

# ЗМІНИ ГЕМОДИНАМІКИ У ДІТЕЙ З СЕПСИСОМ

Шадрін В.О., Євтушенко В.В.

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

**Резюме. Актуальність.** Сепсис відноситься до найчастіших причин смерті дітей в світі. Важкий перебіг сепсису звичайно асоціюється з розвитком септичного шоку та розвитком поліорганної недостатності. Важливе місце в комплексному обстеженні та контролі ефективності лікування належить моніторингу показників гемодинаміки.

**Мета дослідження.** Вивчення змін центральної та периферичної гемодинаміки за допомогою ехокардіографії та ультразвукової доплерографії у дітей з сепсисом.

**Матеріал та методи.** Проведено ретроспективне дослідження випадків сепсису у дітей віком від 0 до 18 років, які проходили лікування у відділенні інтенсивної терапії. Хворим проводився моніторинг центральної та периферичної гемодинаміки за допомогою ехокардіографії (ЕхоКГ) та ультразвукової доплерографії (УЗДГ).

**Результати.** Було досліджено 108 випадків, які відповідали критеріям сепсису. У 53,7% хворих етіологічним фактором був менінгокок, у 0,9% – стафілокок, у 0,9% – пневмокок, у 0,9% – ерсія, у 41,7% – етіологію не було встановлено. У 81 дитини перебіг сепсису був без проявів шоку та у 28 пацієнтів захворювання ускладнилось септичним шоком. У 12 – захворювання закінчилось летально. Розвиток септичного шоку асоціювався з суттєво вищими показниками частоти серцевих скорочень (ЧСС) та підвищенням індексів периферичного опору (RI) в черевному стовбурі та ниркових артеріях. Неприятливими щодо фатального перебігу захворювання були високий показник ЧСС, та зниження діастолічної швидкості (V<sub>tin</sub>) у черевному стовбурі та ниркових артеріях.

**Заключення.** Ехокардіографія та ультразвукова доплерографія у дітей з сепсисом дозволяють оцінювати характер та ступінь кардіоваскулярної дисфункції. Дослідження регіонарного кровотоку може бути діагностичним критерієм розвитку септичного шоку та має прогностичне значення у дітей з сепсисом.

**Ключові слова:** сепсис, шок, гемодинаміка, діти.

**Введення.** Сепсис відноситься до найчастіших причин смерті дітей в світі [1]. Важкий перебіг сепсису звичайно асоціюється з розвитком септичного шоку та розвитком поліорганної недостатності. При лікуванні хворих з септичним шоком чільне місце належить гемодинамічній підтримці та адекватному моніторингу центральної та периферичної гемоциркуляції [2]. Базові дослідження таких хворих включають об'єктивні дані, вітальні функції, діурез, артеріальний та центральний венозний тиск, пульсоксиметрію та рівень лактату в сироватці крові. Для ефективного лікування також рекомендується проводити інструментальний контроль за показниками переднавантаження, скоротливої здатності серця та перфузії тканин.

Стандартними тестами для оцінки серцевого переднавантаження є визначення центрального венозного тиску, тиску в югулярних венах (правий шлуночок) та тиску оклюзії легеневої артерії (лівий шлуночок). Проте останніми роками рекомендується застосовувати більш ефективні показники, такі як пульсо-тискові коливання, коливання систолічного тиску, зміни серцевого викиду. Для цього використовується метод транспульмонарної термодилуції (PiCCO), дилуції літію (LiDCO), ехокардіографії. Для моніторингу скоротливої функції серця пропонується застосовувати методи дилуції (PiCCO, LiDCO), аналіз пульсової хвилі (Finapres, Nexfin), ехокардіографію, ультразвукову доплерографію, визначення біоімпедансу (Lifegard, TEBCO) та

визначення елімінації CO<sub>2</sub> (NICO). Перфузію тканин оцінюють за допомогою контрастних методів (МРТ), позитронної емісійної томографії, скінтіграфії, тканинної фотометрії, органної термодилуції, доплерографії та лазерної доплерографії [3], [4]. Серед наведених методів моніторингу гемодинаміки ехокардіографія та ультразвукова доплерографія має певні переваги. Зокрема, це неінвазивна методика, яка дозволяє на одному апаратному устаткуванні здійснювати дослідження як системних, так і регіонарних показників кровотоку, які вимагаються сучасними протоколами лікування септичного шоку. Проведення дослідження не передбачає спеціальної підготовки пацієнта та дозволяє проводити дослідження безпосередньо біля ліжка хворого. Проте в доступній літературі зустрічаються лише окремі повідомлення про комплексні дослідження центральної та регіонарної гемодинаміки за допомогою ехокардіографії та ультразвукової доплерографії у дітей з септичним шоком.

**Метою** даної роботи було вивчення змін центральної та периферичної гемодинаміки за допомогою ехокардіографії та ультразвукової доплерографії у дітей з сепсисом.

**Матеріали та методи.** Проведено ретроспективне дослідження випадків септичного шоку у дітей віком від 0 до 18 років, які проходили лікування у відділенні інтенсивної терапії Київської міської дитячої клінічної інфекційної лікарні протягом 2006-2016 років.

Наявність сепсису та септичного шоку визначали за критеріями міжнародного консенсусу [5]. Хворим проводився моніторинг центральної та периферичної гемодинаміки за допомогою ехокардіографії (ЕхоКГ) та ультразвукової доплерографії (УЗДГ). Дослідження проводилось за допомогою УЗД апарату Siemens Sienna з конвексними датчиками 5-7,5 МГц та 3,5-5 МГц і лінійним датчиком 7,5МГц. Ехокардіографічне дослідження проводилось трансторакально з лінійним визначенням кінцеводіастолічного (КДР) та кінцевосистолічного (КСР) розміру, волюметричним обчисленням кінцеводіастолічного та кінцевосистолічного об'ємів лівого шлуночка з наступним розрахунком ударного об'єму (УО) за Teicholz, систолічного індексу (СІ), фракції вигнання (ФВ) [6]. Нормальним показником СІ вважали 3,5-5,0 л/хв/м<sup>2</sup> [7]. Фракцію вигнання (ФВ) оцінювали як нормальну при значеннях 56-78% [8]. Переднавантаження лівого шлуночка визначали за показником кінцево-діастолічного діаметру (КДД) лівого шлуночка [9]. Для оцінки переднавантаження розраховували кінцево-діастолічний індекс (КДІ) [10]. Нормальними значеннями КДІ вважали 50-84 мл/м<sup>2</sup> [11]. Постнавантаження оцінювали за показником питомого загального периферичного опору (ПЗПО), який розраховували за спрощеною формулою ПЗПО=Середній артеріальний тиск/СІ [12]. Нормальним вважали рівень ПЗПО в межах 1200 – 2400 дін\*с\*см – 5\*м<sup>2</sup> (800 – 1200 для дітей від 0 до 12 міс) [13]. За допомогою ультразвукової доплерографії досліджувались характеристики кровотоку в черевній аорті, ниркових артеріях, верхній брижовій артерії, черевному стовбурі та задній великоомілкової артерії. УЗДГ проводилось за стандартною методикою з визначенням систолічної (V max) та діастолічної (V min) швидкостей кровотоку. Для черевного стовбуру, ниркової та верхньої брижової артерії розраховувався також індекс периферичного опору RI (RI=(Vmax-Vmin)/Vmax) [14]. Проводився аналіз результатів дослідження центральної гемодинаміки та регіонарного кровотоку, отримані при дослідженні пацієнтів в періоді 12 годин після госпіталізації.

Статистичну обробку проводили залежно від характеру даних за допомогою тесту Хі-квадрат, точного критерію Фішера, тесту Манна-Уїтні. В описовій статистиці використовували представлення даних у вигляді середне

значення (M)±стандартне відхилення (SD). Статистично значущою вважали різницю при значенні p<0,05.

**Результати.** Було досліджено 108 випадків, які відповідали критеріям сепсису. Вік пацієнтів коливався від 1 місяця до 17 років (медіана – 1 рік 8 місяців). Серед хворих дівчат було 40 (37,0%), хлопчиків – 68 (63,0%). У 58 (53,7%) пацієнтів етіологічним фактором був менінгокок, у 1 (0,9%) – стафілокок, у 1 (0,9%) – пневмокок, у 1 (0,9%) – ерсинія, у 45 (41,7%) – етіологію не було встановлено. У 81 дитини перебіг сепсису був без проявів шоку та у 28 пацієнтів захворювання ускладнилось септичним шоком. У 12 – захворювання закінчилось летально.

Середні показники параметрів центральної гемодинаміки у хворих з сепсисом представлені у таблиці 1. Показники артеріального тиску (сistolічного та діастолічного) були нижчими у групі пацієнтів з шоком. Різниця за рівнем діастолічного артеріального тиску була достовірною. Серед досліджуваних пацієнтів артеріальна гіпотензія спостерігалась частіше у хворих із септичним шоком, ніж без проявів шоку (17,9% та 6,3%, відповідно, p>0,05 за критерієм Хі2).

Середні показники частоти серцевих скорочень (ЧСС) були суттєво вищими у пацієнтів з шоком, ніж у хворих з перебігом сепсису без шоку (p<0,05). Тахікардія спостерігалась у 10,7% пацієнтів з септичним шоком та у 2,5% хворих без проявів шоку (p>0,05 за критерієм Хі2).

Суттєвої різниці за середніми показниками СІ, ФВ, КДІ та ПЗПО між групами пацієнтів не відмічалось (p>0,05). Показник СІ був підвищений у 53,3% пацієнтів без проявів шоку та у 53,6% хворих з шоком, зниження СІ спостерігалось, відповідно, у 16,0% та 7,1% хворих (p>0,05 за критерієм Хі2). Скоротлива функція лівого шлуночка (показник ФВ) була знижена у 32,1% хворих з шоком та у 18,7% пацієнтів із сепсисом без шоку (p>0,05 за критерієм Хі2). Переднавантаження лівого шлуночка (КДІ) було знижене у 25,0% пацієнтів з септичним шоком, збільшене – у 10,7%; в групі пацієнтів без проявів шоку дані зміни спостерігались, відповідно, у 22,7% та 12,1% хворих (p>0,05 за критерієм Хі2). Підвищений показник ПЗПО достовірно частіше відмічався у пацієнтів з сепсисом без проявів шоку, ніж у хворих з септичним шоком (28,8% та 10,7%,

Таблиця 1.

Показники центральної гемодинаміки (M±SD) у хворих з сепсисом

Показник	Сепсис без шоку	Сепсис з шоком
	n=80	n=28
сАТ, мм Hg	102,14±15,38	95,25±14,32
дАТ, мм Hg	58,70±14,12*	48,21±14,62*
ЧСС, уд/хв	128,41±28,29*	160,29±22,65*
СІ, л/хв/м <sup>2</sup>	5,34±1,91	5,64±2,04
ФВ, %	63,43±9,08	58,64±13,75
КДІ, мл/м <sup>2</sup>	65,54±15,73	61,13±16,32
ПЗПО, дін*с*см-5*м <sup>2</sup>	1302,24±724,24	1004,56±458,97

сАТ – систолічний артеріальний тиск, дАТ – діастолічний артеріальний тиск, ЧСС – частота серцевих скорочень, СІ – систолічний індекс, ФВ – фракція вигнання, КДІ – кінцево-діастолічний індекс, ПЗПО – питомий загальний периферичний опір.

\* – статистично достовірна різниця між групами (p<0,05, за критерієм Манна Уїтні).

відповідно,  $p=0,038$  за критерієм  $\chi^2$ ). Зниження показника ПЗПО спостерігалось у 42,9% пацієнтів з шоком та 30,0% в групі хворих без шоку ( $p>0,05$  за критерієм  $\chi^2$ ).

Результати дослідження регіонарного кровотоку представлені в таблиці 2. Найбільш істотні зміни спостерігалися в показниках індексів периферичного опору (RI) в черевному стовбурі, верхній брижовій та нирковій артеріях. У пацієнтів з шоком показники RI в цих артеріях були істотно вище, ніж при сепсисі без проявів шоку ( $p<0,05$ ). Слід зазначити, що підвищення показника RI було обумовлено як зниженням діастолічної швидкості, так і наростанням систолічної швидкості. Середні показники кровотоку в абдомінальній аорті, стегнової і задньої тибіальних артерій практично не відрізнялися між групами пацієнтів з проявами шоку і без такого.

У 12 випадках захворювання закінчилося летально. Серед летальних випадків у 10 хворих спостерігався

розвиток септичного шоку і у 2 – прояви гострої церебральної недостатності. Серед померлих – 10 хлопчиків, 2 дівчинки. Вік: від 1 місяця до 13 років (медіана – 2,08 років). Медіана часу перебування в стаціонарі становила 72 години (від 48 до 408 годин).

Для оцінки прогностичних можливостей гемодинамічних показників, які вивчалися, ми порівняли показники центральної та периферичної гемодинаміки на момент госпіталізації у дітей з різними наслідками хвороби (одужання або летальний результат). У пацієнтів із несприятливими наслідками захворювання спостерігалися відносно низькі показники артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, серцевого викиду і питомої периферичного опору (таблиця 3). При цьому відмінність за показником ЧСС було статистично значущим.

Артеріальна гіпотензія спостерігалася у 25,0% серед пацієнтів з фатальним перебігом й у 7,3% дітей з оду-

Таблиця 2.

Показники периферичної гемодинаміки (M±SD) у хворих з сепсисом

Судина/показник	Сепсис без шоку	Сепсис з шоком
Абдомінальна аорта		
V max, м/с	1,33±0,42	1,51±0,46
V min, м/с	0,13±0,10	0,10±0,09
RI	0,91±0,08	0,95±0,06
Черевний стовбур		
V max, м/с	1,41±0,55	1,52±0,41
V min, м/с	0,33±0,25	0,26±0,18
RI	0,77±0,09*	0,84±0,10*
Ниркова артерія		
V max, м/с	0,73±0,29	0,91±0,45
V min, м/с	0,19±0,10	0,17±0,18
RI	0,75±0,13*	0,88±0,12*
Верхня брижова артерія		
V max, м/с	1,56±0,69	1,99±1,40
V min, м/с	0,20±0,21	0,14±0,13
RI	0,89±0,10*	0,96±0,04*
Стегнова артерія		
V max, м/с	0,64±0,28	0,90±0,48
V min, м/с	0,06±0,03	0,05±0,03
RI	0,96±0,08	0,98±0,04
Задня тибіальна артерія		
V max, м/с	0,35±0,22	0,31±0,25
V min, м/с	0,06±0,04	0,04±0,01
RI	0,95±0,07	0,99±0,04

\* – статистично достовірна різниця між групами ( $p<0,05$ , за критерієм Манна-Уїтні).

Таблиця 3.

Показники центральної гемодинаміки (M±SD) під час госпіталізації у хворих з різними наслідками захворювання

Показник	Летальний кінець	Одужання
сАТ, мм Нг	93,3±18,2	101,2±14,8
дАТ, мм Нг	46,8±21,4	57,1±13,6
ЧСС, уд/хв	158,5±31,5*	133,9±29,2*
СІ, л/хв/м <sup>2</sup>	4,61±1,49	5,53±1,97
ФВ, %	55,2±16,9	63,0±9,4
КДІ, мл/м <sup>2</sup>	55,9±17,4	65,4±15,5
ПЗПО, дін/сек/см <sup>5</sup>	1201,6±662,6	1223,9±678,8

дАТ – діастолічний артеріальний тиск, КДІ – кінцево-діастолічний індекс, ПЗПО – питомий загальний периферичний опір, сАТ – систолічний артеріальний тиск, СІ – систолічний індекс, ФВ – фракція вигнання, ЧСС – частота серцевих скорочень.

\*- достовірна різниця між групами ( $p<0,05$  за критерієм Манна-Уїтні).

жанням ( $p = 0,046$  за критерієм  $\chi^2$ ). Такікардія достовірно частіше відзначалася у дітей з несприятливим перебігом, ніж у пацієнтів з одужанням (25,0% і 2,1%,  $p = 0,0004$ ). Показник СІ був підвищений у 54,9% дітей з одужанням та у 41,7% – з фатальним перебігом, зниження СІ зазначалося, відповідно, у 12,1% і 25,0% пацієнтів ( $p > 0,05$ ).

У групі дітей з фатальним перебігом захворювання частіше реєструвався знижений показник ФІ (41,7% проти 19,8% серед дітей з одужанням,  $p > 0,05$ ). Зниження переднавантаження (КДІ) частіше спостерігалось у дітей з летальним результатом (41,7% проти 20,9% з одужанням), підвищення показника КДІ спостерігалось у 10,7% пацієнтів з несприятливим результатом і у 12,1% дітей з одужанням ( $p > 0,05$ ). Показник ПЗПО був знижений у 41,7% у дітей з несприятливим перебігом й у 36,5% пацієнтів з одужанням; підвищення даного показника спостерігалось в відповідних групах у 16,7% і 21,9% дітей ( $p > 0,05$ ).

Серед показників кровотоку в периферичних судинах (таблиця 4) ми відзначали у пацієнтів з летальним результатом суттєве зниження мінімальної швидкості в черевний стовбур і ниркової артерії, а також підвищення індексу периферичного опору в ниркової артерії, в порівнянні з показниками у дітей з одужанням.

У хворих з фатальним перебігом захворювання в ниркових артеріях достовірно частіше, ніж у пацієнтів з одужанням, діастолічна швидкість була на рівні ізолінії, або мала зворотний напрямок – 50% проти 4,8% ( $p=0,006$ , за критерієм  $\chi^2$ ).

**Обговорення.** Септичний шок відноситься до найбільш тяжких ускладнень бактеріальних інфекцій у дітей. В практиці дитячих інфекційних хвороб частіше етіологічним чинником виступає менінгококова інфекція. Летальність при септичному шоці коливається від 18% до 50% [15], [16]. Моніторинг гемодинаміки на даний час вважається необхідним інструментом для постановки діагнозу та контролю ефективності терапії у хворих на сепсис та септичний шок. Проте традиційні клінічні критерії, зокрема рівень артеріального тиску, мають недостатню чутливість і, особливо в дитячому віці, можуть свідчити вже про важкі і, часто, незворотні зміни [1], тому важлива роль належить інструментальним засобам контролю гемодинаміки, які дозволяють виявляти порушення гемодинаміки на ранніх етапах розвитку. Дистрибутивний варіант шоку, до якого належить септичний шок, у дорослих звичайно характеризується, на відміну від інших видів, гіпердинамічним типом гемодинаміки з підвищенням серцевого викиду та зниженням периферичного опору (“теплий шок”) [17]. Особливістю ж дитячого віку вважається висока частота, так званого «холодного шоку», при якому знижується серцевий викид та зростає периферичний опір [18]. Проте, серед наших пацієнтів «холодний шок» спостерігався лише у 3,6% дітей, а гіпердинамічний варіант («теплий шок») – у 21,4% хворих.

Артеріальна гіпотензія є найбільш класичним проявом шоку. У нашому дослідженні гіпотензія при в початковому періоді захворювання відзначалася менш, ніж у 20% пацієнтів і в більшій мірі асоціювалася зі зни-

Таблиця 4.

Показники периферичної гемодинаміки ( $M \pm SD$ ) під час госпіталізації у хворих з різними наслідками захворювання

Судина/показник	Летальний кінець	Одужання
<b>Абдомінальна аорта</b>		
V max, м/с	1,37±0,47	1,38±0,43
V min, м/с	0,06±0,05	0,13±0,10
RI	0,95±0,06	0,91±0,07
<b>Черевний стовбур</b>		
V max, м/с	1,13±0,38	1,49±0,52
V min, м/с	0,19±0,12*	0,34±0,25*
RI	0,81±0,13	0,78±0,09
<b>Ниркова артерія</b>		
V max, м/с	0,68±0,32	0,79±0,35
V min, м/с	0,08±0,06*	0,19±0,13*
RI	0,94±0,09*	0,76±0,13*
<b>Верхня брижова артерія</b>		
V max, м/с	2,21±1,77	1,58±0,71
V min, м/с	0,19±0,17	0,19±0,20
RI	0,92±0,08	0,90±0,09
<b>Стегнова артерія</b>		
V max, м/с	0,64±0,35	0,75±0,38
V min, м/с	0,06±0,02	0,06±0,03
RI	0,98±0,05	0,96±0,07
<b>Задня тібальна артерія</b>		
V max, м/с	0,27±0,11	0,35±0,25
V min, м/с	0,05±0,02	0,06±0,03
RI	0,98±0,06	0,96±0,07

\*- достовірна різниця між групами ( $p < 0,05$  за критерієм Манна-Уїтні).

женням діастолічного АТ, а також у пацієнтів з шоком ми відзначали більш низькі показники загального периферичного опору.

До найбільш важливих показників гемоциркуляції, які мають негативне прогностичне значення відносяться також тахі- (понад 2 стандартних відхилення) та брадикардія (менше 10 перцентилу) [19]. Наші результати також підтверджують, що тахікардія достовірно частіше асоціюється з несприятливим перебігом захворювання.

З боку периферичної гемодинаміки, за нашими результатами, найбільш значущими щодо діагностики септичного шоку виявилися показники периферичного опору в черевному стовбурі, нирковій та верхній мезентеріальній артеріях. Відповідно до загальноприйнятої концепції, розвиток септичного шоку супроводжується компенсаторною централізацією кровообігу за рахунок спазму периферичних судин для забезпечення циркуляції в життєво важливих органах [20].

Прогресування шоку звичайно пов'язують з розвитком поліорганної недостатності. У пацієнтів з несприятливим перебігом захворювання при надходженні найбільш суттєві зміни гемодинаміки були пов'язані зі зниженням діастолічних лінійних швидкостей (V min) кровотоку в черевній аорті, черевному стовбурі і ниркових артеріях. При цьому, клінічні ознаки органної недостатності в зоні кровопостачання цих судин (ниркова, печінкова недостатність, функціональні порушення проксимальних відділів ШКТ) в перші години після госпіталізації не виявлялись.

За нашими результатами у хворих з несприятливим перебігом захворювання на момент госпіталізації не спостерігалось суттєвого погіршення кровотоку у верхній брижовій артерії. Виявлені особливості співпадають з даними експериментальних досліджень, проведеними на тваринних моделях септичного [21] та геморагічного шоку [22]. Автори повідомляють про суттєве зниження перфузії нирок, печінки та шлунку і, при цьому, відносно нормальні показники гемоциркуляції у тонкому кишечнику. Це дає підстави свідчити, що не гіперперфузія та ішемія, а інші фактори є пусковими в розвитку дисфункції кишечника.

**Висновки.** 1. Ехокардіографія та ультразвукова доплерографія у дітей з сепсисом дозволяють оцінювати характер та ступінь кардіоваскулярної дисфункції.

2. Дослідження регіонарного кровотоку може бути діагностичним критерієм розвитку септичного шоку та має прогностичне значення у дітей з сепсисом.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють, що не має конфлікту інтересів, який може сприйматися таким, що може завдати шкоди неупередженості статті.

**Джерела фінансування.** Ця стаття не отримала фінансової підтримки від державної, громадської або комерційної організації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Randolph AG, McCulloh RJ. Pediatric sepsis: important considerations for diagnosing and managing severe infections in infants, children, and adolescents. *Virulence*. 2014;5(1):179-89. doi:10.4161/viru.27045.
2. Dellinger RP, Levy MM, Rhodes A, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of severe sepsis and

septic shock: 2012. *Crit Care Med*. 2013;41(2):580-637. doi:10.1097/CCM.0b013e31827e83af.

3. Shneider AG, Goodwin MD, Bellomo R. Measurement of kidney perfusion in critically ill patients. *Crit Care*. 2013;17(2):220. doi:10.1038/ajh.2010.174.

4. Mccanny P, Bakker J, Vincent J. Haemodynamic monitoring and management. *Skills and techniques*. Eur Soc Intensive Care Med. 2013. Available at: <http://pact.esicm.org/media/HaemMon and Mgt 8 April 2013 final.pdf>.

5. Goldstein B, Giroir B, Randolph A. International pediatric sepsis consensus conference: definitions for sepsis and organ dysfunction in pediatrics. *Pediatr Crit Care Med*. 2005;6(1):2-8. doi:10.1097/01.PCC.0000149131.72248.E6.

6. Lopez L, Colan SD, Frommelt PC, et al. Recommendations for Quantification Methods During the Performance of a Pediatric Echocardiogram: A Report From the Pediatric Measurements Writing Group of the American Society of Echocardiography Pediatric and Congenital Heart Disease Council. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(5):465-495. doi:10.1016/j.echo.2010.03.019.

7. Slonim AD, Pollack MM. *Pediatric Critical Care Medicine*. Lippincott Williams & Wilkins; 2006. Available at: <https://books.google.com.ua/books?id=XavFlbnS0C>.

8. Cotü CJ, Lerman J, Anderson BJ. *A Practice of Anesthesia for Infants and Children: Expert Consult – Online and Print*. Elsevier/Saunders; 2013. Available at: <https://books.google.com.ua/books?id=MAXTrQStL0cC>.

9. Blanco P, Sasai T. Assessment of left ventricle preload by transthoracic echocardiography: an easy task? *J intensive care*. 2015;3(1):23. doi:10.1186/s40560-015-0090-7.

10. Lai WW, Mertens LL, Cohen MS, Geva T, eds. *Echocardiography in Pediatric and Congenital Heart Disease*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell; 2009. doi:10.1002/9781444306309.

11. Richardson RR. *Atlas of Acquired Cardiovascular Disease Imaging in Children*. Springer International Publishing; 2016. Available at: <https://books.google.com.ua/books?id=JnZCDQAAQBAJ>.

12. Klabunde RE. *Cardiovascular physiology concepts*. Lippincott Williams & Wilkins/Wolters Kluwer; 2012. Available at: <http://www.cvphysiology.com/textbook>. Accessed May 21, 2017.

13. Davis PJ, Cladis FP. *Smith's Anesthesia for Infants and Children E-Book*. Elsevier Health Sciences; 2016. Available at: <https://books.google.com.ua/books?id=SGIjDQAAQBAJ>.

14. Chavhan GB, Parra DA, Mann A, Navarro OM. Normal Doppler spectral waveforms of major pediatric vessels: specific patterns. *Radiographics*. 2008;28(3):691-706. doi:10.1148/rg.283075095.

15. Hamborsky J, Kroger A, Wolfe S, Eds. *Centers for Disease Control and Prevention. Epidemiology and Prevention of Vaccine-Preventable Diseases*. 13th ed. Washington D.C. Public Health Foundation; 2015. Available at: <https://www.cdc.gov/vaccines/pubs/pinkbook/front-matter.html>.

16. Huang M-Y, Chen C-Y, Chien J-H, et al. Serum Procalcitonin and Procalcitonin Clearance as a Prognostic Biomarker in Patients with Severe Sepsis and Septic Shock. *Biomed Res Int*. 2016;2016:1758501. doi:10.1155/2016/1758501.

17. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*. 2014;40(12):1795-815. doi:10.1007/s00134-014-3525-z.

18. Aneja RK, Carcillo JA. Differences between adult and pediatric septic shock. *Minerva Anesthesiol*. 2011;77(10):986-92. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21952599>. Accessed July 31, 2017.

19. Brierley, Joe MD; Carcillo, Joseph A. MD; Choong, Karen MD; Cornell, Tim MD; DeCaen AM. *Clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock: 2007 update from the American College of Critical Care Medicine*. *Crit Care Med*. 2009;37(2):666-688. Available at: [http://journals.lww.com/ccmjournal/Abstract/2009/02000/Clinical\\_practice\\_parameters\\_for\\_hemodynamic.39.aspx](http://journals.lww.com/ccmjournal/Abstract/2009/02000/Clinical_practice_parameters_for_hemodynamic.39.aspx). Accessed March 28, 2012.

20. Bonanno FG. Clinical pathology of the shock syndromes. *J Emerg Trauma Shock*. 2011;4(2):233-43. doi:10.4103/0974-2700.82211.

21. Hildebrand LB, Krejci V, Banic A, Erni D, Wheatley AM, Sigurdsson GH. Dynamic study of the distribution of microcirculatory blood flow in multiple splanchnic organs in septic shock. *Crit Care Med*. 2000;28(9):3233-41. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11008987>. Accessed June 12, 2017.

22. Krejci V, Hildebrand L, Banic A, Erni D, Wheatley AM, Sigurdsson GH. Continuous measurements of microcirculatory blood flow in gastrointestinal organs during acute haemorrhage. *Br J Anaesth*. 2000;84(4):468-75. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10823098>. Accessed July 31, 2017.

## ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМОДИНАМИКИ У ДЕТЕЙ С СЕПСИСОМ

Шадрин В.О., Евтушенко В.В.

Национальный медицинский университет  
имени А.А. Богомольца, г. Киев

Для корреспонденции: Евтушенко Виталий  
Вячеславович, кандидат медицинских наук,  
доцент кафедры детских инфекционных болезней,  
Национальный медицинский университет  
им. А.А. Богомольца, ул. Дегтяревская, 23, г. Киев,  
04119, Украина; e-mail: valera190f116@gmail.com;  
контактный тел.: +380 63 219 5775.

**Актуальность.** Сепсис относится к наиболее частым причинам смерти у детей. Тяжелое течение сепсиса обычно ассоциируется с развитием септического шока и развитием полиорганной недостаточности. Важной составляющей в комплексном обследовании и контроле эффективности лечения является мониторинг показателей гемодинамики.

**Цель исследования.** Изучение изменений центральной и периферической гемодинамики с помощью эхокардиографии и ультразвуковой доплерографии у детей с сепсисом.

**Материал и методы.** Проведено ретроспективное исследование случаев сепсиса у детей в возрасте от 0 до 18 лет, которые проходили лечение в отделении интенсивной терапии. Больным проводился мониторинг центральной и периферической гемодинамики с помощью эхокардиографии (ЭхоКГ) и ультразвуковой доплерографии (УЗДГ).

**Результаты.** Были исследованы 108 случаев, которые отвечали критериям сепсиса. У 53,7% больных этиологическим фактором был менингококк, у 0,9% – стафилококк, у 0,9% – пневмококк, у 0,9% – ерсиния, у 41,7% – этиология не была установлена. У 12 детей из исследуемой группы заболевание закончилось летально. Развитие септического шока ассоциировалось с существенно более высокими показателями частоты сердечных сокращений (ЧСС) и повышением индексов периферического сопротивления (RI) в брюшном стволе и почечных артериях. Неблагоприятными в отношении фатального течения заболевания были высокий показатель ЧСС и снижение диастолической скорости (V min) в брюшном стволе и почечных артериях.

**Заключение.** Эхокардиография и ультразвуковая доплерография у детей с сепсисом позволяют оценивать характер и степень кардиоваскулярной дисфункции. Исследование регионарного кровотока может быть диагностическим критерием развития септического шока и имеет прогностическое значение у детей с сепсисом.

**Ключевые слова:** сепсис, шок, гемодинамика, дети.

## HEMODYNAMICS CHANGES IN CHILDREN WITH SEPSIS

V.O. Shadrin, V.V. Yevtushenko

O. Bogomolets National Medical University,  
Kyiv, Ukraine

For correspondence: Vitalii Yevtushenko, Ph.D.,  
Assistant Professor at the Department of pediatric  
infectious diseases, O.Bogomolets National Medical  
University, Kyiv, Ukraine, Degtjarivs'ka str., 23, Kyiv,  
04119, Ukraine; e-mail: valera190f116@gmail.com;  
phone +380 63 219 5775.

**Background.** Sepsis is one of the most common causes of mortality in children. The severe course of sepsis is usually associated with the development of septic shock and multiple organ failure. An important component in the comprehensive examination and evaluation of treatment effectiveness is the monitoring of hemodynamic parameters. We aimed to evaluate changes in central and peripheral hemodynamics by echocardiography and doppler ultrasound in children with sepsis.

**Material and methods.** A retrospective study of cases of septic shock in children aged 0 to 18 years who underwent treatment in the intensive care unit was conducted. Patients were monitored for central and peripheral hemodynamics by echocardiography and doppler ultrasound.

**Results.** 108 cases of sepsis were investigated. *Meningococcus* was an etiological factor in 53,7% patients, 0,9% – *Staphylococcus*, 0,9% – *Pneumococcus*, 0,9% – *Yersinia*, and in 41,7% aetiology was not been established. In 12 children from the study group fatal outcome was occurred. Septic shock development was associated with significantly higher rates of heart rate (HR) and an increase in peripheral resistance (RI) indices in the abdominal trunk and renal arteries. Fatal course of the disease was associated with a high rate of heart rate and a decrease in diastolic velocity (V min) in the abdominal trunk and renal arteries.

**Conclusion.** Echocardiography and ultrasound dopplerography in children with sepsis are the useful tools to evaluate the pattern and extent of cardiovascular dysfunction. Results of regional blood flow assessment can be a diagnostic criterion for the septic shock and has prognostic value in children with sepsis.

**Key words:** sepsis, shock, hemodynamics, children.