

УДК: 616.12-008.28-073:612.22-073.763.5-053.31  
DOI: 10.24061/2413-4260.IX.2.32.2019.6

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ  
АУСКУЛЬТАЦІЇ СЕРЦЯ  
У НОВОНАРОДЖЕНИХ  
(ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ)

*В. А. Шелевицька\**, *Т. К. Мавропуло\**,  
*І. В. Шелевицький\*\**

Державний заклад «Дніпропетровська медична академія Міністерства охорони здоров'я України» \*  
(м. Дніпро, Україна),  
Криворізький економічний інститут Державного вищого навчального закладу «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана» \*\*  
(м. Кривий Ріг, Україна)

### Резюме

**Вступ.** Відомо, що належне дослідження аускультативних змін серцевих тонів надає життєво важливу клінічну інформацію, яка може допомогти у діагностиці та лікуванні захворювань серця у новонароджених. Вивчення електронної аускультативної серця були проведені в різних популяціях. Показано, що співвідношення амплітуди першого серцевого тону  $S1$  до амплітуди другого серцевого тону  $S2$  могло б забезпечити неінвазивну оцінку серцевої діяльності. Доведено, що ці показники можуть бути використані для відображення взаємозв'язку між скорочувальною здатністю серця та периферичним опором, а також для оцінки відносного стану робочого навантаження лівого та правого шлуночків.

Основною метою роботи було дослідження показників, що ґрунтуються на відносних значеннях неонатальних електронних фонокардіограм для оцінки відмінностей між ними у новонароджених різного гестаційного віку та для оцінки серцевої функції у новонароджених.

**Матеріали та методи дослідження.** Обстежені 343 новонароджені дитини гестаційного віку від 26 до 42 тижнів. У групі обстежених дітей не було виявлено пренатально або після народження вад розвитку серця і великих судин, а також не було виявлено патологічних змін за допомогою традиційної аускультативної. Наступні дослідження методом електронної аускультативної були виконані за допомогою цифрового стетоскопу Thinklabs Model ds32a + у п'яти стандартних точках прослуховування. Запис звуку проводився цифровим диктофоном Sony-ICD-UX71. Аналіз отриманих фонокардіограм здійснювався за допомогою розробленої комп'ютерної програми "Hearttone D".

**Результати дослідження.** Вимірювали, обчислювали та аналізували співвідношення амплітуди першого серцевого тону до амплітуди другого тону серця ( $s1\_a\_max / s2\_a\_max$ ), співвідношення ширини першого серцевого тону до ширини другого серцевого тону ( $s1\_width / s2\_width$ ) у новонароджених. Виявлені достовірні відмінності цих показників у новонароджених різного гестаційного віку.

Новонароджені діти з гестаційним віком 33-35 тижнів мали достовірні відмінності показників  $s1\_a\_max / s2\_a\_max$  за наявності відкритої артеріальної протоки. У дітей з відкритою артеріальною протокою значення цього параметра були вищими.

**Висновки.** Існують значні відмінності електронних фонокардіограм новонароджених різних гестаційних вікових груп. Новонароджені діти з гестаційним віком 33-35 тижнів мали достовірні відмінності показників  $s1\_a\_max / s2\_a\_max$  за наявності відкритої артеріальної протоки. Отримані результати доводять необхідність подальших досліджень електронної аускультативної серця для раннього рентабельного скринінгу та контролю перебігу серцево-судинних захворювань у новонароджених дітей.

**Ключові слова:** електронна аускультативна; параметри фонокардіограми; новонароджені різного гестаційного віку.

### Вступ

Аускультативна залишається стандартним методом скринінгової оцінки новонароджених та дітей під час планових обстежень, хоча діагностична значущість цього методу сильно залежить від досвіду лікаря. Комп'ютерний аналіз серцевих звуків, записаних за допомогою електронного стетоскопу, дозволяє розрізнити патологічну та фізіологічну аускультативну картину. Такий підхід дозволяє стандартизувати результати аускультативної та уникнути непотрібних додаткових обстежень.

Доступ до спеціалізованої медичної допомоги в країнах, що розвиваються, утруднений, і, як наслідок, дослідження, яке може безпечно зменшити потребу в такому втручанні, може бути дуже

вигідним. Подібний алгоритм діагностики може бути використаний і в умовах достатніх ресурсів для допомоги медичному персоналу, який не має достатніх навичок кардіологічної діагностики (більшість направлень до кардіологів чи для проведення ехокардіографії є результатом нездатності лікарів загальної практики розрізнити фізіологічні і патологічні серцеві шуми). Спрощення діагностики серцевих шумів може бути використаним також в практиці лікарів-спеціалістів, наприклад, для розмежування дихальних та серцевих шумів, шумів апаратів штучної вентиляції. Тож, автоматизований аналіз і інтерпретація серцевих звуків знаходиться у центрі уваги багатьох досліджень [1, 2].

В порівнянні з ехокардіографічним обстеженням, як золотим стандартом, комп'ютерний алгоритм оцінки даних електронної аускультатії у відношенні патологічних шумів має чутливість 87 %, специфічність 100 %, позитивну прогностичну цінність 100 %, негативну прогностичну цінність 90 % і точність 94 % [1, 3].

Нормальний серцевий звук має виразніші періодичні складові, ніж шум функціонуючої артеріально протоки (ФАП) та шум закриття ФАП. Цю інформацію пропонують використовувати для оцінки ефективності процедури закриття ФАП у недоношених новонароджених [4].

Спектральний аналіз частот серцевих звуків з використанням записів цифрового стетоскопа відрізняється у дітей з та без легеневої гіпертензії [5].

Доведений зв'язок між амплітудою першого тону серця (S1) та скоротливістю міокарда. Так як існує багато факторів, які впливають на абсолютні дані амплітуди звуків серця, запропоновано використання показників співвідношення амплітуди першого тону S1 до амплітуди другого тону серця S2 (S1/S2) і співвідношення тривалості періодів серцевого циклу. Було доведено, що ці показники можуть бути використані для відображення співвідношення між скоротливістю серця і периферичним опором, для оцінки відносного стану навантаження лівого і правого шлуночків [6-9]. В дослідженнях X. Yang, W. Zeng (2010, 2011) було доведено, що показники співвідношення параметрів електронної фонокардіограми розрізняються у дітей різного гестаційного віку та можуть бути використаними для вимірювання та оцінки серцевого резерву у новонароджених (межі нормальних діапазонів можуть бути використаними для відсіву новонароджених, які потребують додаткового консультування) [8, 9].

Тож, основною метою роботи було дослідження показників, що ґрунтуються на відносних значеннях неонатальних електронних фонокардіограм, для оцінки відмінностей між ними у новонароджених різного гестаційного віку та для оцінки серцевої функції у новонароджених.

### Матеріали та методи досліджень

Обстежені 343 новонароджені дитини протягом перших п'яти діб життя. Гестаційний вік становив від 26 до 42 тижнів (розподіл дітей за гестаційним віком відображено в таблицях 1, 2).

Протягом перших 4-х діб життя була проведена доплерехокардіографія, диференційована пульсоксиметрія та електронна аускультатія. Пренатальне ультразвукове дослідження плоду та постнатальна клінічна та ультразвукова оцінка не виявляла ознак будь-яких структурних аномалій серця та великих судин. У групі обстежених дітей не визначалися будь-які патологічні зміни при традиційній аускультатії.

Електронна аускультатія виконувалася цифровим стетоскопом Thinklabs Model ds32a+ у режимі максимального підсилення звуку та звуженого сектора вислуховування. Запис звуку здійснювався на цифровий диктофон Sony-ICD-UX71. Процедура здійснювалася під час сну або за умови відсутності крику та підвищеної рухливості дитини. Аускультатія проводилася у 5 стандартних точках. Тривалість запису у кожній точці становила біля 10-15 секунд для отримання 20-30 серцевих циклів. Аналіз отриманих фонокардіограм здійснювався за допомогою розробленої комп'ютерної програми «Hearttone-D» (розробник Шелевицький І.В.) та включав виділення стабільних фрагментів в точках запису, автоматичне виявлення тонів серця у фрагментах, розрахунок і оцінку параметрів серцевих циклів після ідентифікації серцевих тонів [10]. Аналізувалися співвідношення максимальних по модулю значень амплітуд першого та другого тонів ( $s1\_a\_max/s2\_a\_max$ ) та співвідношення ширини першого та другого тонів ( $s1\_width/s2\_width$ ), зареєстрованих в першій точці вислуховування (було проведено аналіз 1371 записів).

Дослідження схвалено Комісією з питань біомедичної етики Державного закладу «Дніпропетровська медична академія Міністерства охорони здоров'я України».

### Результати дослідження та їх обговорення

Значення параметру  $s1\_a\_max/s2\_a\_max$  в обстеженій групі становило  $1,38 \pm 0,028$  (медіана – 1,06), значення 25-го перцентилля – 0,72, 75-го – 1,71. Значення параметру  $s1\_width/s2\_width$  в обстеженій групі становило  $9,38 \pm 0,24$  (медіана – 6,53), значення 25-го перцентилля – 3,79, 75-го – 12,03. Були оцінені співвідношення максимумів першого та другого тонів у першій точці вимірювання у дітей перших чотирьох днів життя з різним гестаційним віком (табл. 1).

Таблиця 1

### Показники співвідношення максимальних по модулю значень амплітуд першого та другого тонів у дітей перших чотирьох днів життя з різним гестаційним віком

№	Гестаційний вік	Кількість вимірів	Співвідношення максимальних по модулю значень амплітуд першого та другого тонів ( $s1\_a\_max/s2\_a\_max$ )			Достовірні відмінності з дітьми різного гестаційного віку (в тижнях). Множинні порівняння, LSD-тест ( $p < 0,05$ )
			Середнє значення	Середнє квадратичне відхилення	Стандартна похибка середнього	
1	26	9	3,524669	1,932397	0,644132	27-42
2	27	24	1,083646	0,885712	0,180795	26, 29-34, 37
3	29	6	2,110377	0,815277	0,332836	26, 27, 36, 38, 40-41
4	30	19	1,913944	1,234242	0,283155	26, 27, 33, 36, 38-41
5	31	24	1,989982	1,153747	0,235508	26, 27, 33, 35, 36, 38-41
6	32	25	2,401682	1,547324	0,309465	26, 27, 34-41

7	33	27	2,615430	1,476019	0,284060	26,27, 30,31, 34-41
8	34	34	1,708537	0,923698	0,158413	26,27, 32,33,36, 38-41
9	35	67	1,499962	1,285374	0,157033	26, 31-33, 38, 40, 41
10	36	59	1,217440	0,754094	0,098175	26, 29-34, 37
11	37	117	1,589922	1,307861	0,120912	26,27,32,33,36, 38-41
12	38	169	1,116841	0,776386	0,059722	26, 29-35, 37, 39
13	39	346	1,342963	0,881066	0,047366	26, 30-34, 37,38, 41
14	40	302	1,221006	0,877124	0,050473	26, 29-35, 37
15	41	137	1,137525	0,733292	0,062649	26, 29-35, 37, 39
16	42	6	1,886845	0,811705	0,331377	26
		1371	1,379234	1,024580	0,027671	

Дослідження X. Yang, W. Zeng (2010) продемонстрували, що показник співвідношення амплітуд першого та другого тонів серця в групі доношених новонароджених (в цілому) був вищим, ніж у недоношених ( $1,25 \pm 1,22$  проти  $1,16 \pm 0,75$ ), але відмінності між ними не були достовірними. Використання статистичного методу множинних порівнянь (LSD-тест) показало наявність відмінностей вказаного співвідношення між дітьми різного гестаційного віку в нашому дослідженні. Найбільша кіль-

кість достовірних відмінностей була зафіксована щодо дітей з гестаційним віком 26, 31-34, 36-41 тижні. Менша кількість відмінностей зафіксована в групах з гестаційним віком 42 тижні, що, можливо, було обумовлено меншою кількістю дітей в групі.

Статистичні відмінності у дітей різних вікових груп також були продемонстровані відносно співвідношення тривалості першого та другого тонів у дітей перших чотирьох днів життя з різним гестаційним віком (табл. 2).

Таблиця 2

**Показники співвідношення тривалості першого та другого тонів серця у новонароджених перших чотирьох днів життя з різним гестаційним віком**

№	Гестаційний вік	Кількість вимірів	Співвідношення тривалості першого та другого тонів			Достовірні відмінності з дітьми різного гестаційного віку (в тижнях). Множинні порівняння, LSD-тест ( $p < 0,05$ )
			Середнє значення	Середнє квадратичне відхилення	Стандартна похибка середнього	
1	26	9	9,82705	6,94401	2,314672	-
2	27	24	8,32428	10,69684	2,183483	34
3	29	6	6,14912	2,86633	1,170175	34
4	30	19	9,27128	11,14631	2,557139	34
5	31	24	11,93802	17,85276	3,644179	33,36, 41
6	32	25	10,86008	7,33178	1,466356	33, 36
7	33	27	5,31349	3,46887	0,667583	31, 32, 34, 35, 39, 40
8	34	34	15,07644	18,61869	3,193079	27, 29, 30, 33, 35, 40, 41
9	35	67	10,25125	7,79837	0,952723	33, 34, 36
10	36	59	5,93710	4,43784	0,577758	31, 32, 34, 35, 37, 40
11	37	117	8,91973	8,23914	0,761709	34, 36
12	38	169	8,76342	8,47267	0,651744	34, 36
13	39	346	10,09288	9,09482	0,488941	33, 34, 36, 41
14	40	302	9,87301	8,72936	0,502318	33, 34, 36, 41
15	41	137	7,72521	5,76618	0,492638	31, 34, 39, 40
16	42	6	7,88029	6,99036	2,853802	-
		1371	9,37748	8,97395	0,242362	

Достовірні відмінності між групами дітей з різним гестаційним віком також були виявлені, але їх було набагато менше. Найбільша кількість відмінностей характеризувала дітей з гестаційним віком 33, 34, 36 тижнів.

На наступному етапі роботи ми проаналізували показники співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів у дітей перших чотирьох днів життя з різним гестаційним віком в залежності від стану артеріальної протоки (закрита або відкрита гемодинамічно незначуща/малозначуща) (табл. 3).

Діти гестаційного віку 33-35 тижнів з функціонуючою артеріальною протокою мали достовірно вищі показники співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів серця, в порів-

нянні з новонародженими з закритою протокою.

В якості прикладу. Було проведено обстеження 10 новонароджених з гестаційним віком 34 тижні на третю добу життя. У 5 дітей функціонуюча артеріальна протока при проведенні ехокардіографічного обстеження не виявлялась. Показник співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів становив в групі  $1,54 \pm 0,10$  (minimum-maximum – 1,36-1,94). У 5 новонароджених функціонуюча артеріальна протока виявлялась і показник співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів становив в групі  $2,73 \pm 0,46$  (minimum-maximum – 1,54-3,87). Відмінності між групами були достовірними ( $p = 0,0472$  згідно підрахування критерія Kruskal-Wallis).

Таблиця 3

**Показники співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів у новонароджених перших чотирьох днів життя з різним гестаційним віком в залежності від стану артеріальної протоки**

№	Гестаційний вік	Артеріальна протока (0 – закрита, 1 – відкрита)	Кількість дітей	Співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів		
				Середнє	Середнє квадратичне відхилення	Стандартна похибка середнього
1.	26	0	0			
2.	26	1	9	3,711148	2,250996	0,750332
3.	27	0	0			
4.	27	1	24	1,117023	0,855414	0,174611
5.	29	0	0			
6.	29	1	6	2,245703	1,109079	0,452779
7.	30	0	0			
8.	30	1	19	1,502299	0,861413	0,197622
9.	31	0	7	3,628032	1,980633	0,748609
10.	31	1	17	1,492757	0,664340	0,161126
11.	32	0	0			
12.	32	1	25	1,863813	0,795823	0,159165
13.	33	0	9	1,485769*	0,800577	0,266859
14.	33	1	18	2,592245*	1,194470	0,281539
15.	34	0	18	1,352029*	0,424086	0,099958
16.	34	1	16	1,980201*	0,754637	0,188659
17.	35	0	24	0,744199*	0,317183	0,064745
18.	35	1	43	1,799103*	1,345921	0,205251
19.	36	0	20	1,203135	0,481071	0,107571
20.	36	1	39	1,197197	0,828160	0,132612
21.	37	0	86	1,678580	1,294194	0,139557
22.	37	1	31	1,549435	0,644583	0,115771
23.	38	0	121	1,230014	0,804282	0,073117
24.	38	1	48	0,900271	0,472429	0,068189
25.	39	0	212	1,372809	0,767824	0,052734
26.	39	1	134	1,340750	0,701944	0,060639
27.	40	0	164	1,297325	0,763323	0,059605
28.	40	1	138	1,008859	0,442371	0,037657
29.	41	0	80	1,265052	0,891658	0,099690
30.	41	1	57	1,187783	0,623269	0,082554
31.	42	0	4	1,551958	0,686714	0,343357
32.	42	1	2	1,424690	0,548239	0,387663
	All Groups		1371	1,361563	0,899005	0,024280

**Примітка.** \* - наявність достовірних відмінностей показника у дітей одного гестаційного віку ( $p < 0,05$  згідно підрахування критерія Kruskal-Wallis).

Діти гестаційного віку 33-35 тижнів з функціонуючою артеріальною протокою мали достовірно вищі показники співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів серця, в порівнянні з новонародженими з закритою протокою.

В якості прикладу. Було проведено обстеження 10 новонароджених з гестаційним віком 34 тижні на третю добу життя. У 5 дітей функціонуюча артеріальна протока при проведенні ехокардіографічного обстеження не виявлялась. Показник співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів становив в групі  $1,54 \pm 0,10$  (minimum-maximum – 1,36-1,94). У 5 новонароджених функціонуюча артеріальна протока виявлялась і показник співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів становив в групі  $2,73 \pm 0,46$  (minimum-maximum – 1,54-3,87). Відмінності між групами були достовірними ( $p = 0,0472$  згідно підрахування критерія Kruskal-Wallis).

### Висновки

При проведенні електронної аускультатії серця виявлені достовірні відмінності між показниками співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів серця та співвідношення тривалості першого та другого тонів у новонароджених перших чотирьох днів життя з різним гестаційним віком. Зважаючи на це, оцінка параметрів фонокардіографії у новонароджених дітей повинна проводитись відповідно до гестаційного віку при народженні.

Діти гестаційного віку 33-35 тижнів з функціонуючою артеріальною протокою мали вищі показники співвідношення максимумів амплітуди першого та другого тонів серця, в порівнянні з новонародженими з закритою протокою.

### Перспективи подальших досліджень

Отримані результати доводять необхідність подальших досліджень електронної аускультатії

серця для раннього рентабельного скринінгу та контролю перебігу серцево-судинних захворювань у новонароджених дітей.

### Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність конфлікту

### Література

1. Lai LS, Redington AN, Reinisch AJ, Unterberger MJ, Schriebl AJ. Computerized Automatic Diagnosis of Innocent and Pathologic Murmurs in Pediatrics: A Pilot Study. *Congenit Heart Dis.* 2016;11(5):386-95. doi: 10.1111/chd.12328.
2. Dwivedi AK, Imtiaz SA, Rodriguez-Villegas E. Algorithms for Automatic Analysis and Classification of Heart Sounds – A Systematic Review. *IEEE Access [Internet].* 2018[cited 2019 Mar 16];7:8316-8345. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8586788> doi: 10.1109/access.2018.2889437.
3. Fenster ME, Hokanson JS. Heart murmurs and echocardiography findings in the normal newborn nursery. *Congenit Heart Dis.* 2018;13(5):771-5. doi: 10.1111/chd.12651.
4. Po-Hsun S, Jieh-Neng W, Bo-Wei C, Ling-Sheng J, Jhing-Fa W. Auditory-inspired heart sound temporal analysis for patent ductus arteriosus. In: 2013 1st International Conference on Orange Technologies (ICOT). 2013 Mar 12-16; Taiwan. Piscataway, NJ; 2013, p.231-4. doi: 10.1109/icot.2013.6521199.
5. Elgendi M, Bobhate P, Jain S, Guo L, Rutledge J, Coe Y, Zemp R, Schuurmans D, Adata I. Spectral analysis of the heart sounds in children with and without pulmonary artery hypertension. *Int J Cardiol.* 2014;173(1):92-9. doi: 10.1016/j.ijcard.2014.02.025.
6. Xiao S, Guo X, Sun X, Xiao Z. A relative value method for measuring and evaluating cardiac reserve. *Biomed Eng Online [Internet].* 2002[cited 2019 Mar 23];1:6. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC149375/> doi: 10.1186/1475-925X-1-6.
7. Wu WZ, Guo XM, Xie ML, Xiao ZF, Yang Y, Xiao SZ. Research on First heart sound and second heart sound amplitude variability and reversal phenomenon-a new finding in athletic heart study. *J Medical and Biological Engineering.* 2009;29(4): 202-5.
8. Yang X, Zeng W. A relative value method for measuring and evaluating neonatal cardiac reserve. *Indian J Pediatr.* 2010;77(6):661-4. doi: 10.1007/s12098-010-0058-5.
9. Yang X, Zeng W. Determination of cardiac reserve in preterm infants. *Turk J Pediatr.* 2011;53(3):308-
10. Shelevytsky I, Shelevytska V, Golovko V, Semenov B. Segmentation and Parametrization of the Phonocardiogram for the Heart Conditions Classification in Newborns. In: *IEEE Second International Conference on Data Stream Mining and Processing.* 2018 Aug 21-25; Lviv. Lviv; p. 430-3. doi: 10.1109/DSMP.2018.8478495.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АУСКУЛЬТАЦИИ СЕРДЦА У НОВОРОЖДЁННЫХ (ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)

*В. А. Шелевицкая, Т. К. Мавропуло, И. В. Шелевицкий*

Государственное учреждение «Днепропетровская  
медицинская академия Министерства  
здравоохранения Украины» \*

(г. Днипро, Украина)

Криворожский экономический институт

Государственного высшего учебного заведения  
«Киевский национальный экономический  
университет имени Вадима Гетьмана» \*\*

(г. Кривой Рог, Украина)

### Резюме

**Вступление.** Известно, что надлежащее исследование аускультативных изменений сердечных тонов предоставляет жизненно важную клиническую информацию, которая может помочь в диагностике и лечении заболеваний сердца у новорождённых. Изучения электронной аускультации были проведены в различных популяциях. Показано, что соотношение амплитуды первого сердечного тона S1 и амплитуды второго сердечного тона S2 могло бы обеспечить неинвазивную оценку сердечной деятельности. Доказано, что эти показатели могут быть использованы для отражения взаимосвязи между сократительной способностью сердца и периферическим сопротивлением, а также для оценки относительного состояния рабочей нагрузки левого и правого желудочков.

Основной целью работы было исследование по-

интересів при підготовці даної статті.

### Джерела фінансування

Дослідження виконано за грантової підтримки  
Grand Challenges Canada.

### USE OF ELECTRONIC CARDIAC AUSCULTATION IN THE NEWBORNS (PRACTICAL ASPECTS)

*V. A. Shelevytska\*, T. K. Mavropulo\*, I. V. Shelevytsky\*\**

State institution  
«Dnipropetrovsk Medical Academy of the  
Ministry of Health of Ukraine» \*

(Dnipro, Ukraine),

Kryvyi Rih economical institute

of «Kyiv state national  
economical university  
of Vadim Getman» \*\*

(Kryvyi Rih, Ukraine)

### Summary

**Intriduction.** Proper investigation of the abnormalities in heart sounds is known to provide vital clinical information that can assist in the diagnosis and management of cardiac conditions in the newborns. Systematic studies were conducted in various populations by using electronic cardiac auscultation and the ratio of the amplitude of first heart sound S1 to the amplitude of second heart sound S2 could provide a non-invasive assessment of cardiac activity. It has been proved that these indicators can be used to reflect the relationship between the cardiac contractility and the peripheral resistance and to evaluate the relative workload status of the left and right ventricles, respectively.

**Objective.** The primary objective of this work was to devise some indicators based on relative values

казателей, основанных на относительных значениях неонатальных электронных фонокардиограмм для оценки различий между ними у новорожденных различного гестационного возраста и для оценки сердечной функции у новорожденных.

**Материалы и методы исследования.** Обследованы 343 новорожденных ребенка гестационного возраста от 26 до 42 недель. В группе обследованных детей пренатально или после рождения не было выявлено пороков развития сердца и крупных сосудов, а также не было выявлено патологических изменений с помощью традиционной аускультации. Последующие исследования методом электронной аускультации были выполнены с помощью цифрового стетоскопа Thinklabs Model ds32a + в пяти стандартных точках прослушивания. Запись звука проводилась цифровым диктофоном Sony-ICD-UX71. Анализ полученных фонокардиограмм осуществлялся с помощью разработанной компьютерной программы "Hearttone D".

**Результаты исследования.** Измеряли, вычисляли и анализировали соотношение амплитуды первого сердечного тона к амплитуде второго тона сердца ( $s1\_a\_max / s2\_a\_max$ ), соотношение ширины первого сердечного тона к ширине второго сердечного тона ( $s1\_width / s2\_width$ ) у новорожденных. Были выявлены достоверные различия этих показателей у новорожденных различного гестационного возраста.

Новорожденные дети с гестационным возрастом 33-35 недель имели достоверные отличия показателей  $s1\_a\_max / s2\_a\_max$  при наличии открытого артериального протока. У детей с открытым артериальным протоком значение этого параметра было более высоким.

**Выводы.** Существуют значительные различия электронных фонокардиограмм новорожденных различных гестационных возрастных групп. Новорожденные дети с гестационным возрастом 33-35 недель имели достоверные отличия показателей  $s1\_a\_max / s2\_a\_max$  при наличии открытого артериального протока. Полученные результаты доказывают необходимость дальнейших исследований электронной аускультации для раннего рентабельного скрининга и контроля течения сердечно-сосудистых заболеваний у новорожденных детей.

**Ключевые слова:** электронная аускультация; параметры фонокардиограммы; новорожденные различного гестационного возраста.

**Контактна інформація:**

**Мавропуло Тетяна Карлівна** – доктор медичних наук, професор, професор кафедри педіатрії та неонатології ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України» (м. Дніпро, Україна).  
**Контактна адреса:** вул. Володарського, 125, м. Дніпро, 49037, Україна  
**Контактний телефон:** +38 (050) 321 42 08  
**e-mail:** mavropulotk@ukr.net  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9351-3080>  
**Researcher ID:** <http://www.researcherid.com/rid/U-5631-2017>

**Контактная информация:**

**Мавропуло Татьяна Карловна** – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры педиатрии и неонатологии ГУ «Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины» (г. Днепр, Украина).  
**Контактный адрес:** ул. Володарского, 125, г. Днепр, 49037, Украина.  
**Контактный телефон:** +38 (050) 321 42 08  
**e-mail:** mavropulotk@ukr.net  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9351-3080>  
**Researcher ID:** <http://www.researcherid.com/rid/U-5631-2017>

**Contact Information:**

**Mavropulo Tatiana** – MD, Professor, Professor of Pediatric and Neonatology Department at the SI «Dnipropetrovsk Medical Academy of Health Ministry of Ukraine» (Dnipro, Ukraine).  
**Contact address:** ul. Volodarsky, 125, Dnepro, 49037, Ukraine.  
**Contact phone:** +38 (050) 321 42 08  
**e-mail:** mavropulotk@ukr.net  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9351-3080>  
**Researcher ID:** <http://www.researcherid.com/rid/U-5631-2017>

of the neonatal electronic phonocardiograms for evaluating the differences between them in newborns of different gestational age and for evaluating the neonatal cardiac heart activity.

**Materials and methods.** 343 newborn babies of gestational age 26 to 42 weeks were examined. In the group of examined children, no structural defects of the heart and large vessels were found prenatal or after birth as well as no pathological changes were detected using traditional auscultation. The following study using electronic auscultation was performed by the digital stethoscope Thinklabs Model ds32a + at five standard listening points. The sound recording was performed on the Sony-ICD-UX71 digital voice recorder. The analysis of received phonocardiograms was carried out with the help of the developed computer program "Hearttone D".

**Results.** The amplitude ratio of the first heart sound to the second heart sound ( $s1\_a\_max / s2\_a\_max$ ), the width ratio of the first heart sound to the second heart sound ( $s1\_width / s2\_width$ ) of the neonates were measured, calculated and analyzed. Revealed significant differences between these indicators in newborns of different gestational age.

Newborn babies with a gestational age of 33-35 weeks had significant differences in  $s1\_a\_max / s2\_a\_max$  in the presence of a patent ductus arteriosus. Newborns with a patent ductus arteriosus had higher values of this parameter.

**Conclusions.** There are significant differences in the electronic phonocardiograms of newborns from different gestational age groups. Newborn babies with a gestational age of 33-35 weeks had significant differences in  $s1\_a\_max / s2\_a\_max$  in the presence of a patent ductus arteriosus. The obtained results indicate that further research is required to gain a better understanding of the electronic auscultation of the heart for the early cost-effective screening and control of the course of cardiovascular diseases in newborns.

**Key words:** Electronic Auscultation; Parameters of Phonocardiography; Newborns of Different Gestational Age.