшення загальної варіабельності серцевого ритму та послаблення парасимпатичної активності, зумовлене фізіологічним старінням і зниженням функціональних резервів ВНС. Одночасно відзначається значне збільшення Amo%, що відображає посилення автономної регуляції, ймовірно, пов'язане з постменопаузальним зниженням естрогенів та компенсаторним зростанням симпатичної активності.

2. Збереження LF/HF на стабільному рівні ($p > 0,05$) свідчить про підтримання балансу між симпатичною та парасимпатичною системами, незважаючи на зниження потужності спектральних компонентів, в умовно здорових жінок як у денний, так і в нічний період після видалення викидів, що підкреслює адаптивну стійкість ВНС з віком.

3. Нічні зміни ВСР, включаючи зростання HF і зниження LF/HF, відображають фізіологічну парасимпатичну домінанту уві сні, однак менші абсолютні значення HF у жінок похилого віку вказують на вікове зниження парасимпатичної реактивності.

4. Результати підкреслюють вплив гормональних змін, зокрема дефіциту естрогенів, на модуляцію ВСР і важливість подальших досліджень ролі Amo% як потенційного маркера ризику ССЗ. Отримані дані можуть бути використані для розробки стратегій раннього моніторингу та профілактики серцево-судинних порушень у жінок старших вікових груп.

Література:

1. Sammito S., Thielmann B., Böckelmann I. Update: Factors influencing heart rate variability – A narrative review. *Frontiers in Physiology*. 2024. № 15(1430458). P. 1-8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1430458>.
2. Geovanini G. R., Vasques E. R., Alvim R. O., Mill J. G. Age and sex differences in heart rate variability and vagal specific patterns – Baependi Heart Study. *Global Heart*. 2020. Vol. 15, № 1:71. P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.5334/gh.873>.
3. Malik M., Bigger J.T., Camm A. J., Kleiger R. E., Malliani A., Moss A. J. Schwartz P. J. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology, & the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *European Heart Journal*. 1996. № 17 (3). P. 354–381. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868>.
4. Godijk N. G., Vos A. G., Jongen V. W., Moraba R., Tempelman H., Grobbee D. E., Roel F.C., Devillé W., Klipstein-Grobusch K. Heart Rate Variability, HIV and the Risk of Cardiovascular Diseases in Rural South Africa. *Global Heart*. 2020. Vol. 15, № 1:17. DOI: <https://doi.org/10.5334/gh.532>.
5. World Health Organization. Women, ageing and health: A framework for action: Focus on gender. In *Women, ageing and health: a framework for action: focus on gender*. 2007. URL: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43810/9789241563529_eng.pdf;jsessionid=6CEF2A1A935A5F9FCFC8611A664E736D?sequence=1.
6. Leicht A. S., Flouris A. D., Kaltsatou A., Seely A. J., Herry C. L., Wright Beatty H. E., Kenny G. P. Age alters cardiac autonomic modulations during and following exercise-induced heat stress in females. *Temperature (Austin, Tex.)*. 2018. № 5(2). P. 184–196. DOI: <https://doi.org/10.1080/23328940.2018.1432918>.
7. Lee C. K., Lee J. H., Ha M. S. Comparison of the Effects of Aerobic versus Resistance Exercise on the Autonomic Nervous System in Middle-Aged Women: A Randomized Controlled Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. № 19(15):9156. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19159156>.
8. Huikuri H. V., Perkiömäki J. S., Maestri R., Pinna G. D. Clinical impact of evaluation of cardiovascular control by novel methods of heart rate dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. 2009. Vol. 367, № 1892. P. 1223–1238. DOI: <http://doi.org/10.1098/rsta.2008.0294>.
9. Kubota Y., Chen L. Y., Whitsel E. A., Folsom A. R. Heart rate variability and lifetime risk of cardiovascular disease: the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Ann Epidemiol*. 2017. № 27(10):619-625.e2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2017.08.024>.
10. Dolphin H., Dukelow T., Finucane C., Commings S., McElwaine P., Kennelly S. P., "The Wandering Nerve Linking Heart and Mind" – The Complementary Role of Transcutaneous Vagus Nerve Stimulation in Modulating Neuro-Cardiovascular and Cognitive Performance. *Frontiers in Neuroscience*. 2022. № 16:897303. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.897303>.
11. Rodgers J. L., Jones J., Bolleddu S. I. Cardiovascular Risks Associated with Gender and Aging. *Journal of cardiovascular development and disease*. 2019. № 6(2):19. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcdd6020019>.
12. Freeman R. Assessment of cardiovascular autonomic function. *Clin Neurophysiol*. 2006. Vol. 117(4). P. 716-730. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.09.027>.
13. Zeki A. I., Hazzouri A., Elfassy T., Carnethon M. R., Lloyd-Jones D. M., Yaffe K. Heart Rate Variability and Cognitive Function In Middle-Age Adults: The Coronary Artery Risk Development in Young Adults. *American journal of hypertension*. 2017. Vol. 31(1). P. 27-34. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajh/hpx125>.
14. Neufeld I. W., Kiselev A. R., Karavaev A. S., Prokhorov M. D., Gridnev V. I., Ponomarenko V. I., Bezruchko B. P. Autonomic control of cardiovascular system in pre- and postmenopausal women: a cross-sectional study. *Journal of the Turkish German Gynecological Association*. 2015. Vol. 16(1). P. 11-20. DOI: <https://doi.org/10.5152/jtgga.2015.15201>.
15. Harvard Health Publishing. What is heart rate variability? 2021. URL: <https://www.health.harvard.edu/heart-health/what-is-heart-rate-variability>.
16. Arantes F. S., Rosa Oliveira V., Leão A. K. M., Afonso J. P. R., Fonseca A. L., Fonseca D. R. P., Mello D. A. C. P. G., Costa I. P., Oliveira L. V. F., da Palma R. K.. Heart rate variability: A biomarker of frailty in older adults? *Frontiers in medicine*. 2022. № 9:1008970. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1008970>.
17. Sluyter J. D., Hughes A. D., Camargo C. A., Jr A. L., Scragg R. K. R. Relations of Demographic and Clinical Factors With Cardiovascular Autonomic Function in a Population-Based Study: An Assessment By Quantile Regression. *American Journal of Hypertension*. 2018. Vol. 31 (1). P. 53–62. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajh/hpx134>.
18. Zeki A.I., Hazzouri A., Haan M. N., Deng Y., Neuhaus J., Yaffe K. Reduced heart rate variability is associated with worse cognitive performance in elderly Mexican Americans. *Hypertension*. 2014. Vol. 63(1). P. 181-187. DOI: <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.01888>.
19. Earnest C. P., Blair S. N., Church T.S. Heart rate variability and exercise in aging women. *Journal Womens Health (Larchmt)*. 2012. Vol. 21(3). P. 334-339. DOI: <https://doi.org/10.1089/jwh.2011.2932>.

References:

1. Sammito, S., Thielmann, B., & Böckelmann, I. (2024). Update: Factors influencing heart rate variability – A narrative review. *Frontiers in Physiology*, 15(1430458), 1-8. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1430458>.
2. Geovanini, G. R., Vasques, E. R., Alvim, R. O., & Mill, J. G. (2020). Age and sex differences in heart rate variability and vagal specific patterns – Baependi Heart Study. *Global Heart*, 15(1):71, 1-12. DOI: <https://doi.org/10.5334/gh.873>.
3. Malik, M., Bigger, J.T., Camm, A. J., Kleiger R. E., Malliani, A., Moss, A. J. & Schwartz, P. J. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society

- of Cardiology, & the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *European Heart Journal*, 17(3), 354–381. DOI: <https://doi.org/doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868>.
4. Godijk, N. G., Vos, A. G., Jongen, V. W., Moraba, R., Tempelman, H., Grobbee, D. E., Klipstein-Grobusch, K. (2020). Heart Rate Variability, HIV and the Risk of Cardiovascular Diseases in Rural South Africa. *Global Heart*, 15(1), 17. DOI: <https://doi.org/10.5334/gh.532>.
 5. World Health Organization. (2007). Women, ageing and health: A framework for action: Focus on gender. In *Women, ageing and health: a framework for action: focus on gender*. URL: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/43810/9789241563529_eng.pdf;jsessionid=6CEF2A1A935A5F9FCFC8611A664E736D?sequence=1.
 6. Leicht, A. S., Flouris, A. D., Kaltsatou, A., Seely, A. J., Herry, C. L., Wright Beatty, H. E., & Kenny, G. P. (2018). Age alters cardiac autonomic modulations during and following exercise-induced heat stress in females. *Temperature (Austin, Tex.)*, 5(2), 184–196. DOI: <https://doi.org/10.1080/23328940.2018.1432918>.
 7. Lee, C. K., Lee, J. H., & Ha, M. S. (2022). Comparison of the effects of aerobic versus resistance exercise on the autonomic nervous system in middle-aged women: A randomized controlled study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9156. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19159156>.
 8. Huikuri, H. V., Perkiömäki, J. S., Maestri, R., & Pinna, G. D. (2009). Clinical impact of evaluation of cardiovascular control by novel methods of heart rate dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 367, 1223–1238. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0294>.
 9. Kubota, Y., Chen, L. Y., Whitsel, E. A., & Folsom, A. R. (2017). Heart rate variability and lifetime risk of cardiovascular disease: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *Annals of epidemiology*, 27(10), 619–625.e2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2017.08.024>.
 10. Dolphin, H., Dukelow, T., Finucane, C., Commings, S., McElwaine, P., & Kennelly, S. P. (2022). "The Wandering Nerve Linking Heart and Mind" – The Complementary Role of Transcutaneous Vagus Nerve Stimulation in Modulating Neuro-Cardiovascular and Cognitive Performance. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 897303. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.897303>.
 11. Rodgers, J. L., Jones, J., Bolleddu, S. I., Vanthenapalli, S., Rodgers, L. E., Shah, K., Karia, K., & Panguluri, S. K. (2019). Cardiovascular Risks Associated with Gender and Aging. *Journal of cardiovascular development and disease*, 6(2), 19. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcdd6020019>.
 12. Freeman R. (2006). Assessment of cardiovascular autonomic function. *Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 117(4), 716–730. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.09.027>.
 13. Zeki, A. I., Hazzouri, A., Elfassy, T., Carnethon, M. R., Lloyd-Jones, D. M., Yaffe, K. (2017). Heart Rate Variability and Cognitive Function In Middle-Age Adults: The Coronary Artery Risk Development in Young Adults. *American journal of hypertension*, 31(1), 27–34. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajh/hpx125>.
 14. Neufeld, I. W., Kiselev, A. R., Karavaev, A. S., Prokhorov, M. D., Gridnev, V. I., Ponomarenko, V. I., & Bezruchko, B. P. (2015). Autonomic control of cardiovascular system in pre- and postmenopausal women: a cross-sectional study. *Journal of the Turkish German Gynecological Association*, 16(1), 11–20. DOI: <https://doi.org/10.5152/jtgga.2015.15201>.
 15. Harvard Health Publishing. (2021). *Harvard Health*. What is heart rate variability? URL: <https://www.health.harvard.edu/heart-health/what-is-heart-rate-variability>.
 16. Arantes, F. S., Rosa Oliveira, V., Leão, A. K. M., Afonso, J. P. R., Fonseca, A. L., Fonseca, D. R. P., Mello, D. A. C. P. G., Costa, I. P., Oliveira, L. V. F., & da Palma, R. K. (2022). Heart rate variability: A biomarker of frailty in older adults? *Frontiers in medicine*, 9, 1008970. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.1008970>.
 17. Sluyter, J. D., Hughes, A. D., Camargo, C. A., Jr, A. L., Scragg, R. K. R. (2018). Relations of Demographic and Clinical Factors With Cardiovascular Autonomic Function in a Population-Based Study: An Assessment By Quantile Regression. *American Journal of Hypertension*, 31 (1), 53–62, DOI: <https://doi.org/10.1093/ajh/hpx134>.
 18. Zeki, A.I., Hazzouri, A., Haan, M. N., Deng, Y., Neuhaus, J., & Yaffe, K. (2014). Reduced heart rate variability is associated with worse cognitive performance in elderly Mexican Americans. *Hypertension*, 63(1), 181–187. DOI: <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.113.01888>.
 19. Earnest, C. P., Blair, S. N., & Church, T. S. (2012). Heart rate variability and exercise in aging women. *Journal of women's health*, 21(3), 334–339. DOI: <https://doi.org/10.1089/jwh.2011.2932>.