

УДК 616.23/.24-036.82-053.2:615.835:616.74-073.7

[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-2\(36\)-1184-1193](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-2(36)-1184-1193)

**Оболонська Ольга Юріївна MD, PhD**, асистент кафедри пропедевтики дитячих хвороб та педіатрії 2, Дніпровський державний медичний університет, вул. Володимира Вернадського, 9, м. Дніпро, 49044, tel.: (098) 122-74-49, <https://orcid.org/0000-0001-9863-1828>

**Тікунова Олександра Ігорівна** студент, КЗО «Науковий медичний ліцей «Дніпро» ДОР, м. Дніпро, тел.: (067) 259-66-66

## ОСОБЛИВОСТІ СТАНУ ОКСИГЕНАЦІЇ М'ЯЗІВ ПРИ РЕАБІЛІТАЦІЇ ДІТЕЙ З БРОНХОЛЕГЕНЕВОЮ ПАТОЛОГІЄЮ

**Анотація.** Військовий стан в Україні призвів до збільшення навантаження на систему охорони здоров'я, зокрема відділення, що надають медичну допомогу пацієнтам з захворюванням легень, реабілітаційні заклади, відділення та підрозділи. Встановлення завдань реабілітації за Міжнародною класифікацією функціонування, обмеження життєдіяльності та здоров'я на рівні активності та участі також потребує врахування стану порушень функціонування м'язів, а саме стан адаптаційних механізмів до навантаження, необхідного при наданні реабілітаційної допомоги. Наявні дослідження із визначенням порушень компенсаторних механізмів за максимальним споживанням кисню м'язами є у спортсменів та дорослих пацієнтів, але не було знайдене таких даних стосовно дітей з бронхолегеневою патологією.

Мета дослідження: виявлення рівня оксигенації м'язів за допомогою ближньої інфрачервоної спектроскопії (NIRS) у дітей з бронхолегеневою патологією та факторів ризику, пов'язаних зі способом життя у порівнянні зі здоровими дітьми.

Для досягнення мети та вирішення поставлених завдань проведено комплексне клініко-функціональне дослідження 19 дітей у віці 13-17 років, яким надавалась реабілітаційна допомога у відділенні високоспеціалізованої педіатричної допомоги КП «Регіональний медичний центр родинного здоров'я». Ці діти склали клінічну групу I. Контрольну групу (клінічна група II) склали 19 здорових дітей у віці 13-17 років.

Середній вік дітей, що приймали участь у дослідженні, складав  $14,89 \pm 1,2$  роки (клінічна група I) та  $14,86 \pm 1,1$  роки (клінічна група II).

Показник рівня оксигенації м'язів ( $mrSO_2$ ) дітей I групи становив  $50,94 \pm 5,01$  перед початком виконання вправ ( $69,49 \pm 5,34$  - в групі II) ( $p < 0,05$ ), під час виконання вправ спостерігалось збільшення показника до  $59,63 \pm 4,56$  ( $68,93 \pm 3,91$  в групі II) ( $p < 0,05$ ), також спостерігалась різна динаміка

відновлювання  $mrSO_2$  -  $71,21 \pm 6,8$  в групі I та  $69,63 \pm 4,47$  – в групі II. Тобто показник  $mrSO_2$  у здорових дітей незначно знижувався при навантаженні і збільшувався після навантаження, сягав нормальних цифр у дітей з легеневою патологією одразу після навантаження, і продовжував збільшуватись в періоді відпочинку. Ці результати доводять, що збільшення оксигенації м'язів під час занять може бути викликано збільшенням об'єму крові та надходження  $O_2$ , викликаного фізичною навантаженням. Сатурація крові була в межах норми протягом дослідження у всіх дітей.

Фракційна екстракція кисню тканиною м'язів (FTOE) у дітей I групи до дослідження була значно вищою ніж в II ( $0,46 \pm 0,02$  проти  $0,32 \pm 0,06$ ) ( $p < 0,05$ ), пропорційно знижувалась при навантаженні ( $0,37 \pm 0,061$  I групи проти  $0,29 \pm 0,064$  II групи) ( $p < 0,05$ ), та була рівною з контрольною групою при відпочинку ( $0,27 \pm 0,03$  та  $0,26 \pm 0,04$ ). Тобто потреба тканин м'язів в кисні до навантаженні у хворих дітей була вищою. Вирівнювання показника в I групі з показниками II групи після навантаження показує позитивний вплив вправ на стан хворої дитини.

Також оцінювалась пройдена відстань протягом 6-хвилинної ходьби (6-minutes walking distance — 6MWD) у власному темпі пацієнта, що дозволило оцінити субмаксимальну переносимість фізичного навантаження. Ця відстань у дітей з бронхолегеневою патологією була клінічно значуще меншою ( $348,52 \pm 20,6$  м проти  $446,31 \pm 33,2$ ) ніж у здорових ( $p < 0,05$ ). Окремо проаналізовані діти з найнижчими показниками  $mrSO_2$  нижче за  $45,3 \pm 2,17$ , та найвищі показники тканинної екстракції кисню  $0,55 \pm 0,04$ , цей результат прямо корелював з тяжкістю перебігу основного захворювання ( $\rho = 0,76$ ,  $p < 0,05$ ), наявності шкідливої звички паління ( $\rho = 0,63$ ,  $p < 0,05$ ) та низькими показниками 6MWD ( $\rho = 0,54$ ,  $p < 0,05$ ), що доводить спорідненість процесів реабілітації при бронхолегеневій патології та відновлення кровотоку у м'язах і зменшення дефіциту кисню та позитивний вплив вправ на стан хворої дитини.

**Ключові слова:** оксигенація м'язів, ближньочервона спектроскопія, реабілітація при бронхолегеневій патології, діти.

**Obolonska Olga** MD, PhD, assistant professor of the department of propaedeutics of childrens diseases and pediatrics 2, Dnipro State Medical University, Volodymyra Vernadskyi St., 9, Dnipro, 49044, tel.: (098) 122 74 49, <https://orcid.org/0000-0001-9863-1828>

**Tikunova Oleksandra Ihorivna** student, MEI "Scientific Medical Lyceum "Dnipro" DOR, Dnipro, tel.: (067) 259-66-66

## FEATURES OF THE STATE OF MUSCLE OXYGENATION DURING THE REHABILITATION OF CHILDREN WITH BRONCHOLEGENIC PATHOLOGY

**Abstract.** The state of war in Ukraine has led to an increase in the burden on the health care system, in particular, departments that provide medical care to

patients with lung disease, rehabilitation facilities, departments and units. The establishment of rehabilitation tasks according to the International Classification of Functioning, Limitations of Vital Activities and Health at the level of activity and participation also requires taking into account the state of impaired muscle functioning, namely the state of adaptation mechanisms to the load required in the provision of rehabilitation assistance. There are available studies with the determination of violations of compensatory mechanisms based on maximum oxygen consumption by muscles in athletes and adult patients, but no such data were found for children with bronchopulmonary pathology.

The purpose of the study: to detect the level of muscle oxygenation using near infrared spectroscopy (NIRS) in children with bronchopulmonary pathology and lifestyle risk factors compared to healthy children.

In order to achieve the goal and solve the set tasks, a complex clinical and functional study of 19 children aged 13-17 years, who were provided rehabilitation assistance in the department of highly specialized pediatric care of CE "Regional Medical Center of Family Health", was conducted. These children made up clinical group I. The control group (clinical group II) consisted of 19 healthy children aged 13-17 years.

The average age of children participating in the study was  $14.89 \pm 1.2$  years (clinical group I) and  $14.86 \pm 1.1$  years (clinical group II).

The indicator of the level of muscle oxygenation ( $mrSO_2$ ) of children of group I was  $50.94 \pm 5.01$  before the beginning of the exercises ( $69.49 \pm 5.34$  - in group II) ( $p < 0.05$ ), during the exercises there was an increase index to  $59.63 \pm 4.56$  ( $68.93 \pm 3.91$  in group II) ( $p < 0.05$ ), different dynamics of  $mrSO_2$  recovery were also observed -  $71.21 \pm 6.8$  in group I and  $69.63 \pm 4.47$  - in group II. That is, the  $mrSO_2$  indicator in healthy children slightly decreased during exercise and increased after exercise, reached normal values in children with lung pathology immediately after exercise, and continued to increase during the rest period. These results suggest that increases in muscle oxygenation during exercise may be caused by exercise-induced increases in blood volume and  $O_2$  uptake. Blood saturation was within normal limits during the study in all children.

Fractional extraction of oxygen by muscle tissue (FTOE) in children of group I before the study was significantly higher than in group II ( $0.46 \pm 0.02$  vs.  $0.32 \pm 0.06$ ) ( $p < 0.05$ ), proportionally decreased at load ( $0.37 \pm 0.061$  of the I group vs.  $0.29 \pm 0.064$  of the II group) ( $p < 0.05$ ), and was equal to the control group at rest ( $0.27 \pm 0.03$  and  $0.26 \pm 0.04$ ). That is, the oxygen demand of muscle tissues before exercise was higher in sick children. Alignment of the indicator in the 1st group with the indicators of the 2nd group after the load shows the positive effect of exercises on the condition of the sick child.

The distance covered during a 6-minute walk (6-minute walking distance — 6MWD) was also assessed at the patient's own pace, which allowed to assess submaximal physical load tolerance. This distance in children with bronchopulmonary pathology

was clinically significantly smaller ( $348.52 \pm 20.6$  m vs.  $446.31 \pm 33.2$  m) than in healthy children ( $p < 0.05$ ). Separately analyzed children with the lowest values of  $mrSO_2$  below  $45.3 \pm 2.17$ , and the highest values of tissue oxygen extraction of  $0.55 \pm 0.04$ , this result was directly correlated with the severity of the course of the main disease ( $\rho = 0.76$ ,  $p < 0.05$ ), the presence of a bad smoking habit ( $\rho = 0.63$ ,  $p < 0.05$ ) and low indicators of 6MWD ( $\rho = 0.54$ ,  $p < 0.05$ ), which proves the affinity of rehabilitation processes in bronchopulmonary pathology and restoration of blood flow in the muscles and reduction of oxygen deficiency and the positive effect of exercises on the condition of a sick child.

**Keywords:** muscle oxygenation, near-infrared spectroscopy, rehabilitation in bronchopulmonary pathology, children.

**Постановка проблеми.** Визначення ефективності надання реабілітаційної допомоги дітям з бронхолегеневою патологією формує багато викликів перед фахівцями з реабілітації та педіатрів. Кількість дітей з бронхолегеневою патологією постійно зростає, тому постійно зростає потреба в оцінюванні ефективності лікування та реабілітації цих пацієнтів. Прогнозування перебігу процесу реабілітації є важливою складовою процесу надання допомоги

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для прогнозування перебігу реабілітації ведеться пошук валідних методів діагностики зриву адаптації до навантаження [1-3,4]. Протягом останніх двох десятиліть приділялася увага аналізу оксигенації м'язів під час інструментальних тестів з фізичним навантаженням, але є розбіжність в трактуванні даних [3, 4, 5-7,8]. У неушкоджених скелетних м'язах NIRS дозволяє проводити напівкількісні вимірювання гемоглобіну, а також оксигенації міоглобіну (тканинних запасів  $O_2$ ) [6,7,9-11]. Проте, в доступній літературі не знайдено даних щодо показників NIRS м'язів у дітей.

Для бронхолегеневої патології характерне порушення газового складу крові частіше в бік зниження оксигенації. Розрахунок фракційної екстракції кисню (FTOE) який залежить від рівня оксигенації крові та оксигенації тканин надає інформацію про поглинання кисню в тканинах, баланс між надходженням кисню та потребою в кисні може бути відображено тканьовою оксигенацією та значеннями FTOE [4].

Одним з тестів, які дозволяють виявити адаптацію пацієнта до навантаження, є оцінка субмаксимальної переносимості фізичного навантаження за допомогою тесту 6-хвилинної ходьби (6-minutes walking distance—6MWD) [12].

**Мета статті.** Висвітлити досліджені особливості рівня оксигенації м'язів та фракційної екстракції кисню за допомогою ближньої інфрачервоної спектроскопії (NIRS) у дітей з бронхолегеневою патологією та факторів ризику, пов'язаних зі способом життя.

**Виклад основного матеріалу.** Для досягнення мети проведено комплексне клініко-функціональне дослідження 19 дітей у віці 13-17 років, яким надавалась реабілітаційна допомога у відділенні високоспеціалізованої педіатричної допомоги (пульмонологічні ліжка) КП «Регіональний медичний

центр родинного здоров'я» за період вересень - листопад 2023 р. Ці діти склали клінічну групу I. Контрольну групу (клінічна група II) склали 19 здорових дітей у віці 13-17 років. Спектроскопія у ближній інфрачервоній області (Near-Infrared Spectroscopy – NIRS) проводилась за допомогою апарату «Somanetics INVOS 5100 C» (США). Проводилось 10 хвилинне оцінювання  $mrSO_2$  в режимі реального часу. Датчики розміщували над литковим м'язом правої кінцівки. Вимірювання  $mrSO_2$  здійснювалось тричі: до початку навантажувальних вправ - вимірювання №1, після закінчення тесту з 6 хвилинною ходою - вимірювання №2 та через 20 хвилин після закінчення виконання вправ – вимірювання №3. Всім дітям проводився неінвазивний моніторинг процентного вмісту гемоглобіну, насиченого киснем у артеріальній крові за допомогою пульсоксиметрії ( $SpO_2, \%$ ).

Фракційну екстракцію кисню тканинами (FTOE) розраховували за формулою:  $FTOE = (SpO_2 - mrSO_2) / (SpO_2)$

Для визначення норми у дітей була обстежена група здорових дітей. Оцінювання навантаження проводилось за допомогою тесту з 6-хвилинною ходьбою. Тест було вибрано оскільки більша частина повсякденної роботи людини відбувається на тлі субмаксимального рівня активності. Тому було висловлено припущення, що функціональні тести, які допомагають оцінити реакцію систем організму людини на мінімальні фізичні навантаження, краще відображають як фізичні можливості організму, так і його толерантність до підвищення фізичного навантаження, що є основним показником, для характеристики діяльності серцево-судинної системи (ССС)[4].

Дослідження можна вважати таким, що відповідає загальноприйнятим нормам моралі, вимогам дотримання прав, інтересів та особистої достоїнності учасників дослідження, біоетичним нормам роботи з хворими дитячого віку.

Середній вік дітей, що приймали участь у дослідженні, складав  $14,89 \pm 1,2$  роки (клінічна група I) та  $14,86 \pm 1,1$  роки (клінічна група II). Група I складалась з 10 дітей жіночої та 9 чоловічої статі. Група II – була репрезентативною.

Діагнози дітей I групи представлені на рисунку 1.

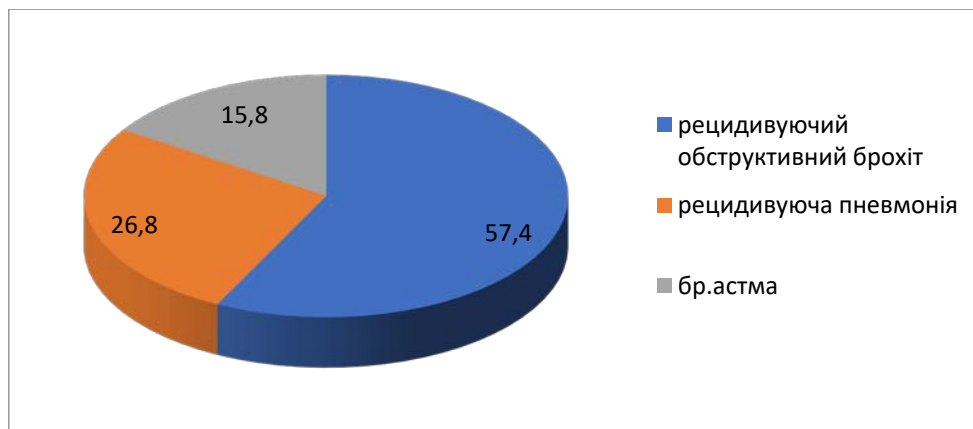


Рис. 1. Діагнози дітей I групи у %

Середній стаж захворювання був :  $4,47 \pm 1,9$  років.

При проведенні дослідження виявлено, що показник  $mrSO_2$  дітей групи I достовірно нижчий (в 1,3 рази) перед початком виконання вправ ніж в групі II, підчас виконання вправ спостерігалось збільшення показника  $mrSO_2$ , та зниження фракційної екстракції кисню (табл.1). Спостерігалась різна динаміка відновлювання  $mrSO_2$  -  $71,21 \pm 6,8$  в групі I та  $69,63 \pm 4,47$  – в групі II. Тобто показник  $mrSO_2$  у здорових дітей майже не змінювався при і після навантаження у здорових дітей, сягав нормальних цифр у дітей з легеневою патологією одразу після навантаження, і продовжував збільшуватись в періоді відпочинку.

Фракційна екстракція кисню тканиною м'язів у дітей I групи до дослідження була значно вищою ніж в II, більше знижувалась при навантаженні ( $0,37 \pm 0,061$  I групи проти  $0,29 \pm 0,064$  II групи ) ( $p < 0,05$ ), та була рівною з контрольною групою при відпочинку (  $0,27 \pm 0,03$  та  $0,26 \pm 0,04$ ). (табл.1).

Динаміка  $mrSO_2$ , FTOE та сатурації крові киснем ( $SpO_2$ ), представлена в таблиці 1 .

Таблиця 1.

**Показники  $mrSO_2$ , FTOE та сатурації крові у досліджуваних дітей,  $M \pm s$**

Показник	Вимірювання	I група, n=19	II група, n=19	$p_{I-II}$
$mrSO_2$	1	$50,94 \pm 5,01$	$69,49 \pm 5,34$	0,05
	2	$59,63 \pm 4,56^*$	$68,93 \pm 3,91$	0,05
	3	$71,21 \pm 6,8^{***}$	$69,63 \pm 4,47$	нс
$SpO_2, \%$	1	$94,7 \pm 0,44$	$95,6 \pm 1,11$	нс
	2	$94,4 \pm 1,55$	$97,8 \pm 1,57$	нс
	3	$96,7 \pm 1,53$	$96,4 \pm 1,41$	нс
FTOE	1	$0,46 \pm 0,02$	$0,32 \pm 0,06$	0,05
	2	$0,37 \pm 0,061^*$	$0,29 \pm 0,064$	0,05
	3	$0,27 \pm 0,03^{***}$	$0,26 \pm 0,04$	нс

1. При порівнянні незалежних вибірок застосовували критерій Манна-Уїтні («нс» – значущої розбіжності не спостерігалось).

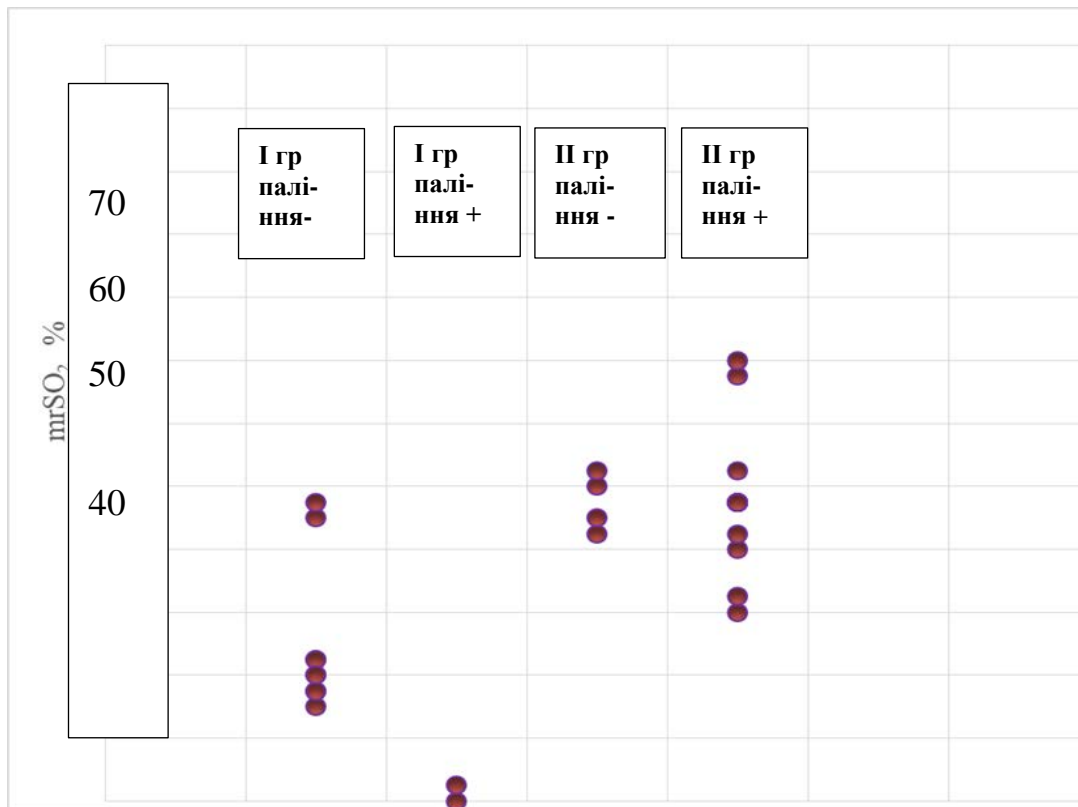
2. \* – значуща відмінність від рівня 1-ого вимірювання; \*\* – значуща відмінність від рівня 2-ого вимірювання;  $p < 0,05$  за критерієм знакових рангів Вілкоксона.

Насичення артеріальної крові киснем ( $SpO_2$ ) впродовж дослідження було в межах норм та не відрізнялось між двома групами.

Відсутність суттєвих змін кровообігу у м'язах при 6 хвилинній ходьбі у здорових дітей навантаження ходьбою не було важким, що показують незначні коливання оксигенації, тобто не було значного збільшення кровообігу. Тоді як у хворих дітей субмаксимальне навантаження визвало значні зміни у кровообігу.

Додатково були проаналізовані діти які мали дуже низькі показники оксигенації м'язів (рис.2.). Ці діти мали шкідливу звичку - паління.

Виявлено, що у дітей зі шкідливою звичкою паління  $mrSO_2$  був нижчим за  $43,3 \pm 2,17$ , і найвищі показники екстракції кисню тканинами  $0,55 \pm 0,04$ . Ці показники прямо корелювали з тяжкістю перебігу основного захворювання ( $\rho=0,76$ ,  $p<0,05$ ).) та низькими показниками 6MWD ( $\rho=0,54$ ,  $p<0,05$ ).



**Рис.2.** Рівень м'язової оксигенації залежно від наявності звички паління.

Вимірювання тесту з 6-хвилинною ходьбою (6MWD) у здорових осіб залежить від віку та статі. Але ми виявили, що достовірно відмінних коливань у показниках дівчаток і хлопчиків не було як у I групі так і в II групі. Значне зниження показників відмічалось у дітей з бронхолегеневою патологією ( $348,52 \pm 20,6$  м проти  $446,31 \pm 33,2$  здорових) ( $p<0,05$ ).

Дані випробувань наведено у таблиці 2.

Таблиця 2.

**Показники пройденної дистанції у досліджуваних дітей при 6MWD, M±s**

Показник	I група, n=19	II група, n=19	p-п<
хлопчики	336± 20,6 м	446± 33,2	0,05
дівчатка	334± 21,3 м	486± 33,2	0,05
Р хл-дів<	нс	нс	

При порівнянні незалежних вибірок застосовували критерій Манна-Уїтні \* – значуща відмінність від рівня 1-ого вимірювання; \*\* – значуща відмінність від рівня 2-ого вимірювання;  $p < 0,05$  за критерієм знакових рангів Вілкоксона.

Діти з I групи проходили в середньому в 1,32 рази меншу дистанцію, ніж діти II групи. Окремо дослідили дітей зі звичкою паління. Діти, які мали шкідливу звичку паління також проходили меншу дистанцію  $310,1 \pm 12,1$  проти  $331,2 \pm 16,2$  м. Тобто в 1,56 разів менше ніж здорові діти, та на 9% менше, ніж діти з патологією легень без паління.

Встановлена виражена пряма залежність між показником  $mrSO_2$  та показниками 6MWD. Діти з найменшими показниками  $mrSO_2$  проходили найменшу відстань при тесті ходьби ( $\rho = 0,480$ ,  $p = 0,05$ ).

Наявність шкідливих звичок при хронічній патології легень є прогностично несприятливим фактором перебігу захворювання та розвитку тяжких форм бронхолегеневих патологій.

У результаті дослідження виявлено зв'язок між навантаженням під час ЛФК та зміною показників  $mrSO_2$  та продуктивністю 6MWD. Кореляції між  $mrSO_2$  і 6MWD доводять спорідненість реабілітаційних процесів при бронхолегеневій патології та відновлення кровотоку в м'язах. Запропоновано проводити оцінку  $mrSO_2$  для прогнозування ускладнень під час реабілітації дітей

**Висновки.** У роботі наведено теоретичне обґрунтування і нове вирішення актуальної задачі реабілітації – визначення впливу оксигенації тканин м'язів за допомогою NIRS на стан їх функціонування з метою прогнозування ефективності застосування терапевтичних вправ при наданні реабілітаційної допомоги дітям з бронхолегеневою патологією.

1. Особливостями рівня оксигенації м'язів та фракційної екстракції кисню за допомогою ближньої інфрачервоної спектроскопії у дітей з бронхо-



легеневою патологією, яким надається реабілітаційна допомога є зниження в 1,3 рази відносно здорових дітей. Фракційна екстракція кисню тканиною м'язів у дітей I групи до дослідження була значно вищою ніж в II групі, більше знижувалась при навантаженні. Підчас виконання вправ спостерігалось збільшення показника  $mrSO_2$ , та зниження фракційної екстракції кисню, що доводить позитивний вплив на функцію легень субмаксимальних навантажень.

2. Визначення адаптаційних можливостей пацієнта до переносимості фізичного навантаження, за допомогою оцінки тесту 6-хвилинної ходьби виявило, що діти з I групи проходили в середньому в 1,32 рази меншу дистанцію, ніж діти II групи. Діти, які мали шкідливу звичку паління також проходили меншу дистанцію в 1,56 разів менше ніж здорові діти, та на 9% менше, ніж діти з патологією легень без паління.

3. Фактори ризику, які найбільше впливали на показники оксигенації тканин та фракційну екстракцію кисню - фактор паління та тяжкість основного захворювання.

4. Встановлена виражена пряма залежність між показником  $mrSO_2$  та показниками 6MWD. Діти з найменшими показниками  $mrSO_2$  проходили найменшу відстань при тесті ходьби ( $\rho = 0,480$ ,  $p = 0,05$ ). Ці показники прямо корелювали з тяжкістю перебігу основного захворювання ( $\rho = 0,76$ ,  $p < 0,05$ ) та низькими показниками 6MWD ( $\rho = 0,54$ ,  $p < 0,05$ ).

#### Література:

1. Фізіопедія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.physio-pedia.com/home/>
2. Bernhardt J., Borschmann K., Boyd L., et al. (2017). Moving rehabilitation research forward: developing consensus statements for rehabilitation and recovery research. *Neurorehabil Neural Repair* 2017;31:694–8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28803534/>
3. Hay S.I., Abajobir A.A., Abate K.H. (2017). Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 333 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet* (London, England), 390(10100), 1260–1344. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32130-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32130-X). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28919118/>
4. Otsuki, A., Fujita, E., Ikegawa, S., & Kuno-Mizumura, M. (2011). Muscle oxygenation and fascicle length during passive muscle stretching in ballet-trained subjects. *International journal of sports medicine*, 32(7), 496–502. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275297>
5. Kime, R., Im, J., Moser, D., Nioka, S., Katsumura, T., & Chance, B. (2009). Noninvasive determination of exercise-induced vasodilation during bicycle exercise using near infrared spectroscopy. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*, 15(3), CR89–CR94.
6. Molnar, Z., & Nemeth, M. (2018). Monitoring of Tissue Oxygenation: an Everyday Clinical Challenge. *Frontiers in medicine*, 4, 247. <https://doi.org/10.3389/fmed.2017>.
7. Negrini S. (2019). Evidence in Rehabilitation Medicine: Between Facts and Prejudices. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 98(2), 88–96. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001033>
8. Tuesta, M., Yáñez-Sepúlveda, R., Verdugo-Marchese, H., Mateluna, C., & Alvear-Ordenez, I. (2022). Near-Infrared Spectroscopy Used to Assess Physiological Muscle Adaptations in Exercise Clinical Trials: A Systematic Review. *Biology*, 11(7), 1073. <https://doi.org/10.3390/biology11071073>

9. Sartor, M. M., Grau-Sánchez, J., Guillén-Solà, A., Boza, R., Puig, J., Stinear, C., Morgado-Perez, A., & Duarte, E. (2021). Intensive rehabilitation programme for patients with subacute stroke in an inpatient rehabilitation facility: describing a protocol of a prospective cohort study. *BMJ open*, 11(10), e046346. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046346>

10. Taylor, D. E., & Simonson, S. G. (1996). Use of near-infrared spectroscopy to monitor tissue oxygenation. *New horizons (Baltimore, Md.)*, 4(4), 420–425.

11. Boushel, R., Pott, F., Madsen, P., Rådegran, G., Nowak, M., Quistorff, B., & Secher, N. (1998). Muscle metabolism from near infrared spectroscopy during rhythmic handgrip in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 79(1), 41–48. <https://doi.org/10.1007/s004210050471>

12. Empendium . Retrieved from <https://empendium.com/ua/chapter/B27.V.25.4.8>.

### **References:**

1. Physiopedia. Retrieved from <https://www.physio-pedia.com/home/>

2. Bernhardt J., Borschmann K., Boyd L., et al.(2017). Moving rehabilitation research forward: developing consensus statements for rehabilitation and recovery research. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2017;31:694–8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28803534/>

3. Hay S.I., Abajobir A.A., Abate K.H. (2017) . Global, regional, and national disability-adjusted life-years (DALYs) for 333 diseases and injuries and healthy life expectancy (HALE) for 195 countries and territories, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet (London, England)*, 390(10100), 1260–1344. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32130-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32130-X). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28919118/>

4. Otsuki, A., Fujita, E., Ikegawa, S., & Kuno-Mizumura, M. (2011). Muscle oxygenation and fascicle length during passive muscle stretching in ballet-trained subjects. *International journal of sports medicine*, 32(7), 496–502. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275297>

5. Kime, R., Im, J., Moser, D., Nioka, S., Katsumura, T., & Chance, B. (2009). Noninvasive determination of exercise-induced vasodilation during bicycle exercise using near infrared spectroscopy. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*, 15(3), CR89–CR94.

6. Molnar, Z., & Nemeth, M. (2018). Monitoring of Tissue Oxygenation: an Everyday Clinical Challenge. *Frontiers in medicine*, 4, 247. <https://doi.org/10.3389/fmed.2017>.

7. Negrini S. (2019). Evidence in Rehabilitation Medicine: Between Facts and Prejudices. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 98(2), 88–96. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001033>

8. Tuesta, M., Yáñez-Sepúlveda, R., Verdugo-Marchese, H., Mateluna, C., & Alvear-Ordenes, I. (2022). Near-Infrared Spectroscopy Used to Assess Physiological Muscle Adaptations in Exercise Clinical Trials: A Systematic Review. *Biology*, 11(7), 1073. <https://doi.org/10.3390/biology11071073>

9. Sartor, M. M., Grau-Sánchez, J., Guillén-Solà, A., Boza, R., Puig, J., Stinear, C., Morgado-Perez, A., & Duarte, E. (2021). Intensive rehabilitation programme for patients with subacute stroke in an inpatient rehabilitation facility: describing a protocol of a prospective cohort study. *BMJ open*, 11(10), e046346. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046346>

10. Taylor, D. E., & Simonson, S. G. (1996). Use of near-infrared spectroscopy to monitor tissue oxygenation. *New horizons (Baltimore, Md.)*, 4(4), 420–425.

11. Boushel, R., Pott, F., Madsen, P., Rådegran, G., Nowak, M., Quistorff, B., & Secher, N. (1998). Muscle metabolism from near infrared spectroscopy during rhythmic handgrip in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 79(1), 41–48. <https://doi.org/10.1007/s004210050471>

12. Empendium . Retrieved from <https://empendium.com/ua/chapter/B27.V.25.4.8>.