

НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ
“ВАСИЛ ЛЕВСКИ”
КАТЕДРА „КИНЕЗИТЕРАПИЯ И РЕХАБИЛИТАЦИЯ”



Владислав Дианов Бонев
Проучване влиянието на кинезитерапията върху
функционалното възстановяване при пациенти на
продължителна инвазивна белодробна
вентилация

Автореферат
на дисертационен труд
за присъждане на образователна и научна степен „доктор” в
професионално направление 7.4 Обществено здраве

София, 2026 г

**НАЦИОНАЛНА СПОРТНА АКАДЕМИЯ „ВАСИЛ ЛЕВСКИ“
КАТЕДРА „КИНЕЗИТЕРАПИЯ И РЕХАБИЛИТАЦИЯ“**

Владислав Дианов Бонев

**ПРОУЧВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА КИНЕЗИТЕРАПИЯТА
ВЪРХУ ФУНКЦИОНАЛНОТО ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ ПРИ
ПАЦИЕНТИ НА ПРОДЪЛЖИТЕЛНА ИНВАЗИВНА
БЕЛОДРОБНА ВЕНТИЛАЦИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд

За присъждане на образователна и научна степен „доктор“

В професионално направление 7.4. Обществено здраве

Научен ръководител:

доц. д-р Антоанета Василева Димитрова, доктор

Рецензенти:

Доц. Кристин Людмилава Григорова-Петрова, доктор

Доц. д-р Георги Желязков Георгиев, доктор

София, 2026 г.

Дисертационният труд съдържа 147 машинописни страници. Онагледен е с 13 таблици, 8 фигури и 8 приложения. Библиографията включва 336 цитирани публикации (3 на кирилица, 333 на латиница)

Дисертационният труд е обсъден и насочен за публична защита от катедрения съвет на катедра „Кинезитерапия и рехабилитация“ при Национална спортна академия „Васил Левски“ с Протокол №9 от 25.11.25 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 05.03.26 г., 14:00 часа в НСА „Васил Левски“, ул. Гургулят №1, София, зала 502.

Материалите по защитата са на разположение в библиотеката на Национална Спортна Академия „Васил Левски“, Студентски град, София и на сайта на академията, www.nsa.bg

СЪДЪРЖАНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ	6
РАБОТНА ХИПОТЕЗА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	7
ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	8
КОНТИНГЕНТ И ОРГАНИЗАЦИЯ НА ПРОУЧВАНЕТО.....	9
МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ	14
ЦЕЛ НА КИНЕЗИТЕРАПИЯТА	17
МЕТОДИЧЕСКИ ОСОБЕНОСТИ.....	18
КОНТРОЛИРАНЕ НА НАТОВАРВАНЕТО ПО ВРЕМЕ НА ПРОЦЕДУРИТЕ ПО КИНЕЗИТЕРАПИЯ	19
РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ	21
РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОВЕДЕНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ MEDICAL RESEARCH COUNCIL-SUM SCORE И THE PHYSICAL FUNCTION IN ICU TEST-SCORED	21
РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОВЕДЕНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ CHELSEA CRITICAL CARE PHYSICAL ASSESSMENT TOOL	23
РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОСЛЕДЯВАНЕТО НА НИВОТО НА АКТИВНОСТ	25
ПРОДЪЖИТЕЛНОСТ НА ПРЕСТОЯ В ОТДЕЛЕНИЕТО ЗА ИНТЕНЗИВНО ЛЕЧЕНИЕ, ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТ НА МЕХАНИЧНА ВЕНТИЛАЦИЯ И РЕЗУЛТАТИ ОТ ИНДЕКС НА БАРТЕЛ.....	26
РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОВЕДЕНОТО ИЗСЛЕДВАНЕ ЗА КАЧЕСТВО НА ЖИВОТ SF 12	33
ОГРАНИЧЕНИЯ НА ПРОУЧВАНЕТО И ПРЕПОРЪКИ ЗА БЪДЕЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ.....	35
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	37
ИЗВОДИ.....	39
ПРИНОСИ.....	40
НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	41
УЧАСТИЯ В НАУЧНИ КОНГРЕСИ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	41

Използвани съкращения

ДЕЖ - дейности от ежедневието

ИБ - Индекс на Бартел

ИБВ – инвазивна белодробна вентилация

ИЛ – интензивно лечение

КЖ - качество на живот

КТ – кинезитерапия

МВ - механична вентилация

МКФУЗ - Международната класификация на функционирането, уврежданията и здравето

ОИЛ – отделение за интензивно лечение

ОРДС - остър респираторен дистрес синдром

РКП - рандомизирано-контролирано проучване

РМ – ранна мобилизация

СПИО - слабост, придобита в интензивното отделение

СПОИЛ - синдром на последиците от интензивно лечение

CPAx – Chelsea Critical Care physical assessment tool

MRC-ss – medical Research Council-sum score

PFIT-s – Physical Function in the Intensive care unit test-scored

SOMS – Surgical intensive care unit optimal mobilisation score

ВЪВЕДЕНИЕ

Традиционно пациентите в отделенията за интензивно лечение (ОИЛ) често биват подложени на продължителна седация и обездвижване, с цел предотвратяване на потенциални усложнения и улесняване лечението на критичното състояние. Изследванията през последните десетилетия обаче подчертават редица негативни последици от продължителното обездвижване, като например изразена мускулна слабост, усложнения, свързани с продължителното приложение на инвазивна апаратна вентилацията и психо-емоционален стрес. Последиците от физическата дисфункция при критично болни пациенти могат да имат дългосрочни последствия, като значителни ограничения в дейности от ежедневието (ДЕЖ) се наблюдава дори до 5 години след изписването от интензивното отделение. За да се противодейства на тези усложнения, ранната мобилизация (РМ) се очертава като важен компонент от съвременното интензивно лечение. Доказано е, че РМ в ОИЛ повлиява значително състоянието на пациентите, като ускорява времето за отвикване от механична вентилация, намалява делира, поддържа централния и периферния мускулно-скелетен интегритет, намалява риска от полиневропатия и миопатия, намалява продължителността на престоя в интензивното отделение и в болницата като цяло, и намалява смъртността по време на престоя в болницата.

РАБОТНА ХИПОТЕЗА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Ако се създаде и внедри алгоритъм за последователно и прогресивно мобилизиране на травматични пациенти в ОИЛ, нуждаещи се от продължителна механична вентилация (МВ) ≥ 72 часа, с акцент ранна вертикализация, значително биха се съкратили дните на МВ и престоя в ОИЛ, както и достигане на по-добър функционален статус при изписване, в сравнение със стандартна мобилизация, изразяваща се с по-консервативен подход и отлагане на вертикализацията до момента, в който пациентът е вече отвикнат от МВ.

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Целта на дисертационния труд е да се проучи въздействието от протокол-базирана ранна мобилизация при пациенти в ОИЛ, нуждаещи се от продължителна механична вентилация, спрямо стандартно прилаганата кинезитерапия, по отношение на брой дни прекарани на механична белодробна вентилация, продължителност на престоя в ОИЛ и функционален статус при изписване от ОИЛ.

Задачи на дисертационния труд:

1. Да се създаде специализирана кинезитерапевтична методика за ранна мобилизация на базата на критичен анализ на достъпната литература по проблема.

2. Да се подберат достатъчно информативни и практически приложими методи за изследване на функционалните възможности на изследвания контингент пациенти;

3. Да се определят критерии за подбор на болните в проучването – включващи и изключващи;

4. Да се проучи въздействието на приложената от нас методика за ранна мобилизация, спрямо рутинно прилаганата такава по отношение на:

- мускулна сила на крайниците и издръжливост
- дихателна функция (нужда от кислородотерапия и ефективно откашляне);
- трансфери и дейности;
- ниво на активност;
- брой дни в отделението за интензивно лечение и продължителност на инвазивна белодробна вентилация
- независимост при дейности от ежедневието;
- качество на живот;

5. Да се съставят изводи и препоръки за практиката;

КОНТИНГЕНТ И ОРГАНИЗАЦИЯ НА ПРОУЧВАНЕТО

Проучването обхваща период от 3 (три) години (2022-2025г.), проведено е в УМБАЛСМ „Н. И. Пирогов“, Отделението по интензивно лечение – Централна Реанимация, град София. То обхваща 70 пациенти, приети в отделението по повод на животозастрашаваща травма и нуждаещи се от поне 72 часа апаратна вентилация. Пациентите са равномерно разпределени в две групи, на случаен принцип, по реда на постъпване в отделението – по 35 пациенти във всяка група.

Проучването премина през три етапа: през първия етап, с продължителност 5-7 месеца, се уточни проблема и прегледа наличната литература, засягаща проблема, определиха методика на ранна мобилизация, както и методи за изследване на контингента пациенти. През втория етап приложихме кинезитерапевтичната методика в клинични условия, съобразено със спецификите и клиничното състояние на всеки пациент, под контрола на лекари-реаниматори. През третия етап, обработихме статистически получените резултати, сравнихме с други автори и изготвихме заключение, изводи и препоръки.

За подбор на пациентите определихме следните критерии:

Включващи критерии:

- травматични пациенти ≥ 18 години;
- нуждаещи се от инвазивна механична вентилация за ≥ 72 часа;
- двигателно независими преди постъпване;
- без липсващи крайници или части от тях;
- контактни, адекватни и кооперативни;
- информирани и съгласни да участват в проучването

Исключващи критерии:

- пациенти с наложена се ампутация на крайник или част от него в хода на престоя в интензивното отделение;
- отказ от участие в изследването и провеждането на кинезитерапия;
- пациенти с гръбначно-мозъчни травми и невъзвратим неврологичен дефицит;
- пациенти на палиативни грижи;
- пациенти с изразени когнитивни дефицити;

Определените от нас включващи и изключващи критерии са сходни с тези в редица други проучвания.

В проучването взеха участие 70 пациенти, като за целите на проучването пациентите са разпределени в две групи - експериментална група (ЕГ) и контролна (КГ), като участниците бяха разпределени по равно на случаен принцип - по ред на постъпване в отделението, като всеки четен номер пациент, приет в ОИЛ и отговарящ на критериите за участие в

изследването, е разпределен в КГ, а всеки нечетен, приет в ОИЛ и отговарящ на критериите за участие в изследването, е разпределен в ЕГ.

При експерименталната група, състояща се от 35 пациенти, от които 28 мъже и 7 жени, на средна възраст $43,14 \pm 18,9$ г., приложихме алгоритъма за ранна и прогресивна мобилизация Surgical Intensive care unit optimal Mobilization Score (SOMS), който се основава на критерии за последователна, съобразена със състоянието на пациента и целово ориентирана мобилизация (goal-oriented mobilization) в ОИЛ.

При контролната група, включваща 35 пациенти, от които 23 мъже и 12 жени, на средна възраст $47,94 \pm 19,3$, приложихме стандартна за отделението кинезитерапия, която включва упражнения за подобряване на обема на движение на крайниците, дихателни упражнения и поддържане на позиция на горната част на тялото от 30-45 градуса, освен при установени контраиндикации, като и позициониране с цел предотвратяване на усложнения и подпомагане на лечението.

Мобилизацията при пациентите от двете групи започна след установяване на контакт с тях и определяне на нивото на кооперативност, без налична категорична контраиндикация от лекарите-реаниматори.

Двете групи болни, участващи в изследването са лекувани в УМБАЛСМ „Н.И.Пирогов“, Отделение по интензивно лечение - Централна реанимация и са били обект на приложението на ранна мобилизация 7 дни в седмицата по 1-2 пъти дневно, 30-60 минути продължителност (според моментното клинично състояние на пациентите).

На следващите таблици са представени характеристиката на контингента (таблица 1), разпределението на пациентите в групите по диагнози, както и честота и разпределение на екзитус леталис в рамките на проучването (таблица 2), здравната характеристика на пациентите, по отношение наличието на придружаващи заболявания (таблица 3) и разпределение на честотата на нежеланите събития по време на РМ между групите (таблица 4).

Таблица 1. Социо-демографска характеристика на контингента (пол и възраст) и честота на екзитус леталис в рамките на престоя в ОИЛ.

ГРУПА	ЕГ	КГ	Р	Общо
Пол				
Мъже (брой)	28 (80%)	23 (65,7%)		51 (72,86%)
Жени (брой)	7 (20%)	12 (34,3%)		19 (27,14%)
Общо:	35	35		
Средна възраст (г.)	43,14±18,9	47,94±19,3	0,397	45,54±19,1
<40 г.	15(42,86%)	14 (40%)		29 (41,43%)
41-60 г.	12 (34,28%)	13 (37,14%)		25 (35,71%)
>61 г.	8 (22.85%)	8 (22,86%)		16 (22.86%)

Честота на екзитус леталис в рамките на престоя в ОИЛ

1	2	3
---	---	---

Експериментална група (ЕГ) – пациенти, подложени на ранна, прогресивна мобилизация по Surgical Intensive Care unit optimal mobilisation score (SOMS); Контролна група (КГ), пациенти подложени на стандартна за отделението ранна мобилизация; ОИЛ - отделение за интензивно лечение; Р – степен на значими разлики между двете групи, определена чрез U-критерий на Mann- Whitney за непараметричните и t-критерий на Student за параметричните променливи.

Таблица 2. Честотно разпределение на пациентите по приемни диагнози

Диагноза	ЕГ	КГ	Общо
Травматичен шок	25	29	54 (77,14 %)
Политравма	3	3	6 (8,57%)
Гръдно-коремна контузия	5	2	7 (10%)
Хеморагичен шок	2	1	3 (4,29%)
Контузия на гръдния кош	1	-	1 (1,43%)

Експериментална група (ЕГ) – пациенти, подложени на ранна, прогресивна мобилизация по Surgical Intensive care unit optimal mobilization score (SOMS); Контролна група (КГ), пациенти подложени на стандартна за отделението ранна мобилизация

Таблица 3. Здравна характеристика на изследвания контингент

Съпътстващи заболявания	ЕГ	КГ	Общо
Сърдечно-съдови	5	10	15
Артериална хипертония	4	6	10
ХЗСН 2-ри ФК		1	1
Инфаркт на миокарда		1	1
Хипертонично сърце	1		1
Наличен стент		2	2
Респираторни	1	1	2
ХОББ	1	1	2
Метаболитни и обменни			
Захарен диабет тип II	2	6	8
Инсулино независим	2	5	7
Инсулино-зависим		1	1
Дерматологични	1		1
Псориазис	1		1
ГИТ		3	3
Хроничен гастрит		2	2
ГЕРБ		1	1
Бъбречни		1	1
ХБЗ		1	1
Онкологични		1	1
Са простатектомия		1	1
Хроничен етилизъм	1	1	2

ЕГ - пациенти подложени на ранна мобилизация по SOMS; КГ - пациенти, подложени на стандартна за отделението ранна мобилизация клапа; ХЗСН - хронична застойна сърдечна недостатъчност; ФК - функционален клас; ХОББ - хронична обструктивна белодробна болест; ГЕРБ - гастро-езофагеална рефлуксна болест; ХБЗ – хронично бъбречно заболяване; ГИТ - гастро-интестинални заболявания.

От представените характеристики на изследвания контингент, впечатление прави по-високата възраст на пациентите в КГ ($47,94 \pm 19,3$ г.) спрямо ЕГ ($43,14 \pm 18,9$ г.), но без налична статистически значима разлика ($P=0,397$), както и по-изразената полиморбидност при КГ спрямо ЕГ.

Таблица 4. Честота на нежеланите събития по време на РМ между групите

Вид нежелано събитие по време на РМ	ЕГ	КГ	Общо
Промени в съзнанието	1	1	2
Разкачане на дихателния кръг	2	0	2

От таблица 4 установяваме, че в рамките на проучването са наблюдавани 4 нежелани събития по време на РМ, съответно 3 за ЕГ - 2 броя разкачане на дихателния кръг, при вертикализация от седеж до стоеж, 1 път промяна в съзнанието при вертикализация от седеж до стоеж на пациент на ИБВ и

катехоламинова поддръжка, което наложи прекратяване на процедурата и бързото връщане на пациента в тилен лег в леглото с установена преходна хипотензия, която отмина в рамките на една минута; В КГ се установява само едно нежелано събитие - промяна в съзнанието, при която пациентът стана неконтактен при вертикализация от седеж до стоеж при хемодинамично стабилен пациент, който не е на ИБВ, което наложи прекратяване на РМ и връщането на пациента в покой в тилен лег с установяване на хипотензия, която се нормализира в рамките на минута от връщането в покой.

Важно е да отбележим, че и 4-те нежелани събития бяха с транзитoren характер, неизискващи предприемането на промени в прилаганата терапия.

Методиката и спецификите на приложената кинезитерapia са описани подробно в съответния раздел.

МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

Важен принцип преди изготвянето на кинезитерапевтичната методика е, че всички пациенти трябва да бъдат оценени на базата на наличната медицинска документация и преглед от специалист. Предвид водещата роля на кинезитерапевтите/физиотерапевтите в ОИЛ за справяне с последствията от критичното състояние и продължителното интензивно лечение са необходими адекватни методи за оценяването на функционалния статус на пациентите. Събраната информация би могла да се използва за създаването на индивидуално съобразена с конкретния клиничен случай кинезитерапевтична програма.

Всички пациенти, участващи в настоящето проучване, преминаваха през първоначални изследвания за оценка на функционалното и когнитивното състояние и второ изследване при изписване от отделението за интензивно лечение, на базата на предварително подготвен формуляр за спазване на процедурата при оценяването.

На последния ден от престоя в ОИЛ, на първи и трети месец от изписването от ОИЛ пациентите биват интервюирани чрез SF-12 и Индекса на Бартел за установяване на физическото и емоционалното здраве на пациентите, както и независимостта в дейности от ежедневието.

На пациентите от двете групи бяха приложени следните клинични и функционални изследвания:

Клинично състояние – анамнеза, статус, лабораторни изследвания. Клиничният статус на пациента се определя след преглед от лекар-реаниматор.

В интензивното отделение пациентите бяха под непрекъснат мониторинг на сърдечната честота, артериалното кръвно налягане, кислородната сатурация, дихателен обем, дихателна честота, минутна вентилация, фракция на кислорода, както и биохимични показатели.

Chelsea Critical Care Physical Assessment tool (CPAx) - Инструментът на Челси за оценка на функционалния капацитет при пациенти, нуждаещи се от интензивни грижи

CPAx съдържа 10 елемента (дихателна функция, качество на откашляне, мобилност в леглото, вертикализация от легнало положение до седеж на ръба на леглото, динамичен контрол в седеж, изправяне от седеж, равновесие в стоеж, преместване от легло на стол, ходене и сила на захвата), оценени по 6-степенна скала от напълно зависими от чужда помощ (0 точки) до пълно независимост (5 точки). Следователно, сумарната оценка на CРAx варира от 0 (най-лошо състояние) до 50 (пълна двигателна независимост в рамките на отделението). Използването му в настоящето проучване е на базата на данните от редица изследвания, които съобщават, че тестът е подходящ за оценка на физическата функция на критично болни в интензивно отделение и се характеризира с висока степен на съгласуваност при оценяването на дихателния и двигателните компоненти в различни интензивни отделения. Приложението му е особено уместно предвид факта,

че СРАх оценява както дихателната функция така и ефективността на откашляне, а при критично болните дихателната функция и по-специално процесът на отвикването от механична вентилация са ключов компонент на ранната мобилизация.

Medical Research Council Sum-score (MRC-ss)

MRC-ss се използва рутинно за оценка на глобалната мускулна сила в медицинската практика. Изследват се шест движения (абдукция на рамото, флексия на лакътя, екстензия на китката, флексия на тазобедрената става, екстензия на коляното и дорзифлексия на глезена) двустранно. Крайната оценка варира от 0 точки до 60 точки. Оценката за всяко глобално движение може да варира от 0 точки - парализа до 5 точки - нормална сила, симетрична с незасегнатия крайник, както следва.

Понастоящем MRC-ss е златен стандарт за диагностика на СПИО, която се установява въз основа на крайния резултат от теста (при резултат под 48 т.) Изследователите определят надеждността на MRC-ss между добра до отлична при пациенти в ОИЛ

Surgical Intensive Care unit Optimal Mobilisation score (SOMS) - Скала за оптимална мобилизация в хирургичното интензивно отделение

SOMS представлява алгоритъм за целенасочена ранна мобилизация в отделенията за интензивно лечение. Нивата на активност по SOMS варират от 0 точки - „без активност“, когато потенциалната вреда надхвърля потенциалната полза от приложението на РМ до „ходене“ - 4 точки. Резултатите от SOMS при приема са независим предиктор за продължителността на престоя, за вътреболничната смъртност По време на мобилизацията, кинезитерапевтите/физиотерапевтите са длъжни да следят кръвното налягане и сърдечната честота, отчитайки наличието на вазопресори, обемен баланс, приложение на вазодилататори, аналгетици.

Physical Function ICU Test-scored (PFIT-s) - скала за оценяване на физическите възможности в ОИЛ

Тестът включва оценка на 4 компонента - сила на раменната става, сила на колянна става; изправяне от седнало положение и маршируване на място (брой стъпки за минута). Силата на раменната става се изследва като се изисква от пациента да извърши флексия в раменната става, а силата на колянна става се установява като пациента извърши екстензия в колянната става. Оценката на мускулната сила се базира Оксфордската система за класификация, като оценките варират от 0 - липса на мускулна контракция до 5 - движението се извършва в пълен обем и съпротивление равно на незасегнатия крайник. При пациентът с ограничен обем на движение поради нарушение, тестваме силата му в рамките на наличния обем. Ако едната страна (дясната или лявата) е по-силна от другата, се използва по-силната страна (най-високата степен) за оценяване по PFIT-s.

Тестът е специално създаден за използване при пациенти в критично състояние, които може никога да не достигнат до способността да изпълняват

други рутинни тестове, като теста шестминутно ходене или други субмаксимални тестове.

Въпросник за качество на живот SF-12

Въпросникът SF-12 дава обща оценка на различните аспекти на здравето. Състои се от 12 елемента: физическо функциониране, физическа роля, телесна болка, общо здраве, жизненост, социално функциониране, емоционална роля и психическо здраве. Оценкаите варират от 0 т. до 100 т., като по-високите оценки показват по-добро здраве

Barthel Index - Индекс на Бартел (ИБ) за независимост при самообслужване

ИБ се използва за оценяване на индивидуалните възможности на пациентите да извършват самостоятелно базови дейности от ежедневиия живот

Статистически методи

Резултатите от изследванията са обработени с програма SPSS 27.00. Данните са обработени чрез показатели за асиметрия, ексцес и критерия на Колмогоров – Смирнов (K-S тест) за нормалност на разпределение на признаците. Приложени са:

- Вариационен анализ за обработване на основните демографски и клинични показатели: χ^2 критерий на Пийърсън за честотно разпределение;

- Сравняване на разпределението чрез t-критерий на Student при зависими и независими извадки за параметричните и t-критерий на Wilcoxon при зависими и U-критерий на Mann-Whitney при независими извадки за непараметричните променливи величини, с уровень на значимост $p < 0,05$; Оценяване големината на ефекта: При изчисляване на вътрегруповата големина на ефекта (Cohen's d) е отчитан различният размер на извадката.

За определяне големината на ефекта е използван Cohen's d за независими извадки изчислено чрез програма Jamovi 2.6.44.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА КИНЕЗИТЕРАПЕВТИЧНАТА МЕТОДИКА

Ранната мобилизация е доказана като безопасна и осъществима в многобройни проучвания през последните две десетилетия. Нейната роля е ключова и при пациенти на инвазивна механична вентилация чрез ендотрахеална тръба, с инвазивни катетри in situ и през първите няколко дни от стартирането на инвазивна механична вентилация. Честотата на нежеланите събития, произтичащи от РМ в интензивното отделение, е $< 4\%$, като преобладаващата част от тях не са животозастрашаващи

Повечето проучвания се фокусират върху ефекта на ранната активност за намаляване на СПИО, отколкото върху краткосрочния и дългосрочния функционален статус след изписването от интензивното отделение

Публикувани са различни алгоритми за приложението на ранна мобилизация при пациенти в ОИЛ, включително и при такива на МВ, но не съществува единен стандартизиран протокол. Протоколите за РМ обикновено включват информация за следното: популация от пациенти, подходящи

критерии за включване и изключване, критерии за безопасност при мобилизация, указания за това кой трябва да участва по време на мобилизацията, разработване на цел за мобилизация и документиране на това дали тази цел е постигната.

В България до сега не е проучван ефектът от кинезитерапията върху функционалното възстановяване при пациенти на продължителна инвазивна механична вентилация.

Описаната от нас по-долу методика е прилагана при травматични пациенти, постъпили в ОИЛ-Централна реанимация на УМБАЛСМ „Н.И.Пирогов“ и нуждаещи се от ≥ 72 часа ИБВ, ежедневно по 1-2 пъти.

Програмата се базира на SOMS алгоритъма за ранна мобилизация в ОИЛ, както и добавени от нас упражнения. Изграждането на методиката ни се базира на основни физиологични принципи и механизми на физическата активност върху сърдечно-съдовата, дихателната, нервната и мускуло-скелетната система, още повече е съобразена с актуалните критерии за безопасност при натоварване на пациенти в ОИЛ.

Имайки предвид спецификата на изследвания контингент, по време на прилагане на кинезитерапията се съобразявахме изцяло с моментното състояние на пациентите, като при влошени показатели (висока температура, изразена тахикардия в покой, артериална хипертензия над задените в началото стойности за безопасност, повишена нужда от катехоламини (както и нуждата от стартирането им), психо-моторна превъзбуда и повишен риск от опасност за пациента) или субективни причини, процедурата се адаптираше по отношение на интензивност, видове от упражнения или се отлагаше до стабилизиране на състоянието. Най-общо, процедурите се провеждаха 7 дни в седмицата, по 1 или 2 пъти дневно с времетраене 30-60 минути.

Предназначение

Методиката на кинезитерапия е предназначена за травматични пациенти, нуждаещи се от продължително интензивно лечение, включително приложението на ИБВ, сърдечносъдова поддръжка, бъбречна поддръжка.

ЦЕЛ НА КИНЕЗИТЕРАПИЯТА

Целта на кинезитерапията е постигане на максимално високо ниво на функционално възстановяване.

Основни задачи на кинезитерапията:

1. Ограничаване на негативните последици от продължителната имобилизация - развитие на декубитуси, ателектази, контрактури

Основни средства: а/ ранна мобилизация и вертикализация; б/ редовна смяна на позицията в леглото; в/ пасивни, активно-асистирани и активни упражнения;

2. Подобряване на мускулната сила и издръжливост

Основни средства: а/ активно-асистирани упражнения за крайниците и тялото; б/ упражнения срещу мануално съпротивление; в/ упражнения със

съпротивление от пясъчни торбички от 1 до 5 кг.; г/ увеличаване на продължителността на изпълнение на упражненията; д/ маршируване на място; е/ увеличаване дистанцията за ходене;

3. Засилване на дихателната мускулатура

Основни средства: а/ мануално подпомагане на вдишването; б/ дихателни упражнения с включването на горните крайници, използвайки папагал, торбички с тежести; в/ вдишване срещу мануално съпротивление; г/ издишване с мануално подпомагане;

4. Подобряване на баланса и координацията

Основни средства на КТ: а/ упражнения от ИП седеж с пуснати крака; б) упражнения от ИП стоеж; в/ протягане за вземане на предмети; г/ маршируване на място; д/ ходене; е/ качване и слизане на стъпало;

5. Подпомагане на експекторацията при екстубирани пациенти

Основни средства на КТ: позициониране в леглото, упражнения за засилване на инспираторната мускулатура, мануално подпомагане на издишването и откашлянето, перкуторен масаж, инхалации със физиологичен разтвор и вентолин по назначение.

6. Подобряване мобилността в леглото.

Основни средства на КТ: активни-асистирани и активни упражнения в леглото, обучение в повдигане и преместване на таза, обучение в завъртане.

7. Постепенно адаптиране на организма към дейности от ежедневието.

Основни средства на КТ: а/ упражняване на дейности от ежедневието в леглото и извън него б/ ходене до и около леглото.

8. Нормализиране на ортостатичните реакции

Основни средства на КТ: а/ циклични упражнения в аеробен режим; б/ постепенно вертикализиране с прекарване на повече време с прогресивно увеличаване на височината на торса в/ упражнения от различни изходни позиции.

МЕТОДИЧЕСКИ ОСОБЕНОСТИ

Обща продължителност и период на кинезитерапия.

Общата продължителност на прилаганата кинезитерапевтична методика е средно 2 месеца, в рамките на отделението по интензивно лечение - Централна реанимация, УМБАЛСМ „Н.И.Пирогов“.

Форма и структура на процедурите по кинезитерапия.

Формата на процедурата по кинезитерапия е индивидуална. В интензивно отделение се провеждат 1-2 процедури на ден с продължителност 30-60 минути.

Структурата на кинезитерапевтичната процедура се разделя на подготвителна, основна и заключителна част.

Подготвителната част е различна според периода – варира между 10-15 минути. Тя включва проследяване на жизнените показатели (сърдечна честота, артериално кръвно налягане, кислородна сатурация, дихателна

честота, дихателен обем), дихателни упражнения, упражнения за малки мускулни групи на крайниците. Изходното положение, от което се изпълнява подготвителната част, е тилен лег и/или полулег

Основната част варира между 30-40 минути. В началото на престоя в интензивно отделение двигателната активност е допълнително затруднена поради множеството апаратура по и в пациента (включително наличието на интубационна тръба/трахеостомна канюла и шлангове към тях, централен венозен източник, артериална линия за инвазивно проследяване на кръвното налягане, уретрален катетър), наличието на множество и различни дренове, наличието на външни фиксатори - на таз, горни или долни крайници, критичното състояние на пациентите, множеството и различни медикаменти, които повлияват съзнанието, както и такива, поддържащи сърдечно-съдовата му функция. Упражненията се изпълняват от седеж в леглото, седеж с пуснати крака, стоеж. В тази част на процедурата се набляга на диафрагмалното дишане, подпомагане на експекторацията, активиране на големите мускулни групи, подобряване на кислородната сатурация и изпълнение на дейности от ежедневието.

С постепенното подобряването на състоянието на пациента се увеличава интензивността и времетраене на процедурите, като се набляга на упражнения срещу съпротивление, мануално и с пясъчни торбички с тегло вариращо от 1 до 5 килограма. Използвани са упражнения с включване на екстракардиалните фактори, аеробни упражнения, дълбоко дишане за повлияване на ателектазата, инспираторни упражнения с включване на горните крайници, упражнения за подобряване на експекторацията, упражнения за координация и правилно телодържание.

Заклучителната част варира между 5-10 минути в зависимост от състоянието и възможностите на пациента. В тази част се отчитат и дискутират промените в жизнените показатели, след това се преминава към релаксиращи упражнения.

Контролиране на натоварването по време на процедурите по кинезитерапия

По време на кинезитерапията пациентите са под постоянен мониторинг.

В клинични условия се взима под внимание полиморбидността на контингента от пациенти, както и множеството и различни травми с които са.

По време на процедура се съобразяваме с:

Обективните данни - промени в дихателната честота, сатурация, дихателни обеми, кръвно налягане, сърдечен пулс, както и типа и локализацията на травмите, времеви периоди от проведените операции и предстоящите такива, модел на дишане. Субективните данни, като изразена умора, съобщаване за световъртеж и диспнея, гръдна болка и стягане с задълбочаваща се диспнея, бледост, обърканост, изразена умора, световъртеж, гръдна болка и стягане, молба за прекратяване на процедурата изтръпване по крайниците и други. Освен това могат да се появят късни

симптоми (до няколко часа) като продължителна умора, стесняване на съзнанието, десатурация, спад в кръвното налягане, тахикардия. Други причини за прекратяване на процедурата може да бъдат прогресивна десатурация $\geq 4\%$; хипотензия - стойности под 65 mmHg средноартериално налягане; разкачане на дихателния апарат.

РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Резултати от проведените изследвания Medical Research Council-Sum Score и The Physical Function in ICU test-scored

Medical Research Council Score се използва в практиката при пациенти в интензивно отделение като се състои от оценяване на мускулната сила на движенията в рамо, лакът, китка, мускули около тазобедрена, колянна и глезенна става. В настоящата разработка са представени резултатите от теста само като общ сбор от всички включени тестови движения (табл. 5).

Таблица 5. Средни стойности и промени в мускулата сила при двете групи в хода на лечението

Показател	Група	n1	$\bar{X}_1 \pm SD$	n2	$\bar{X}_2 \pm SD$	Cohen's d
MRC-ss	КГ	35	41,23 \pm 12,18	32	50,22 \pm 7,87***	0,552
	ЕГ	35	44,46 \pm 10,55	34	54,15 \pm 6,33***	
	P		0,657		0,028	

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 средни стойности на двете изследвания; SD – стандартно отклонение на показателите; КГ - контролна група, ЕГ - експериментална група; n – брой пациенти; *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ – значими разлики, определено чрез Student t-test за зависими извадки; P – статистическа значимост определена чрез Student t-test за независими извадки; Cohen's d – показател за размер на ефекта между изследванията, до 0,2 – малка практическа разлика; до 0,5 – средна; до 0,8 значителна; над 0,8 – голяма.

От проведеното изследване на мускулната сила с MRC-ss, в началото се установява понижена мускулна сила и в двете групи, като не се отчита статистически значима междугрупова разлика. На второто изследване - при изписване от ОИЛ, е налице подобрение в силата и при двете групи ($p < 0,001$). Установява се статистически значима междугрупова разлика ($P < 0,05$) в полза на ЕГ при изписването. Протокол-базираната мобилизация приложена в ЕГ води до значително по-голямо подобрение, средно с 4 точки, в мускулната сила при изписване от ОИЛ, спрямо стандартната методика, приложена при КГ.

Считаме, че резултатите от това проучване убедително демонстрират, че протоколът за ранна мобилизация е високоефективен за подобряване на ключови функционални резултати при пациенти в ОИЛ.

Тестът Physical function in the ICU test-scored демонстрира отлична конструктивна валидност при измерване на мускулната сила при събуждане на пациенти на МВ и е налице положителна връзка между PFIT-s и MRC-ss.

На Таблица 5 са представените промените в мускулна сила на горен и долен крайник, както и мускулна издръжливост отчетени с теста PFIT-s.

Таблица 6. Средни стойности и промени в мускулната сила и издръжливост, отчетени с The Physical Function in ICU test-Score. (PFIT-s)-s при двете групи в хода на лечението

Показател	Група	n ₁	$\bar{X}_1 \pm SD$	n ₂	$\bar{X}_2 \pm SD$	Cohen's d
сила РС	КГ	35	1,19±1,22	32	2,52±0,89***	0,395
	ЕГ	35	1,76±1,35	34	2,76±0,65***	
	P		0,072		0,119	
Сила КС	КГ	35	1,81±1,25	32	2,72±0,73***	0,257
	ЕГ	35	2,06±1,2	34	2,88±0,54***	
	P		0,419		0,301	
Седеж до стоеж	КГ	35	0,00±0,00	32	1,45±1,06***	0,628
	ЕГ	35	0,00±0,00	34	1,76±0,98***	
	P		1,0		0,000	
Каданс	КГ	35	0,00±0,00	32	0,25±0,44***	0,654
	ЕГ	35	0,00±0,00	34	0,67±0,84***	
	P		1,0		0,009	
PFIT-s общо:	КГ	35	3,46±2,16	32	6,22±2,32***	0,708
	ЕГ	35	4,20±2,47	34	7,79±2,13***	
	P		0,185		0,005	

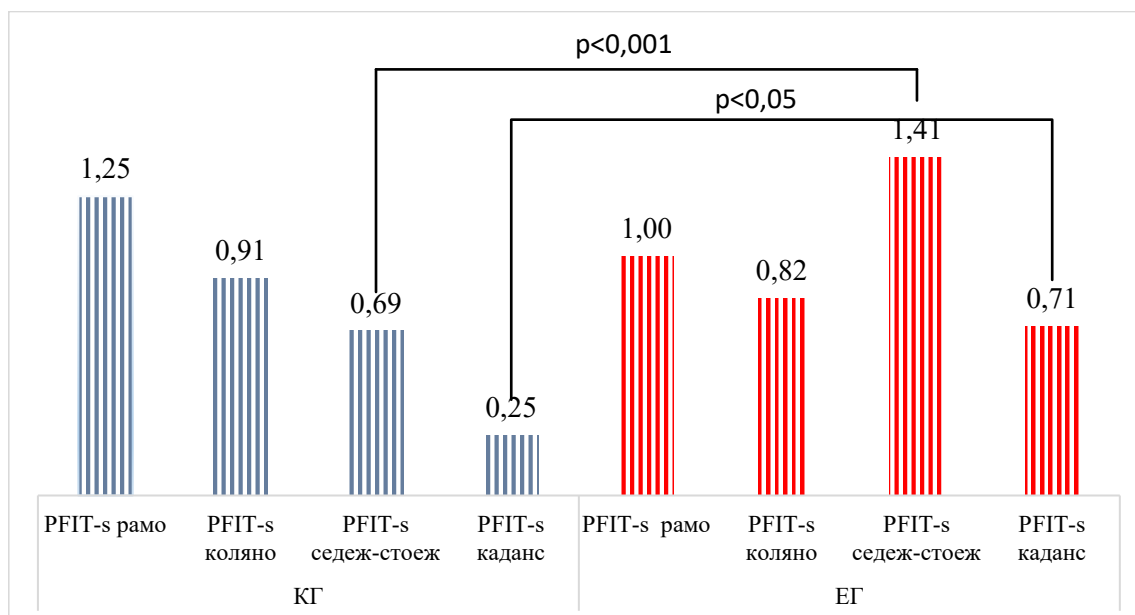
\bar{X}_1 , \bar{X}_2 средни стойности на двете изследвания; SD – стандартно отклонение на показателите; ЕГ - експериментална група; КГ - контролна група; n – брой пациенти; *** $p < 0.001$, ** $p < 0.005$, * $p < 0.05$, определено ниво на значимост чрез Student t- test за зависими и независими извадки; Cohen's d – показател за размер на ефекта между групите при второ изследване от 0,2 до 0,49 – малка практическа разлика; от 0,5 до 0,79 – средна; над 0,8- голяма

При изписването от ОИЛ се наблюдава значимо подобряване на мускулната сила и издръжливост и при двете групи болни ($p=0,000$), като отново е налице статистическа значима междугрупова разлика в общия резултат с по-голямо подобрене в ЕГ ($P < 0,005$).

Установява се значимо подобрене във флексия в раменна става, екстензия в колянна става, вертикализация от седеж до стоеж и маршируване на място при двете групи пациенти ($p < 0,001$). По отношение на вертикализацията от седеж до стоеж и каданса отчитаме значима междугрупова разлика в полза на пациентите от експерименталната група.

От гореизложеното можем да заключим, че пациентите от ЕГ се характеризират с по-добра мускулна сила и по-голяма издръжливост при изписване от ОИЛ, спрямо КГ, където беше приложен стандартен подход на мобилизация.

Промените в прирастите между отделните области на изследване от PFIT-s (фиг. 1) показват статистически значимо подобрене между двете групи за промяна на позицията на тялото от седеж до стоеж и при каданс.



Фиг.1. Динамика в прирастите на отделните компоненти на PFIT-s при второ изследване. КГ - контролна група; ЕГ - експериментална група

Практическото значение на PFIT-s се изразява във възможността да се проследи интегрираната мобилност, изразяваща се в способността на пациентите да изпълняват сложни функционални задачи. Считаме, че постигнатите резултати в това изследване са от особена важност, тъй като демонстрират, че протоколът за РМ не просто увеличава мускулната сила, а обучава пациентите как да използват двигателната дейност за координирани, целенасочени движения. Този извод е в пълно съответствие с модерната философия на кинезитерапията/физиотерапията, която набляга на функционалното обучение като основен принцип във възстановяването, тъй като то е пряко свързано с независимостта на пациента в ежедневието

Обобщение

1. Установява се значимо подобрене на функционалната мускулна сила на крайниците при изписване от ОИЛ и при двете групи, по-добре изразено за ЕГ.
2. Пациентите от ЕГ демонстрират значително по-голяма интегрирана мобилност и мускулна издръжливост, отчетена чрез PFIT-s при изписване от ОИЛ, спрямо КГ.

Резултати от проведеното изследване Chelsea Critical Care Physical assessment tool

За да оценим влиянието на кинезитерапевтичната методика върху дихателната функция, възможностите за трансфер на стол и капацитетът за

извършване на активности в рамките на отделението за интензивно лечение, използвахме Chelsea Critical care physical assessment tool (CPAx).

Началните показатели не показват статистически значими разлики между двете групи с изключение на компонента „Откашляне“ ($P=0,008$) и гранична значимост за компонента „Дихателна функция“ ($P=0,05$) в полза на КГ. Всички останали показатели, включително "Завъртане в леглото", "Вертикализация до седеж", "Динамичен седеж", "Баланс в стоеж", "Седеж до стоеж", "Трансфери" и "Ходене", показват ниски начални средни стойности за двете групи, като разликата между групите не е статистически значима ($P>0,05$). Общият резултат по скалата CPAx при първото изследване е 8.66 ± 3.05 за ЕГ и 9.31 ± 3.58 за КГ, като разликата е статистически незначима ($P=0,441$).

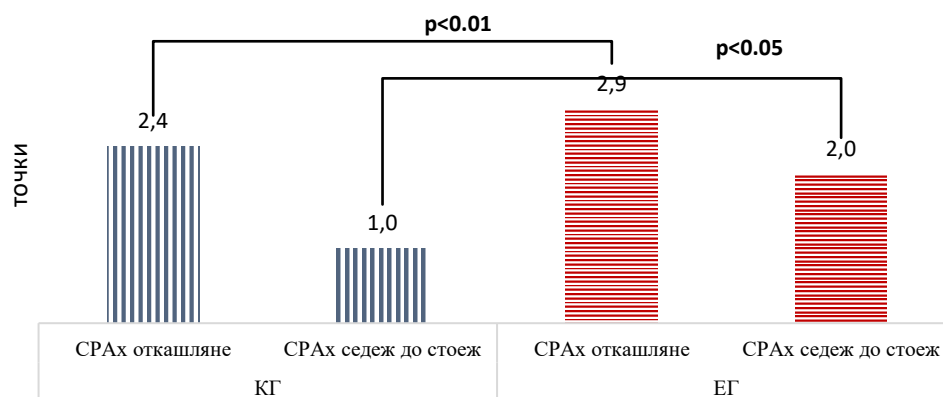
При изписване се установява значително нарастване по абсолютни средни стойности във всички компоненти на CPAx скалата при пациентите и от двете групи със статистически значима вътрегрупова разлика.

Прави впечатление, че КГ се характеризира с по-високи абсолютни средни стойности за компонентите „дихателна функция“ и „откашляне“ в началото в сравнение с ЕГ. При изписване резултатите на ЕГ за тези два компонента надвишават по абсолютни стойности тези на КГ като за компонента „откашляне“ се установява статистически значима междугрупова разлика в полза на ЕГ ($P=0,041$), имайки предвид, че в началото КГ се е характеризирала със статистически значима междугрупова разлика ($P<0,008$)

При показателят „изправяне от седеж до стоеж“, при изписване от ОИЛ, се установява статистически значима междугрупова разлика в полза на ЕГ ($P=0,018$) и нарастване на абсолютните средни стойности до $2,00 \pm 1,77$ точки за ЕГ, спрямо $1,03 \pm 1,52$ точки за КГ.

Общият сбор точки от изследването показва подобрене с 21,81 точки за ЕГ и с 17,72 точки за КГ. Промяна с поне 6 точки между изследванията се определя като клинично значима разлика във функционалния капацитет, каквато се установява и при двете групи пациенти в нашето изследване.

На фиг. 2 е представена динамиката в промените на резултатите в компонентите „Откашляне“ и „Промяна на позицията от седеж до стоеж“.



Фиг. 2. Динамика в прирастите от средните стойности на компонентите откашляне и седеж до стоеж от Chelsea Critical Care Physical assessment tool (CPAx)

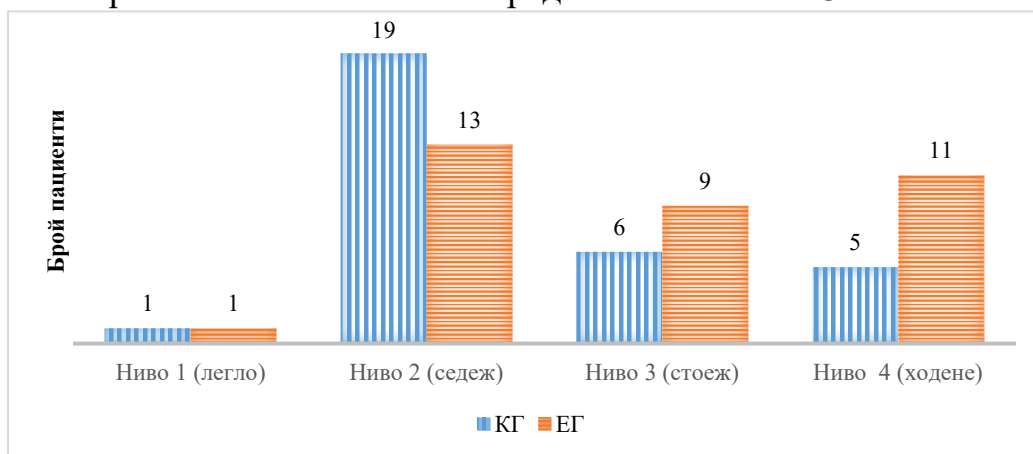
Обобщение

1. Установява се статистически значима вътрегрупова разлика по отношение на дихателната функция, трансферите и активностите и при двете групи болни.
2. Установява се статистически значима междугрупова разлика по отношение на откашлянето и вертикализирането от седеж до стоеж в полза на ЕГ.

Резултати от проследяването на нивото на активност

За да оценим влиянието на кинезитерапевтичната методика върху максималното постигнато ниво на активност в рамките на престоя в ОИЛ използвахме Surgical Intensive care unit optimal mobilisation score (SOMS).

Разпределението на болните по нива на активност по SOMS между групите при изписване от ОИЛ е представено на Фиг. 3.



Фиг. 3. Разпределение на пациентите между групите по постигнато ниво на активност по SOMS при изписване. КГ - контролна група; ЕГ - експериментална група

От представените данни на фиг. 3 се установява, че 11 броя (31,4%) от пациентите от ЕГ, обект на протокол-базирана РМ, са постигнали SOMS 4 (ходене) в ОИЛ, докато само 5 (14,3%) от пациентите от КГ са постигнали ниво 4 по SOMS в рамките на престоя си в ОИЛ. Следователно двойно повече от пациентите в ЕГ са изписани от ОИЛ с максималното ниво по SOMS, в сравнение с пациентите от КГ, обект на стандартна за отделениято РМ.

На Таблица 7 са представени промените в оценката по SOMS при двете групи в хода на лечението.

Таблица 7. Резултати за постигнатото средно ниво на активност по SOMS

Показател	Група	n ₁	$\bar{X}_1 \pm SD$	n ₂	$\bar{X}_2 \pm SD$	Cohen's d
Средно ниво по SOMS	ЕГ	35	1,00±0,00	34	2,88±0,91***	0,460
	КГ	35	1,00±0,00	31	2,48±0,81***	
	P		1,00		0,069	

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 средни стойности на двете изследвания; SD – стандартно отклонение на показателите; КГ - контролна група; ЕГ - експериментална група; n₁ – брой пациенти на първото изследване; n₂ - брой пациенти при изписване; *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ – значими разлики, определено чрез Student t-test за зависими извадки; Cohen's d – показател за размер на ефекта между групите при второ изследване от 0,2 до 0,49 – малка практическа разлика; от 0,5 до 0,79 – средна; над 0,8- голяма

Установява се статистически значимо нарастване на средните стойности на SOMS и при двете групи пациенти при изписване от ОИЛ. Подобриеното в стойностите за КГ е средно 1,48±0,81 точки, а за ЕГ е средно 1,88±0,91 спрямо изходното ниво. Не се отчита статистически значима междугрупова разлика на постигнатото ниво на активност при изписване от ОИЛ на пациентите от двете групи.

Обобщение

1. По-голям процент от пациентите от експерименталната група, в сравнение с контролната група, достигат стоеж - ниво 3 (25,7%) и до ходене в рамките на отделението - ниво 4 (31,4%) до момента на изписването от отделението за интензивно лечение.

Продължителност на престоя в отделението за интензивно лечение, продължителност на механична вентилация и резултати от Индекс на Бартел

Средният престой в ОИЛ и на ИБВ между групите е представен на таблица 8.

Таблица 8. Среден престой в отделението за интензивно отделение и продължителност на инвазивна белодробна вентилация по групи

Група	Брой дни в ОИЛ	Брой дни на ИБВ
ЕГ	34,77±19,64	28,94±18,07
КГ	39,57±18,39	33,03±17,94
P	0,346	0,295

ОИЛ - отделение за интензивно лечение; ИБВ - инвазивна белодробна вентилация; ЕГ - експериментална група; КГ - контролна група; P – статистическа значимост, определена чрез Mann Withney test.

От таблица 8 установяваме, че въпреки липсата на междугрупова статистически значима разлика, пациентите от ЕГ са били средно с 3,55 дни по-малко в ОИЛ и 4 дни по-малко на ИБВ.

За да се установи от статистическа гледна точка дали продължителността на престой в ОИЛ, началното състояние на пациентите по отношение на мускулна сила, възможността за трансфери и функционалните възможности на пациентите оказват влияние върху нивото на активност по SOMS при изписване, се извърши ординален логистичен регресионен анализ (табл. 9).

От представените данни става ясно, че статистически значим предиктор за ниво на активност при изписване е броят дни престой в интензивно отделение ($B=-0,035$, $p=0,036$). Отрицателният коефициент ($B<0$) показва, че увеличаването на броя на дните в реанимация е свързано с намаляване на шансовете за постигане на по-високо ниво на активност по SOMS при изписване. За всеки допълнителен ден в реанимация, логаритъм-шансът за по-висока категория на активност намалява с 3,5%, при константност на останалите променливи. Принадлежността към групата в този модел не е статистически значима.

Табл. 9 Резултати от ординален регресионен анализ за предиктори на нивото на активност по SOMS при изписване

Зависима променлива	95% ДИ за В							
	В	SE	Wald χ^2	df	p	Exp (В)	Долна граница	Горна граница
SOMS (легло)	-2,789	1,686	2,737	1	0,098		-6,093	0,515
SOMS (седеж)	1,455	1,565	0,865	1	0,352		-1,612	4,523
SOMS (стоеж)	2,685	1,590	2,851	1	0,091		-0,432	5,802
Предиктори								
Дни в ОИЛ	-0,035	0,017	4,387	1	0,027	0,965	-0,068	-0,002
MRC -ss начало	0,062	0,034	3,251	1	0,071	1,062	-0,005	0,128
CPAx начало	-0,024	0,087	0,077	1	0,782	0,957	-0,195	0,147
PFIT-s начало	-0,070	0,167	0,176	1	0,675	0,963	-0,397	0,257
Групи	0,735	0,507	2,099	1	0,147		-0,259	1,730

SOMS (Surgical Intensive Care unit Optimal Mobilisation Score) ординална променлива с 4 категории (пасивно, седеж, стоеж, ходене); ОИЛ – отделение за интензивно лечение; В - Нестандартизиран коефициент на регресия (Log-Odds); SE - Стандартна грешка; ДИ - Доверителен Интервал; MRC ss- Medical Research Council Sum Score; PFIT-s - Physical Function in ICU test-scored; CPAx - Chelsea Critical Care Physical assessment tool.

Забележки: Значимост на Модела: Ординалният логистичен регресионен модел (с включени предиктори) е статистически значим, $\chi^2(5)=16,464, p=0,006$, моделът предсказва нивото на активност при изписване значително по-добре от модела само с константа.

Адекватност (Goodness-of-Fit): Тестовете за адекватност на модела (Pearson $\chi^2(187)=175,269, p=0,721$ и Deviance $\chi^2(187)=131,662, p=0,999$) са незначими ($p>0,05$), което предполага, че моделът отговаря добре на данните.

Коефициентите Pseudo R^2 : Мярката Nagelkerke R^2 , показва, че моделът обяснява приблизително 24,9% от дисперсията в променливата.

Показателят MRC-ss би могъл да играе роля на предиктор, тъй като е с гранична статистическа значимост ($B=0,062, p=0,071$). Положителния му коефициент ($B>0$) предполага, че по-висок общ резултат по MRC-ss в началото е свързан с увеличаване на шансовете за по-високо ниво на активност при изписване. Останалите предиктори не са статистически значими, което предполага, че не влияят съществено върху нивото на активност в този модел.

За да проследим влиянието на кинезитерапевтичната методика върху независимостта в ДЕЖ, използвахме индексът на Бартел (ИБ). Въпреки че този инструмент не е специално разработен или утвърден за използване в интензивното отделение, той често се използва за оценка на независимостта при самообслужване при критично болни както в научните изследвания, така и в клиничната практика. Още повече, ИБ е подходящ инструмент за оценяване на независимостта на ДЕЖ при изписване от ОИЛ, спомагащ за

създаването на оптимален рехабилитационен план, базиран на установените ограничения.

Промените в независимостта на пациентите при извършване на ДЕЖ са проследени трикратно: при изписването, на 1^{ви} и на 3^{ти} месец от изписването от ОИЛ (табл. 10).

В настоящето проучване и двете групи пациенти се характеризират със силно изразена двигателна зависимост при изписване от ОИЛ. При вътрегруповия анализ се установява статистическо значимо подобрене и за двете групи - с протокол-базираната РМ и стандартно прилаганата методика се наблюдава подобрене в независимостта на пациентите в хода на тримесечния период. Различията между двете групи са най-изявени при изписването, където се наблюдава статистически значима разлика ($P < 0,05$) с $8,89 \pm 0,31$ точки в полза на ЕГ със среден към голям ефект на въздействие (Cohen's d 0,772).

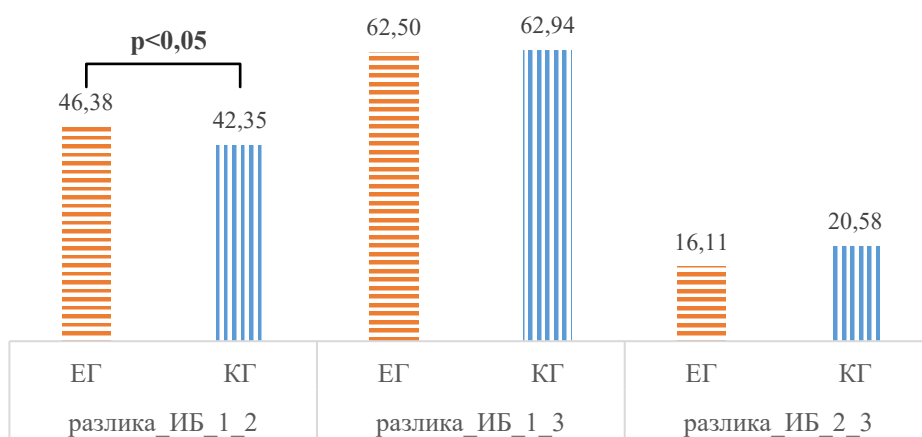
Таблица 10. Промени в нивото на независимост (индекс на Бартел) при двете групи в хода на проучването

Група	Изписване		1-ви месец		3-ти месец	
	n_1	$\bar{X}_1 \pm SD$	n_2	$\bar{X}_2 \pm SD$	n_3	$\bar{X}_3 \pm SD$
ЕГ	18	$32,50 \pm 11,66$	18	$78,88 \pm 22,78^{***}$	18	$95,00 \pm 14,65^{***}$
КГ	18	$23,61 \pm 11,35$	17	$67,05 \pm 21,29^{***}$	17	$87,64 \pm 17,86^{***}$
P		0,027		0,123		0,191
Cohen's d		0,772		0,536		0,451

$\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3$ средни стойности на двете изследвания; SD – стандартно отклонение на показателите; КГ - контролна група; ЕГ - експериментална група; n_1 – брой пациенти при изписване от интензивното отделение; n_2 - брой пациенти на първи месец от изписването от интензивното отделение; n_3 - брой пациенти на трети месец от изписването от интензивното отделение; $*** p < 0.001, ** p < 0.01, * p < 0.05$ – значими разлики на протокол-базираната ранна мобилизация, спрямо стандартната, определено чрез Student t -test за зависими извадки; P – статистическа значимост за независими извадки, определено чрез Student t -test; Cohen's d – показател за размер на ефекта на въздействие между групите при трите изследвания - от 0,2 до 0,49 – малка

Въпреки, че по абсолютни стойности при ЕГ се наблюдава по-високо ниво на независимост и в трите момента на отчитане на данни, не се наблюдава статистическа значимост в последващите две изследвания, но се отчита задържан среден размер на ефект на въздействие на първи месец (Cohen's d 0,536). Наблюдаваното постепенно намаляване на размера на ефекта с течение на времето е очаквано и оправдано поради постепенното намаляване на различията във физическата активност и условията на живот при пациентите от двете групи, но на трети месец се задържа тенденцията за по-висок брой точки ($7,36 \pm 3,21$) за ЕГ спрямо КГ.

На първия месец от изписването от ОИЛ и двете групи се характеризират с умерена зависимост при ДЕЖ. В края на проучването, трети месец от изписването, пациентите от ЕГ имат леко изразена зависимост при ДЕЖ (средно 95 точки), докато болните от КГ остават да бъдат умерено зависими от чужда помощ в ежедневието си (средно 87 точки). На фигура 8 са представени графично промените в прирастите между трите изследвания. Най-голяма разлика се наблюдава между данните при изписване и на трети месец, но без статистически значима разлика. Статистическа значимост между групите се установява в прирастите на Индекса на Бартел при изписване и на първи месец, което потвърждава и данните за среден към голям ефект на въздействие на първо и второ отчитане.



Фиг. 4. Динамика в прирастите на Индекс на Бартел между трите изследвания.
 ИБ_1_2 – прираст от изписване до първи месец; ИБ_1_3 – прираст от изписване до трети месец; ИБ_2_3 – прираст от първи до трети месец

За да се установи евентуално дългосрочно въздействие на вероятните фактори, влияещи върху резултата от Индекс на Бартел един месец след изписването се извърши ординален логистичен регресионен анализ (табл. 11). За предиктори (като независими променливи) бяха включени общият резултат от Medical Research Council Scale-sum score, Physical Function in Intensive Care Test-scored при изписването и брой дни прекарани в реанимация. За зависима променлива бе използвана категоризацията на зависимостта на пациента от чужда помощ по Shah, S., et al., (1989): 0 – 26 точки - пълна зависимост; 21 - 60 точки - изразена зависимост; 61 - 90 точки - умерена зависимост; 91 – 99 точки - лека зависимост; 100 точки - пълна независимост. В представените данни всички прагове на Индекса на Бартел са статистически значими ($p < 0,05$), което показва, че нивата му са ясно разграничени.

Таблица 11. Резултати от ординален регресионен анализ за предиктори върху нивото на независимост на първи месец, определено чрез Индекс на Бартел

	B	SD	Wald χ^2	p	Exp (B)	95% ДИ за Exp(B)	
						Долна граница	Горна граница
Зависима							
ВІ пълна зависимост	11,451	5,268	4,725	0,030		1,126	21,777
ВІ силно изразена	19,725	7,803	6,390	0,011		4,431	35,019
ВІ умерена зависимост	24,061	9,062	7,050	0,008		6,300	41,823
ВІ лека зависимост	24,545	9,105	7,268	0,007		6,701	42,390
Предиктори							
MRC-ss изписване	0,249	0,112	4,934	0,026	1.283	0,029	0,468
PFIT-s изписване	1,074	0,494	4,722	0,030	2.800	0,105	2,042
Дни в ОИЛ	0,019	0,026	0,565	0,452	1.018	-0,031	0,070

ВІ – Индекс на Бартел; MRC-ss - Medical Research Council Sum Score; PFIT-s - Physical Function in Intensive Care Test - Scored. ОИЛ – отделение за интензивно лечение

Забележки:

Обща значимост на модела: Резултатите показват, че моделът като цяло е статистически значим ($\chi^2(4) = 24,534$, $p < 0,001$), което означава, че поне един от предикторите значително допринася за предсказването на нивото на независимост.

Адекватност (Goodness-of-Fit): Тестовите за адекватност на модела (Pearson $\chi^2(84)=36,137$, $p>0,05$ и Deviance $\chi^2(84)=35,787$, $p>0,05$) са незначими), което предполага, че моделът отговаря добре на данните. Коефициентите Pseudo R^2 Мяската Nagelkerke R^2 , показва, че моделът обяснява приблизително 70,7% от дисперсията в променливата.

Най-силният и статистически значим предиктор в модела е общият резултат при изписване от Physical Function in Intensive Care Test - Scored ($B = 1,074$, $p < 0,05$). Отношението на шансовете ($\text{Exp}(B) = 2,801$) показва, че с увеличаване на резултата от PFIT с една единица, шансовете за по-високо ниво по Индекс на Бартел се увеличават 2,8 пъти при условие че другите променливи остават константни.

При предиктора общ резултат при изписване Medical Research Council Sum Score се отчита статистически значим коефициент $B = 0,250$ ($p < 0,05$). Отношението на шансовете ($\text{Exp}(B) = 1,283$) показва, че с увеличаване на резултата от MRC-ss с една единица, шансовете за по-високо ниво на независимост на първи месец се увеличават 1,3 пъти при условие че другите променливи остават константни.

Представеният модел не показва статистическа значимост на предиктора „Дни престой“ ($B = 0,018$, $p>0,05$) т.е. продължителността на престоя в ОИЛ не оказва значително влияние върху нивата на независимост на пациентите на първи месец.

Като ограничение на представения модел може да се спомене, че не са включени данни за условията, в които е протекъл процесът на възстановяване в този едномесечен период, дали са били обект и/или вида на рехабилитационните интервенции след изписването от ОИЛ. Предполага се, че различните видове интервенции (кинезитерапия/физиотерапия, трудотерапия, работа с психолог, условия на живот и т.н.) биха имали значителен ефект върху дългосрочното функционално възстановяване и улесняване на процеса на връщане към предишния начин на живот.

Обобщение

1. *По абсолютни стойности се установява, че пациентите от ЕГ са прекарвали средно с 3,55 дни по-малко в ОИЛ и 4 дни по-малко на МВ, спрямо КГ, не се установява статистически значима междугрупова разлика в края на проучването.*

2. *При изписване пациентите от двете групи са със силно изразена зависимост от чужда помощ при ДЕЖ. На 1-ви месец и двете групи се характеризират с умерена зависимост за самообслужване, докато на 3-ти месец болните от ЕГ достигат до ниво лека зависимост в ДЖ, спрямо КГ, които остават с умерена зависимост в ДЕЖ.*

Резултати от проведеното изследване за качество на живот SF 12

За да оценим влиянието на кинезитерапевтичната методика върху качеството на живот (КЖ) в дългосрочен план - до три месеца от изписването от ОИЛ, използваме въпросника SF-12. Трикратно проследихме промените в качеството на живот: при изписването, на 1^{ви} и на 3^{ти} месец от изписването от ОИЛ, представено на таблица 11.

Таблица 12. Промени в средните стойности на компонентите психическо и физическо здраве от въпросника за качество на живот SF12

Показател	Група	n ₁	$\bar{X}_1 \pm SD$	n ₂	$\bar{X}_2 \pm SD$	n ₃	$\bar{X}_3 \pm SD$
Психическо здраве	ЕГ	18	32,87±6,38	18	46,82±11,52	18	57,79±5,27***
	КГ	18	33,39±6,59	17	41,31±10,04	17	52,50±9,18***
	P		0,813		0,142		0,257
	Cohen's d		0,079		0,508		0,711
Физическо здраве	ЕГ	18	29,30±6,30	18	38,78±13,0	18	48,36±9,99
	КГ	18	26,30±3,53	17	35,38±9,72	17	44,33±10,67
	P		0,088		0,389		0,049
	Cohen's d		0,585		0,295		0,390

\bar{X}_1 - средни стойности при изписване от отделението за интензивно лечение; \bar{X}_2 - средни стойности един месец от изписването; \bar{X}_3 - Средни стойности три месеца от изписването; SD – стандартно отклонение на показателите; КГ - контролна група; ЕГ - експериментална група; n₁ – брой пациенти при изписване от интензивното отделение; n₂ - брой пациенти на първи месец от изписването от интензивното отделение; n₃ - брой пациенти на трети месец от изписването от интензивното отделение; *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ – значими разлики, определени чрез Student t-test за зависими и независими извадки; Cohen's d – показател за размер на ефекта на въздействие между групите при трите изследвания - от 0,2 до 0,49 – малка практическа разлика; от 0,5 до 0,79 – средна; над 0,8- голяма

От изложените данни в Таблица 12 установяваме, че и двете групи пациенти са със значително нарушено психическо (ПЗ) и физическо здраве (ФЗ) при изписване от ОИЛ, но по абсолютни стойности физическото здраве е по-засегнато и в двете групи пациенти. Вътрегруповият анализ на болните от ЕГ и КГ показва статистически значима разлика между всяко от трите изследвания ($P < 0,001$).

Не се наблюдава статистически значима междугрупова разлика на първото изследване по отношение на психическото здраве ($P = 0,813$) и по отношение на физическото здраве ($P = 0,088$), но по абсолютни средни стойности ЕГ показва по-добри резултати от КГ (29,30±6,30 точки, спрямо 26,30±3,53 точки). При проследяване на пациентите от двете групи на 1^{ви} месец от изписването от ОИЛ не се наблюдава междугрупова разлика по отношение на психическото здраве ($P = 0,142$), въпреки по-високите абсолютни средни стойности в ЕГ, спрямо КГ (съответно 46,82±11,5 точки, спрямо 41,31±10,0 точки). При физическия компонент на качеството на живот не се установява статистически значима междугрупова разлика ($P = 0,389$), въпреки по-високите абсолютни средни стойности в ЕГ с 3,4±2,28 точки. На трети

месец от изписване от ОИЛ е налице статистически значима междугрупова разлика в компонента физическо здраве ($P < 0,05$) в полза на ЕГ, докато при стойностите на компонента психическо здраве не се открива такава ($P = 0,257$).

Обобщение

1. Анализът на качеството на живот на пациентите в двете групи след интензивно лечение установява, че получените резултати показват по-ниско КЖ спрямо нормата за общата популация по отношение на обобщената оценка на показателите за физическо и психическо здраве, като физическото здраве е по-засегнато.

2. На 1^{ви} месец се установява статистически значима вътрегрупова разлика и в двете групи пациенти ($p < 0,001$), без наличието на междугрупова разлика при трите изследвания.

3. В края на проучването е налице статистически значима междугрупова разлика в полза на ЕГ по отношение на физическото здраве ($P < 0,049$).

ОГРАНИЧЕНИЯ НА ПРОУЧВАНЕТО И ПРЕПОРЪКИ ЗА БЪДЕЩИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Представената извадка е строго насочена към политравматични пациенти и съответно по-ограниченият ѝ обем затруднява генерализирането на резултатите към по-широка популация от пациенти. Отчитайки спецификата в състоянието на пациентите с нужда от интензивно лечение и необходимостта от работа в мултидисциплинарен екип, в настоящето проучване не са проследени и отчетени начините за колаборация между отделните специалисти в ИО, които всъщност са от съществено значение за повишаване на ефективността на цялостния лечебен процес. Поради някои практически ограничения не са отчетени и проследени специфики, интервенции и условия на възстановяване след изписването от интензивно отделение.

Като препоръка към бъдещи проучвания и за да се разшири разбирането на процеса на възстановяване при пациенти след престой в ОИЛ и нужда от продължителна инвазивна белодробна вентилация, препоръчително е те да се фокусират върху няколко ключови области:

- Необходимо е провеждане на подобно проучване с по-голяма извадка, за да се потвърди или отхвърли граничната значимост и ролята на степента на мускулната сила и издръжливост на пациентите в ИО.
- За да се осветли ролята на различни фактори (включително рехабилитационни мероприятия) върху дългосрочното възстановяване и повишаване нивото на независимост, е препоръчително в бъдещи проучвания да се включат данни за вида, дозировката, интензивността на кинезитерапевтични/физиотерапевтични интервенции, приложени на пациентите след изписването от ОИЛ.

С насоченост към клиничната практика могат да се изтъкнат следните препоръки:

- Потвърждава се необходимостта от минимизиране на престоя в ОИЛ, когато това е клинично възможно, както и необходимостта от прилагането на протоколи за ранна мобилизация. Всеки ден, прекаран в покой, има кумулативен отрицателен ефект върху функционалното състояние на пациента при изписване, което потенциално усложнява последващата рехабилитация.
- Представените константации за значимостта на степента на мускулна сила, издръжливост, възможност за трансфериране на тялото и дихателни функции (MRC-ss и PFIT-s) при изписване от ОИЛ, могат да се използват като важен прогностичен инструмент. Клиницистите могат да използват тези скали за идентифициране на рискови пациенти. Използването им е практически лесно приложимо и би позволило по-обективно проследяване на резултатите от ранната мобилизация и рехабилитация в ОИЛ. Пациентите с по-ниски резултати по PFIT-s и MRC-ss при изписване са с

повишен риск от дългосрочна зависимост и евентуално биха се нуждаели от по-интензивни и продължителни рехабилитационни програми. Резултатите също така биха могли да помогнат за адаптирането на индивидуалните рехабилитационни планове и евентуалната нужда от допълнителна подкрепа (напр. направление към специализирани рехабилитационни центрове или домашни грижи).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеното от нас проучване на проблема по литературни данни и експерименталното прилагане на протокол-базирана ранна мобилизация по SOMS при политравматични пациенти на продължителна инвазивна белодробна вентилация в отделение за интензивно лечение, е свързано с потвърждение или отхвърляне на работната ни хипотеза. От една страна трябваше да се прецени доколко протокол-базираната РМ би довела до по-добри функционални резултати и разлика по отношение на продължителността на приложение на МВ, престой в ОИЛ, нежелани и опасни за пациента събития, спрямо стандартно прилаганата РМ. Тази преценка се основава преди всичко на обективното установяване на моментното състояние на пациенти и следователно, преценяване на риск-полза от приложението на РМ и обема ѝ. В това отношение имаме възможност да ползваме много добре оборудваната база и познанията на лекарите-реаниматори и медицинските сестри от Централна Реанимация, УМБАЛСМ „Н.И.Пирогов“, гр. София, което гарантира установяване на точното състояние на болните приети след тежки множествени, животозастрашаващи травми, нуждаещи се от животоподдържаща терапия, включително приложението на инвазивна белодробна вентилация, хемодинамична и бъбречна поддръжка.

За обективизиране на резултатите от експеримента беше необходимо осигуряването на доказани и информативни методи и тестове за изследване, както и проследяване на функционалните изменения в хода на лечението. Използвахме някои неприлагани у нас досега методи на изследване при такъв контингент болни, Chelsea critical care physical assessment tool (CPAx), Physical function in the (PFIT-s), Surgical Intensive care unit optimal mobilisation score (SOMS), оценка на качеството на живот след интензивно лечение със SF-12, както и индекса на Бартел. Считаме, че по този начин създадохме достатъчно обективни условия за провеждането на експеримента и отчитането на резултатите.

Анализирахме получените резултати за двете групи пациенти и посочихме настъпилите промени, както в рамките на интензивното лечение, така и до три месеца от изписването от ОИЛ.

Важно за нас и за практиката е заключението, че:

Приложението на протокол-базирана прогресивна мобилизация, с акцент вертикализиране на пациентите на МВ в ОИЛ, води до по-значително нарастване на мускулната сила (отчетено с MRC-ss и PFIT-s), по-кратък престой в ОИЛ и по-кратка продължителност на МВ по абсолютни стойности, както и по-добро ниво на двигателна независимост при изписване от ОИЛ (отчетено с индекса на Бартел), спрямо стандартната ранна мобилизация.

Този факт е важен за нас не само защото потвърди работната ни хипотеза, но и във връзка с това, че е първото подобно проучване в България. Това проучване би било основа за бъдещи изследвания на възможностите да

се разширяват и обновяват методите и средствата на КТ при този контингент пациенти. Нашето мнение е, че натоварването и прилаганите средства на кинезитерапия при политравматични пациенти на МВ в ОИЛ задължително трябва да се основава на доказани критерии за безопасност, добро познаване на състоянието и спецификите на пациента и познания за апаратурата, както и плътна интердисциплинарна колаборация.

От гореизложеното се потвърждава хипотезата ни, че протокол-базираната мобилизация по SOMS се явява ефективен начин за безопасно увеличаване на натоварването при пациенти в ОИЛ на МВ, което води до по-значително нарастване на мускулната сила, по-кратък престой в ОИЛ и по-кратка продължителност на МВ, спрямо стандартната ранна мобилизация. Това заключение е обективна основа за бъдещи по-задълбочени проучвания в тази насока.

Дисертационният труд обогатява научно-теоретичните и научно-приложните познания в областта на кинезитерапията, както и нейното място и влияние при политравматични пациенти на продължителна механична вентилация в отделенията за интензивно лечение. Получените резултати (оригинални и потвърдителни) дават основание да се твърди, че приложената от нас методика на протокол-базирана ранна мобилизация е подходяща за широко приложение в кинезитерапевтичната практика в отделенията за интензивно лечение, при спазване на определени критерии за оценка и безопасност.

ИЗВОДИ

Проведените изследвания, анализът на резултатите и личните ни непосредствени впечатления от проведеното изследване дават основание да се направят следните ключови изводи:

1. Доказа се, че приложението на ранна протокол-базирана мобилизация по SOMS води до по-добро функционално възстановяване, спрямо стандартно прилаганата ранна мобилизация при пациенти на продължителна инвазивна белодробна вентилация

2. Приложената кинезитерапевтична методика при пациенти на инвазивна белодробна вентилация в отделението за интензивно лечение оказва положителен терапевтичен ефект върху:

- мускулната сила на горните и долните крайници ;
- мускулна издръжливост;
- дихателна функция, трансфери и активност;
- ниво на активност;
- броя дни на ИБВ и престой в ОИЛ;

3. Приложената на ранна мобилизация оказва положително въздействие върху двигателната независимост в ежедневието и качеството на живот на пациентите.

4. Апробираната кинезитерапевтична методика показва необходимостта от последователно и съобразено с моментното състояние и лечебния план приложение, както и от интердисциплинарни усилия на добре обучен персонал.

ПРИНОСИ

Приноси с научно-теоретичен характер:

1. Проведено е комплексно сравнително проучване върху възможностите на кинезитерапията да повлияе функционалното възстановяване, включително мускулна сила, мускулна издръжливост, мобилност в леглото и извън него, както и продължителност на приложение на инвазивна белодробна вентилация и престой в отделението за интензивно лечение при политравматични пациенти, настанени в Централна Реанимация, УМБАЛСМ „Н.И.Пирогов“ и нуждаещи се от продължителна апаратна вентилация (≥ 72 часа).

2. За пръв път в България е приложена кинезитерапевтична методика съобразена със съвременните насоки на ранната мобилизация и мястото на кинезитерапията в отделенията за интензивно лечение, като е проучено комплексното ѝ въздействие при политравматични пациенти.

Приноси с научно-приложен характер:

3. За първи път у нас е проследено въздействието на кинезитерапията върху двигателните възможности и качеството на живот при пациенти след продължително интензивно лечение и продължение на механична вентилация.

4. Приложена е протокол-базирана ранна мобилизация, осигуряваща възможност за плавно и безопасно увеличаване на интензивността на натоварване при пациенти на инвазивна белодробна вентилация

Приноси с потвърдителен характер:

5. Показано е, че прилагането на специализирана кинезитерапия, базирана на критерии за прогресиране в натоварването, оказва положителен ефект, което потвърждава концепцията за по-бързото функционално възстановяване на пациенти на продължителна инвазивна вентилация, при които се прилага форма на протокол-базирана ранна мобилизация.

6. Потвърди се, че при политравматични пациенти след интензивно лечение с продължителна апаратна вентилация е нужна целенасочена кинезитерапия за повлияване на множеството и различни функционални дефицити, както и на качеството на живот.

Научни публикации във връзка с дисертационния труд

1. Бонев, В. Въздействие на кинезитерапията върху функционалното възстановяване при пациенти на продължителна инвазивна белодробна вентилация. Спорт и наука, 2023;1-2:109-120. ISSN: 1310-3393 (print) издателство на БАН „проф. Марин Дринов“.

2. Бонев, В. Методика на кинезитерапия при пациенти на продължителна инвазивна белодробна вентилация. Спорт и наука, 2023;1-2:121-137. ISSN: 1310-3393 (print) издателство на БАН „проф. Марин Дринов“.

3. Бонев, В., Димитрова, А. Влияние на протокол-базирана ранна мобилизация при политравматични пациенти на продължителна механична вентилация. Годишник на НСА „Васил Левски“, 2025;1:101-113. ISSN: 2682-9908 (print) издателство на НСА „Васил Левски“.

Участия в научни конгреси във връзка с дисертационния труд

1. Bonev V, Dimitrova A. Feasibility of physiotherapy on functional recovery in long-term mechanically ventilated patients. Neurosonology and cerebral hemodynamics, 2023; 18(2):124-125 ISSN 1312-6431. 9th Congress of the Bulgarian Society of Neurosonology and Cerebral Hemodynamics with International Participation, 27-29 October, Sofia, 2023.

2. Bonev V, Dimitrova A. Therapeutic modalities of physiotherapy in patients on prolonged mechanical ventilation. Neurosonology and cerebral hemodynamics, 2023; 18(2):124-125 ISSN 1312-6431. 9th Congress of the Bulgarian Society of Neurosonology and Cerebral Hemodynamics with International Participation, 27-29 October, Sofia, 2023.

3. Bonev V, Dimitrova A. Protocol-based early mobilization in patients on mechanical ventilation. Neurosonology and cerebral hemodynamics, 2023; 18(2):124-125 ISSN 1312-6431. 9th Congress of the Bulgarian Society of Neurosonology and Cerebral Hemodynamics with International Participation, 27-29 October, Sofia, 2023.

**NATIONAL SPORTS ACADEMY “VASSIL LEVSKI”
DEPARTMENT OF
“PHYSIOTHERAPY AND REHABILITATION”**



VLADISLAV DIANOV BONEV

**STUDY OF THE EFFECT OF PHYSIOTHERAPY ON THE
FUNCTIONAL RECOVERY OF PATIENTS ON PROLONGED
INVASIVE MECHANICAL VENTILATION**

AUTHOR REVIEW

of doctoral dissertation for awarding educational and scientific
degree “Ph.D.” in the professional field 7.4. Public Health

Sofia, 2026

**NATIONAL SPORTS ACADEMY “VASSIL LEVSKI”
DEPARTMENT OF “PHYSIOTHERAPY AND
REHABILITATION”**

VLADISLAV DIANOV BONEV

**STUDY ON THE EFFECT OF PHYSIOTHERAPY ON THE
FUNCTIONAL RECOVERY OF PATIENTS ON PROLONGED
MECHANICAL VENTILATION**

AUTHOR REVIEW

of doctoral dissertation

for awarding educational and scientific degree “Ph.D.” in the professional
field 7.4 Public Health

Scientific supervisor:

Assoc. Prof. Antoaneta Vasileva Dimitrova, M.D., Ph.D.

Review by:

Assoc. Prof. Kristin Lyudmilova Grigorova-Petkova, Ph.D.

Assoc. Prof. Georgi Jelyazkov Georgiev, M.D., Ph.D.

Sofia, 2026

The dissertation consists of 147 typed pages. It is illustrated with 13 tables, 8 figures, and 8 appendices. The reference list includes 336 cited publications (3 in Cyrillic, 333 in Latin).

The dissertation has been discussed and approved for public defense by the Department Council of the Department of Physiotherapy and Rehabilitation at the National Sports Academy "Vassil Levski" with Protocol №9 from 25.11.25.

The public defense of the dissertation will take place on the 5th of March, 2026 at the National Sports Academy "Vasil Levski", Gurgulyat 1 Street, Sofia, lecture hall 502.

The materials for the defense are available in the library of the National Sports Academy "Vasil Levski", Student City, Sofia, and on the academy's website, www.nsa.bg.

TABLE OF CONTENT

INTRODUCTION	6
STUDY HYPOTHESIS.....	7
AIM AND OBJECTIVES OF THE DISSERTATION	8
MATERIALS AND METHODS OF THE STUDY	9
RESEARCH METHODS	14
APPLICATION OF THE PHYSIOTHERAPY MODALITY.....	17
METHODOLOGICAL FEATURES	18
MONITORING THE LOAD DURING THE EARLY MOBILIZATION PROCEDURES.....	19
RESULTS AND ANALYSIS	20
RESULTS FROM THE MEDICAL RESEARCH COUNCIL-SUM SCORE AND THE PHYSICAL FUNCTION IN THE ICU TEST-SCORED.....	20
RESULTS FROM THE ASSESSMENT WITH CHELSEA CRITICAL CARE PHYSICAL ASSESSMENT TOOL	23
RESULTS ON THE ACHIEVED LEVEL OF ACTIVITY	24
LENGTH OF STAY IN THE INTENSIVE CARE UNIT, DURATION OF MECHANICAL VENTILATION AND BARTHEL INDEX RESULTS	26
RESULTS OF THE SF-12 QUALITY OF LIFE QUESTIONNAIRE.....	32
LIMITATIONS OF THE STUDY AND RECOMMENDATIONS FOR FUTURE RESEARCH	35
CONCLUSION	37
FINDINGS	39
CONTRIBUTIONS.....	40
SCIENTIFIC PUBLICATIONS RELATED TO THE DISSERTATION.....	41
PARTICIPATION IN SCIENTIFIC CONGRESSES RELATED TO THE DISSERTATION	41

ABBREVIATION

ADL - activities of daily living

ARDS - Acute respiratory distress syndrome

BI - Barthel Index

CPAx – Chelsea Critical Care physical assessment tool

EM - Early mobilization

IC - Intensive care

ICF - International classification of function

ICU - Intensive care unit

ICU-AW - Intensive care unit-acquired weakness

IVS - Invasive ventilatory support

MRC-ss – Medical Research Council-sum score

MV - Mechanical ventilation

PFIT-s – Physical Function in the Intensive care unit test-scored

PICS - Post-intensive care syndrome

PT - Physiotherapy

QOL - Quality of Life

RCT - Randomized controlled trial

SOMS – surgical intensive care unit optimal mobilization score

INTRODUCTION

Traditionally, patients in the intensive care units (ICUs) are often subjected to prolonged sedation and immobilization in order to prevent potential complications and facilitate treatment of critical conditions. However, studies in recent decades have highlighted a number of negative consequences of prolonged immobilization, such as severe muscle weakness, complications associated with prolonged use of invasive mechanical ventilation, and psycho-emotional stress. The consequences of physical dysfunction in critically ill patients can have long-term effects, with significant limitations in activities of daily living observed even up to 5 years after discharge from the ICU. To counteract these complications, early mobilization (EM) is emerging as an important component of modern intensive care. EM in the ICU has been shown to significantly affect the condition of patients by reducing the time to wean from mechanical ventilation, reducing delirium, maintaining central and peripheral musculoskeletal integrity, reducing the risk of polyneuropathy and myopathy, shortening the length of stay in the intensive care unit and in the hospital as a whole, and reducing mortality during hospitalization.

STUDY HYPOTHESIS

If an algorithm is created and implemented for the sequential and progressive mobilization of trauma patients in the ICU, who need prolonged mechanical ventilation ≥ 72 hours, with an emphasis on early verticalization, the days on MV and stay in the ICU would be significantly reduced, and a better functional status would be achieved at ICU discharge, compared to standard mobilization, where a more conservative approach is taken and verticalization is delayed until the patient is weaned off MV.

AIM AND OBJECTIVES OF THE DISSERTATION

The aim of the dissertation is to study the impact of protocol-based early mobilization in ICU patients requiring prolonged mechanical ventilation, compared to standard physiotherapy, in terms of the number of days on mechanical ventilation, length of stay in the ICU, and functional status at ICU discharge.

Objectives of the dissertation:

1. To develop and implement a specialized physiotherapy protocol for early mobilization based on a critical analysis of the available literature on the subject.
2. To select sufficiently informative and practically applicable methods for studying the functional capabilities of the study population;
3. To define criteria for the selection of patients in the study – including and excluding;
4. To study the impact of our early mobilization methodology compared to the routinely applied one in terms of:
 - muscle strength of the limbs and endurance
 - respiratory function (need for oxygen therapy and effective coughing);
 - transfers and activities;
 - level of activity;
 - number of days in the intensive care unit and duration of invasive pulmonary ventilation
 - independence in activities of daily living;
 - quality of life;
5. Draw conclusions and make recommendations for the practice;

MATERIALS AND METHODS OF THE STUDY

The study covers a period of three (3) years (2022-2025) and was conducted at the intensive care unit – Central clinic of UMHATEM “N.I.Pirogov”, Sofia. It covers 70 patients admitted to the ICU due to life-threatening trauma and requiring at least 72 hours of mechanical ventilation. The patients are evenly distributed into two groups, randomly, in the order of admission to the ward – 35 patients in each group.

The study went through three stages: in the first stage, lasting 5-7 months, the problem was specified and the available literature on the problem was reviewed, a methodology for early mobilization was defined, as well as methods for examining the patient contingent. In the second stage, we applied the physiotherapy methodology in clinical conditions, taking into account the specifics and clinical condition of each patient, under the supervision of intensive care physicians. In the third stage, we processed the statistical results, compared them with other authors and drew conclusions and recommendations.

We set the following criteria for patient selection:

Inclusion criteria:

- trauma patients ≥ 18 years of age;
- requiring invasive mechanical ventilation for ≥ 72 hours;
- Independent in ADLs prior to admission;
- no missing limbs or parts thereof;
- responsive, adequate, and cooperative;
- willing to participate in the study and signed an informed consent;

Exclusion criteria:

- patients who have underwent amputation of a limb or part of a limb during their intensive care stay or have been admitted with missing limbs or part of a limb;
- patients with spinal cord injuries and irreversible neurological deficits;

- patients receiving palliative care;
- patients with severe cognitive deficits;
- refusal to participate in the study and undergo physical therapy;

The inclusion and exclusion criteria we defined are similar to those in a number of other studies.

Seventy patients participated in the study, and for the purposes of the study, the patients were divided into two groups—an experimental group (EG) and a control group (CG)—with participants randomly assigned in equal numbers - in order of admission to the ward, with each even-numbered patient admitted to the ICU and meeting the criteria for participation in the study being assigned to the CG, and each odd-numbered patient admitted to the ICU and meeting the criteria for participation in the study being assigned to the EG.

In the experimental group (EG), consisting of 35 patients, 28 men and 7 women, with a mean age of 43.14 ± 18.9 years, we applied the Surgical Intensive Care Unit Optimal Mobilization Score (SOMS) algorithm for early and progressive mobilization, which is based on criteria for consistent, patient-specific, and goal-oriented mobilization in the ICU.

In the control group (CG), consisting of 35 patients, including 23 men and 12 women, with an average age of 47.94 ± 19.3 , we applied standard physiotherapy for the ward, which includes exercises to improve the range of motion of the limbs, breathing exercises, and maintaining the upper body in a 30-45 degree position, except in cases of established contraindications, as well as regular change in bed position to prevent complications and aid treatment.

Mobilization of patients in both groups began after establishing contact with them and determining their level of cooperation, with no categorical contraindications from the ICU physicians.

The two groups of patients participating in the study were treated at the Intensive care unit - central clinic of UMHATEM “N.I. Pirogov” and were subject to early mobilization 7 days a week, 1-2 times a day, for 30-60 minutes (depending on the current clinical condition of the patients).

The following tables present the characteristics of the cohort (Table 1), the distribution of patients in groups by diagnosis, as well as the frequency and distribution of exitus letalis within the study (Table 2), the health characteristics of patients in terms of the presence of comorbidities (Table 3), and the distribution of the frequency of adverse events during EM between the study groups (Table 4).

Table 1. Socio-demographic characteristics of the cohort (gender and age) and Frequency of exitus letalis during stay in the ICU

Group	EG	CG	P	Total
Sex				
Men (number)	28 (80%)	23 (65,7%)		51 (72,86%)
Female (number)	7 (44%)	12 (34,3%)		19 (27.14%)
Total:	35	35		
Average age (years)	43,14±18,9	47,94±19,3	0,397	45,54±19,1
<40 years	15(42,86%)	14 (40%)		29 (41,43%)
41-60 years	12 (34,28%)	13 (37.14%)		25 (35,71%)
>61 years	8 (22.85%)	8 (22.85%)		16 (22.86%)
Frequency of exitus letalis during the ICU stay	1	2		3

Experimental group (EG) – patients undergoing early, progressive mobilization according to the Surgical Intensive Care Unit Optimal Mobilization Score (SOMS); Control group (CG) – patients undergoing standard early mobilization for the ward; ICU - intensive care unit; P – degree of significant differences between the two groups, determined by Mann-Whitney U-test for nonparametric variables and Student's t-test for parametric variables.

Table 2. Frequency distribution of patients by admission diagnoses

Diagnosis	EG	CG	Total
Shock traumaticum	25 (80%)	29 (65,7%)	54 (77.14 %)
Polytrauma	3	3 (34,3%)	6 (8.57%)
Thoracoabdominal contusion	5	2	7 (10%)
Shock haemorrhagicum	2	1	3 (4.29%)
Contusio thoracis	1	-	1 (1.43%)

Experimental group (EG) – patients undergoing early, progressive mobilization according to the Surgical Intensive Care Unit Optimal Mobilization Score (SOMS); Control group (CG), patients undergoing standard early mobilization for the department

Table 3. Health characteristics of the cohort.

Comorbidities	EG	CG	Total
Cardio-vascular	5	10	15
Hypertension	4	6	10
CHF, NYHA 2		1	1
MI		1	1
Hypertonic heart	1		1
Stent		2	2
Respiratory	1	1	2
COPD	1	1	2
Metabolic			
Diabetes mellitus	2	6	8
Insulin non-dependent	2	5	7
Insulin dependent		1	1
Dermatologic	1		1
Psoriasis	1		1
GIT		3	3
Chronic gastritis		2	2
GERD		1	1
Kidneys		1	1
CKD		1	1
Oncologic		1	1
Ca Prostatectomy		1	1
Chronic alcohol abuse	1	1	2

Experimental group (EG) – patients undergoing early, progressive mobilization according to the Surgical Intensive Care Unit Optimal Mobilization Score (SOMS); Control group (CG), patients undergoing standard early mobilization for the department; CHF - Chronic heart failure; NYHA - New York Heart association; MI - Myocardial infraction; COPD - Chronic obstructive pulmonary disease; GIT - gastro-intestinal tract; GERD - gastro-esophageal reflux disease; CKD - Chronic kidney disease.

From the presented characteristic of the study population, we can clearly see the higher mean age in the patients in the CG (47.94 ± 19.3 years) compared to the EG (43.14 ± 18.9 years), but it's important to note that there isn't a statistically significant difference ($P=0.397$). Moreover, from the presented data we see that the CG is characterized by more pronounced polymorbidity CG compared to the EG, but once again, without any statistical significance.

Table 4. Frequency of adverse events during early mobilization between groups. *EM* - early mobilization; *EG* - experimental group; *CG* - control group

Type of adverse event during EM	EG	CG	Total
Changes in level of consciousness	1	1	2
Detachment of the breathing circuit	2	0	2

Table 4. shows that four adverse events were observed during EM, respectively three in the EG - two cases of detachment of the breathing circuit during verticalization from sitting to standing and one event associated with changes in the level of consciousness during verticalization from sitting to standing in a patient on MV and catecholamine support, which required termination of the EM procedure and rapid return of the patient to a supine position in bed with established transient hypotension, which resolved within one minute; Only one adverse event was observed in the CG - a change in the level of consciousness, in which the patient became unresponsive when moving from a sitting to a standing position in a hemodynamically stable patient who was not on MV, which necessitated the termination of the EM and the return of the patient to a supine position with the establishment of hypotension, which normalized within a minute of returning to rest.

It is important to note that all 4 adverse events were transient in nature and did not require any changes in the therapy administered.

The methodology and specifics of the applied physiotherapy are described in detail in the relevant section.

RESEARCH METHODS

Before starting the early mobilization all patients must be assessed on the basis of available medical documentation and examination by a specialist. Given the leading role of physiotherapists in the ICU in dealing with the consequences of critical condition and prolonged intensive treatment, adequate methods for assessing the functional status of patients are necessary. The information collected could be used to create a physiotherapy program tailored to the specific clinical case and the needs of the patient.

All patients participating in this study underwent initial examinations to assess their functional and cognitive status and a second examination upon discharge from the intensive care unit, based on a pre-prepared form for compliance with the assessment procedure.

On the last day of their stay in the ICU, right before ICU discharge, and one and three months after discharge from the ICU, patients were interviewed using the SF-12 and Barthel Index to assess their physical and emotional health, as well as their independence in activities of daily living.

The following clinical and functional tests were performed on patients in both groups:

Clinical condition – medical history, status, laboratory tests. The patient's clinical status is determined after examination by a resuscitation physician.

In the intensive care unit, patients were continuously monitored for heart rate, blood pressure, oxygen saturation, respiratory volume, respiratory rate, minute ventilation, oxygen fraction, and biochemical parameters.

Chelsea Critical Care Physical Assessment tool (CPAx) - Chelsea's tool for assessing functional capacity in patients requiring intensive care

CPAx contains 10 items (respiratory function, cough quality, mobility in bed, verticalization from lying to sitting on the edge of the bed, dynamic control in sitting, standing up from sitting, balance in standing, moving from bed to chair, walking, and grip strength), assessed on a 6-point scale from completely dependent on outside help (0 points) to completely independent (5 points).

Therefore, the total CPAx score ranges from 0 (worst condition) to 50 (complete motor independence within the ward). Its use in the present study is based on data from a number of studies reporting that the test is suitable for assessing the physical function of critically ill patients in intensive care units and is characterized by a high degree of consistency in assessing respiratory and motor components in different intensive care units. Its application is particularly appropriate given the fact that CPAx assesses both respiratory function and cough effectiveness, and in critically ill patients, respiratory function and, in particular, the process of weaning from mechanical ventilation are key components of early mobilization.

Medical Research Council Sum-score (MRC-ss)

MRC-ss is routinely used to assess global muscle strength in medical practice. Six movements (shoulder abduction, elbow flexion, wrist extension, hip flexion, knee extension, and ankle dorsiflexion) are examined bilaterally. The final score ranges from 0 points to 60 points. The score for each gross movement can range from 0 points (paralysis) to 5 points (normal strength, symmetrical with the unaffected limb), as follows. Currently, the MRC-ss is the gold standard for diagnosing ICU-Acquired weakness, which is determined based on the final test result (for a result below 48 points). Researchers rate the reliability of the MRC-ss as good to excellent in patients in the ICU.

Surgical Intensive Care Unit Optimal Mobilization Score (SOMS)

SOMS is an algorithm for targeted early mobilization in intensive care units. SOMS activity levels range from 0 points - "no activity", when the potential harm exceeds the potential benefit of applying RM, to "walking" - 4 points. SOMS results at admission are an independent predictor of length of stay and in-hospital mortality. During mobilization, kinesitherapists/physiotherapists are required to monitor blood pressure and heart rate, taking into account the presence of vasopressors, volume balance, and the use of vasodilators and analgesics.

Physical Function in the ICU Test-scored (PFIT-s) - a scale for assessing physical abilities in the ICU

The test includes an assessment of 4 components - shoulder joint strength, knee joint strength; standing up from a sitting position and marching in place (number of steps per minute). Shoulder joint strength is tested by asking the patient to flex the shoulder joint, and knee joint strength is determined by asking the patient to extend the knee joint. Muscle strength is assessed based on the Oxford

classification system, with scores ranging from 0 (no muscle contraction) to 5 (full range of motion and resistance equal to the unaffected limb). In patients with limited range of motion due to impairment, we test their strength in the arm. If one side (right or left) is stronger than the other, the stronger side (the highest grade) is used for PFIT-s assessment. The test is specifically designed for use in critically ill patients who may never reach the ability to perform other routine tests, such as the six-minute walk test or other submaximal tests.

SF-12 Quality of Life Questionnaire

The SF-12 questionnaire provides an overall assessment of various aspects of health. It consists of 12 items: physical functioning, physical role, bodily pain, general health, vitality, social functioning, emotional role, and mental health. Scores range from 0 to 100, with higher scores indicating better health.

Barthel Index (BI)

The BI is used to assess patients' individual abilities to perform basic activities of daily living independently.

Statistical methods

The results of the studies were processed using SPSS 27.00 software. The data were processed using indicators of asymmetry, excess, and the Kolmogorov–Smirnov test (K-S test) for normality of distribution of the characteristics. The following were applied:

- Variation analysis for processing the main demographic and clinical indicators: Pearson's chi-square test for frequency distribution;
- Comparison of distribution using Student's t-test for dependent and independent samples for parametric variables and Wilcoxon's t-test for dependent samples and Mann-Whitney's U-test for independent samples for non-parametric variables, with a significance level of $p < 0.05$; Effect size estimation: When calculating the within-group effect size (Cohen's d), the different sample sizes were taken into account. Cohen's d for independent samples, calculated using the Jamovi 2.6.44 program, was used to determine the effect size.

APPLICATION OF THE PHYSIOTHERAPY MODALITY

Early mobilization has been proven to be safe and feasible in numerous studies over the past two decades. It plays a key role in patients on invasive mechanical ventilation, with invasive catheters in situ, and during the first few days of invasive mechanical ventilation. The incidence of adverse events resulting from EM in the ICU is <4%, with the majority of them not being life-threatening.

Most studies focus on the effect of early activity on reducing ICU-AW rather than on short- and long-term functional status after ICU discharge.

Various algorithms for the application of early mobilization in ICU patients, including those on MV, have been published, but there is no single standardized protocol. EM protocols typically include information on the following: patient population, appropriate inclusion and exclusion criteria, safety criteria for mobilization, guidelines on who should be involved during mobilization, development of a mobilization goal, and documentation of whether that goal has been achieved.

In Bulgaria, the effect of physiotherapy on functional recovery in patients on prolonged invasive mechanical ventilation has not been studied to date.

The methodology described below has been applied to trauma patients admitted to the ICU-Central clinic of UMHATEM “N.I.Pirogov”. The program is based on the SOMS algorithm for early mobilization in the ICU, as well as exercises added by us. The development of our methodology is based on basic physiological principles and mechanisms of physical activity on the cardiovascular, respiratory, nervous, and musculoskeletal systems, and is in line with current safety criteria for EM in the ICU.

Given the specific nature of the study population, during the EM, we took into account the current condition of the patients, and in cases of deteriorating indicators (high temperature, pronounced tachycardia at rest, arterial hypertension above the safety values set at the beginning, increased need for catecholamines (as well as the need to start them), psychomotor agitation, and increased risk to the patient or subjective reasons, the procedure was adapted in terms of intensity and types of exercises or postponed until the condition stabilized. In general, the procedures were performed 7 days a week, 1 or 2 times a day, lasting 30-60 minutes.

METHODOLOGICAL FEATURES

Average duration of the applied early mobilization per person.

The average duration of the applied early mobilization is 2 months in the ICU- Central Clinic of UMHATEM “N.I.Pirogov”, Sofia.

Form and structure of the early mobilization procedure.

The form of the procedure is based on the individual case and their needs. In the intensive care unit, 1-2 procedures are performed per day, lasting 30-60 minutes.

The structure of the early mobilization procedure is divided into a preparatory, main, and final part.

The preparatory part varies depending on the period, ranging from 10 to 15 minutes. It includes monitoring of vital signs (heart rate, blood pressure, oxygen saturation, respiratory rate, respiratory volume), breathing exercises, and exercises for small muscle groups in the distal parts of the limbs. The starting position for the preparatory part is supine and/or semi-recumbent.

The main part varies between 30-40 minutes. At the beginning of the stay in the intensive care unit, motor activity is further hampered by the multitude of equipment on and in the patient (including the presence of an endotracheal tube/tracheostomy tube and associated tubes, central venous access, arterial line for invasive blood pressure monitoring, urethral catheter), the presence of multiple and different drains, the presence of external fixators - on the pelvis, upper or lower limbs, the critical condition of patients, the multiple and different medications that affect consciousness, as well as those that support cardiovascular function. The exercises are performed from a sitting position in bed, sitting with legs down, standing. This part of the procedure focuses on diaphragmatic breathing, assisting expectoration, activating large muscle groups, improving oxygen saturation, and performing activities of daily living.

As the patient's condition gradually improves, the intensity and duration of the procedures are increased, with an emphasis on resistance exercises, manual and with sandbags weighing from 1 to 5 kilograms. Exercises involving extracardiac

factors, aerobic exercises, deep breathing to influence atelectasis, inspiratory exercises involving the upper limbs, exercises to improve expectoration, coordination exercises, and correct posture are used.

The final part varies between 5-10 minutes depending on the patient's condition and abilities. In this part, changes in vital signs are recorded and discussed, then relaxing exercises are performed, such as breathing exercises and instructions are given to the patients on what exercises and position changes they can do by themselves.

Monitoring the load during the early mobilization procedures

During the early mobilization, patients are under constant monitoring.

In clinical conditions, the polymorbidity of the patient population is taken into account, as well as the multitude of injuries they have.

During the procedure, we took into account:

Objective data - changes in respiratory rate, saturation, respiratory volumes, blood pressure, heart rate, as well as the type and location of injuries, time periods of past and upcoming surgeries, breathing pattern.

Subjective data, such as pronounced fatigue, reports of dizziness and dyspnea, chest pain and tightness with worsening dyspnea, pallor, confusion, pronounced fatigue, dizziness, chest pain and tightness, requests to stop the procedure, numbness in the extremities, and others. In addition, late symptoms (up to several hours) may occur, such as prolonged fatigue, changes in the level of consciousness, desaturation, drop in blood pressure, tachycardia. Other reasons for discontinuing the procedure may include progressive desaturation $\geq 4\%$; hypotension - values below 65 mmHg mean arterial pressure; disconnection of the respiratory circuit.

RESULTS AND ANALYSIS

Results from the Medical Research Council-Sum Score and The Physical Function in the ICU test-scored

The Medical Research Council Score is used in practice with patients in intensive care units and consists of an assessment of muscle strength in the shoulder, elbow, wrist, and muscles around the hip, knee, and ankle joints. In this study, the test results are presented only as a total sum of all included test movements (Table 5).

Table 5. Mean values and changes in muscle strength in both groups during the intensive care unit stay

Indicator	Group	n ₁	$\bar{X}_1 \pm SD$	n ₂	$\bar{X}_2 \pm SD$	Cohen's d
MRC-ss	CG	35	41,23±12,18	32	50,22±7,87***	0,552
	EG	35	44,46±10,55	34	54,15±6,33***	
	P		0,657		0,028	

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 mean values of the two studies; SD – standard deviation of the indicators; CG – control group, EG – experimental group; n – number of patients; *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ – significant differences, determined by Student's t-test for dependent samples; P – statistical significance determined by Student's t-test for independent samples; Cohen's d – indicator of effect size between studies, up to 0.2 – small practical difference; up to 0.5 – medium; up to 0.8 – significant; above 0.8 – large.

From the first assessment with MRC-ss reduced muscle strength in both groups is observed, with no statistically significant difference between the groups. On the second assessment, performed at ICU discharge, improvement in muscle strength in both groups is observed ($p < 0.001$). A statistically significant intergroup difference ($P < 0.05$) was found in favor of the EG at ICU discharge. The protocol-based mobilization applied in the EG led to a significantly greater improvement, by an average of 4 points, in muscle strength at discharge from the ICU, compared to the standard EM applied in the CG. We believe that the results of this study convincingly demonstrate that the early mobilization protocol is highly effective in improving key functional outcomes in ICU patients.

The Physical Function in the ICU test-scored demonstrated excellent construct validity in measuring muscle strength upon awakening of patients on MV, and there is a positive correlation between PFIT-s and MRC-ss.

Table 6 shows the changes in upper and lower limb muscle strength and muscle endurance reported by the PFIT-s test.

Table 6. Mean values and changes in muscle strength and endurance assessed by PFIT-s in both groups over the course of the ICU stay.

Component	Group	n ₁	$\bar{X}_1 \pm SD$	n ₂	$\bar{X}_2 \pm SD$
Shoulder Strength	CG	35	1.19±1.22	32	2.52±0.89***
	EG	35	1.76±1.35	34	2.76±0.65***
	P		0.072		0.119
Knee Strength	CG	35	1.81±1.25	32	2.72±0.73***
	EG	35	2.06±1.2	34	2.88±0.54***
	P		0.419		0.301
Sit-to-stand	CG	35	0.00±0.00	32	1.45±1.06***
	EG	35	0.00±0.00	34	1.76±0.98***
	P		1.0		0.000
Cadence	CG	35	0.00±0.00	32	0.25±0.44***
	EG	35	0.00±0.00	34	0.67±0.84***
	P		1.0		0.009
PFIT-s total	CG	35	3.46±2.16	32	6.22±2.32***
	EG	35	4.20±2.47	34	7.79±2.13***
	P		0.185		0.005

\bar{X}_1 and \bar{X}_2 , mean values of the two studies; SD – standard deviation of the indicators; EG – experimental group; CG – control group; n – number of patients; *** $p < 0.001$, ** $p < 0.005$, * $p < 0.05$, significance level determined by Student's t-test for dependent and independent samples; Cohen's d – indicator of effect size between groups in the second study from 0.2 to 0.49 – small practical difference; from 0.5 to 0.79 – medium; above 0.8 – large

At ICU discharge a significant improvement in muscle strength and endurance was observed in both groups of patients ($p=0.000$), with again a statistically significant intergroup difference in the overall result, with a greater improvement in the EG ($P<0.005$). A significant improvement in shoulder joint flexion, knee joint extension, verticalization from sitting to standing, and marching in place was observed in both groups of patients ($p<0.001$). With regard to verticalization from sitting to standing and cadence, we report a significant intergroup difference ($P<0.001$) in favor of the patients in the experimental group.

From the above, we can conclude that patients in the EG are characterized by better muscle strength and greater endurance upon discharge from the ICU compared to the CG, where a standard mobilization approach was applied.

The changes in the increments between the individual areas of study from PFIT-s (Fig. 1) show a statistically significant improvement between the two

groups in terms of position change of the body from sitting to standing and at cadence.

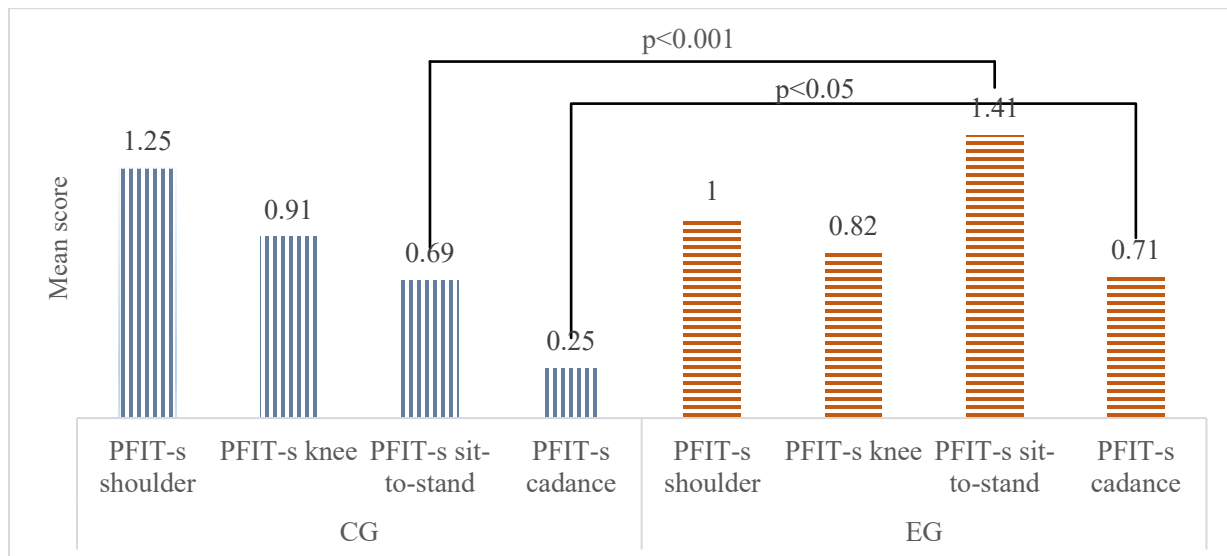


Fig.1. Dynamics in the growth of the individual components of PFIT-s at ICU discharge; CG - control group; EG - experimental group

The practical significance of PFIT-s is expressed in the ability to track integrated mobility, manifested in the ability of patients to perform complex functional tasks. We believe that the results achieved in this study are of particular importance as they demonstrate that the PM protocol not only increases muscle strength but also teaches patients how to use motor activity for coordinated, purposeful movements. This conclusion is fully consistent with the modern philosophy of physiotherapy, which emphasizes functional training as a fundamental principle in rehabilitation, as it is directly related to the patient's independence in everyday life.

Summary

1. A significant improvement in functional muscle strength of the limbs is observed upon discharge from the ICU in both groups, more pronounced in the EG.
2. Patients in the EG demonstrate significantly greater integrated mobility and muscle endurance, as measured by PFIT-s upon discharge from the ICU, compared to the CG.

Results from the assessment with Chelsea Critical Care Physical assessment tool

To assess the impact of the physiotherapy modality on respiratory function, chair transfer abilities, and capacity to perform activities within the intensive care unit, we used the Chelsea Critical Care Physical Assessment Tool (CPAx).

The initial indicators did not show statistically significant differences between the two groups, with the exception of the "Coughing" component ($P=0.008$) and borderline significance for the "Respiratory Function" component ($P=0.05$). All other indicators, including "Turning in Bed", "Sitting up," "Dynamic sitting," "Balance while standing," "Sitting to standing," "Transfers," and "Walking," showed low initial mean values for both groups, with no statistically significant difference between the groups ($P>0.05$). The total score on the CPAX scale at the first examination was 8.66 ± 3.05 for the EG and 9.31 ± 3.58 for the CG, with the difference being statistically insignificant ($P=0.441$).

At ICU discharge, a significant increase in absolute mean values was observed in all components of the CPAX scale in patients from both groups, with a statistically significant intra-group difference in the components "cough" and "sit-to-stand"

It is important to note that the CG was characterized by higher absolute mean values for „respiratory function“ and „cough“ at the initial assessment, with a significant intergroup difference in the "cough" component of the CPAX ($P<0.008$) compared to the EG. At discharge, the EG results for these two components exceeded those of the CG in absolute values, with a statistically significant intergroup difference in favor of the EG ($P=0.041$) for the "coughing" component, given that at baseline the CG was characterized by a statistically significant intergroup difference ($P<0.008$). For the "sit to stand" component of the CPAX, at ICU discharge a statistically significant intergroup difference was found in favor of the EG ($P=0.018$) and an increase in the absolute mean values to 2.00 ± 1.77 points for the EG, compared to 1.03 ± 1.52 points for the CG. The total score from the study shows an improvement of 21.81 points for the EG and 17.72 points for the CG. A change of at least 6 points between studies is defined as a clinically significant difference in functional capacity, which is found in both groups of patients in our study.

Fig. 2 shows the dynamics of changes in the results in the components "Cough" and "sit-to-stand".

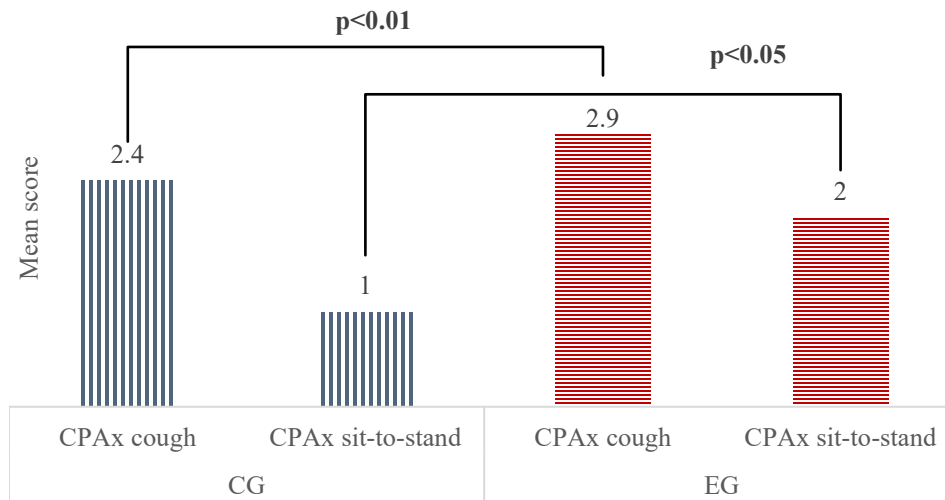


Fig. 2. Dynamics in the increases in the average values of the components coughing and sitting to standing from the Chelsea Critical Care Physical Assessment Tool (Cpax); CG - control group; EG - experimental group

Summary

1. A statistically significant intra-group difference in respiratory function was found.
2. A statistically significant intergroup difference is established in terms of components coughing and sit-to-stand in favor of EG.

Results on the achieved level of activity

To assess the impact of the physiotherapy modality on the maximum activity level achieved during the ICU stay, we used the Surgical Intensive Care Unit Optimal Mobilization Score (SOMS).

The distribution of patients by activity levels according to SOMS between the groups at ICU discharge is shown in Fig. 3.

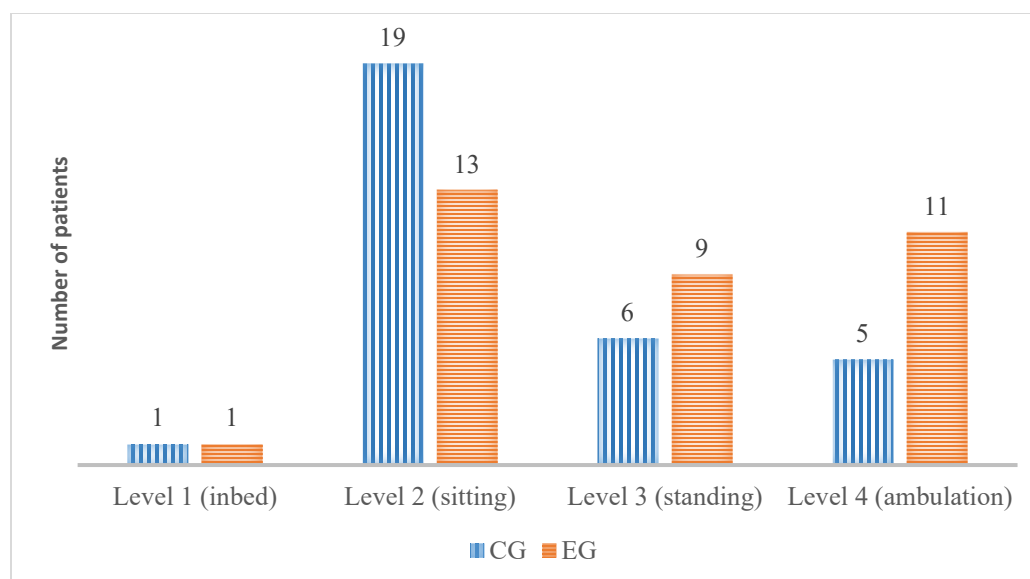


Fig. 3. Distribution of patients between groups according to the level of activity achieved on the SOMS at discharge. *CG – control group; EG – experimental group*

The data presented in Fig. 3 shows that 11 (31.4%) of the patients from the EG, undergoing protocol-based EM, achieved SOMS 4 (walking) in the ICU, while only 5 (14.3%) of the patients in the CG achieved SOMS level 4 during their ICU stay. Therefore, twice as many patients in the EG were discharged from the ICU with the maximum SOMS level compared to patients in the CG, who underwent standard for the ward EM.

Table 7 shows the changes in the SOMS assessment in both groups during the course of treatment.

Table 7. Results for the mean level of activity achieved according to SOMS

Indicator	Group	n ₁	$\bar{X}_1 \pm SD$	n ₂	$\bar{X}_2 \pm SD$	Cohen's d
Mean SOMS level	EG	35	1,00±0,00	34	2,88±0,91***	0,460
	CG	35	1,00±0,00	31	2,48±0,81***	
	P		1,00		0,069	

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 mean values of the two studies; *SD* – standard deviation of the indicators; *CG* – control group; *EG* – experimental group; *n₁* – number of patients in the first study; *n₂* – number of patients at discharge; *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ – significant differences, determined by Student's *t*-test for dependent samples; Cohen's *d* – indicator of effect size between groups in the second study from 0.2 to 0.49 – small practical difference; from 0.5 to 0.79 – medium; above 0.8 – large

A statistically significant increase in the mean SOMS scores was observed in both groups of patients upon discharge from the ICU. The improvement in the CG

scores was 1.48 ± 0.81 points on average, and in the EG scores it was 1.88 ± 0.91 points on average compared to the baseline level. No statistically significant intergroup difference in the level of activity achieved upon discharge from the ICU was reported for patients in both groups.

Summary

1. A higher percentage of patients in the experimental group, compared to the control group, reached standing - level 3 (25.7%) and walking within the ward - level 4 (31.4%) by the time of discharge from the intensive care unit.

Length of stay in the intensive care unit, duration of mechanical ventilation and Barthel Index results

The average length of stay in the ICU and on MV between the groups is presented in Table 8.

Table 8. Average length of stay in the intensive care unit and duration of invasive pulmonary ventilation by group

Group	Days in the ICU	Days on MV
EG	34,77±19,64	28,94±18,07
CG	39,57±18,39	33,03±17,94
P	0,346	0,295

ICU - Intensive care unit; MV - mechanical ventilation; EG - experimental group; CG - control group ; P – statistical significance determined by Mann-Whitney test.

Table 5 shows that despite the lack of a statistically significant difference between the groups, patients in the EG spent an average of 3.55 days less in the ICU and 4 days less on MV.

In order to determine from a statistical point of view whether the length of stay in the ICU, the initial condition of patients in terms of muscle strength, the possibility of transfers, and the functional abilities of patients have an impact on the level of activity according to SOMS at discharge, an ordinal logistic regression analysis was performed (Table 9).

The data presented shows that a statistically significant predictor of activity level at ICU discharge is the number of days spent in the intensive care unit ($B = -0.035$, $p = 0.036$). The negative coefficient ($B < 0$) indicates that an increase in the number of days in intensive care is associated with a decrease in the chances of

achieving a higher level of activity on the SOMS at discharge. For each additional day in intensive care, the logarithmic odds of a higher activity category decrease by 3.5%, with the other variables remaining constant. Group membership in this model is not statistically significant.

Table 9. Results of ordinal regression analysis for predictors of SOMS activity level at ICU discharge

Dependent variable	B	SE	Wald χ^2	df	p	Exp (B)	95% CI for B	
							Lower limit	Upper limit
SOMS (inbed)	-2,789	1,686	2,737	1	0,098		-6,093	0,515
SOMS (sitting)	1,455	1,565	0,865	1	0,352		-1,612	4,523
SOMS (standing)	2,685	1,590	2,851	1	0,091		-0,432	5,802
Predictor								
Days in the ICU	-0,035	0,017	4,387	1	0,027	0,965	-0,068	-0,002
MRC -ss beginning	0,062	0,034	3,251	1	0,071	1,062	-0,005	0,128
CPAx beginning	-0,024	0,087	0,077	1	0,782	0,957	-0,195	0,147
PFIT-s beginning	-0,070	0,167	0,176	1	0,675	0,963	-0,397	0,257
Groups	0,735	0,507	2,099	1	0,147		-0,259	1,730

SOMS (Surgical Intensive Care unit Optimal Mobilization Score) Ordinal variable with 4 categories (inbed, sitting, standing, walking); ICU – intensive care unit; B – Non-standardized regression coefficient (Log-Odds); SE – Standard error; CI – Confidence interval; MRC ss- Medical Research Council Sum Score; PFIT-s - Physical Function in ICU test-scored; CPOx - Chelsea Critical Care Physical assessment tool.

Notes: Model Significance: The ordinal logistic regression model (with predictors included) is statistically significant, $\chi^2(5)=16.464$, $p=0.006$; the model predicts the level of activity at discharge significantly better than the model with only a constant.

Goodness-of-Fit: The model adequacy tests (Pearson $\chi^2(187)=175.269$, $p=0.721$ and Deviance $\chi^2(187)=131.662$, $p=0.999$) are insignificant ($p>0.05$), suggesting that the model fits the data well.

Pseudo R2 coefficients: The Nagelkerke R2 measure shows that the model explains approximately 24.9% of the variance in the variable.

The MRC-ss indicator could play a role as a predictor, as it has marginal statistical significance ($B=0.062$, $p=0.071$). Its positive coefficient ($B>0$) suggests that a higher overall MRC-ss score at baseline is associated with an increased likelihood of a higher level of activity at ICU discharge. The other predictors are

not statistically significant, suggesting that they do not significantly influence the level of activity in this model.

To assess the impact of the physiotherapy modality on independence in the ICU, we used the Barthel Index (BI). Although this tool is not specifically designed or validated for use in the intensive care unit, it is often used to assess self-care independence in critically ill patients in both research and clinical practice. Furthermore, the BI is a suitable tool for assessing the independence of ADLs upon discharge from the ICU, helping to create an optimal rehabilitation plan based on the identified limitations.

Changes in patients' independence in performing activities of daily living are assessed three times: at ICU discharge, 1st and 3rd month post ICU discharge (Table 10).

In the present study, both groups of patients are characterized by a pronounced motor dependence upon discharge from the ICU. Intragroup analysis shows a statistically significant improvement for both groups—with protocol-based PM and the standardly applied methodology, an improvement in patient independence is observed over the three-month period. The differences between the two groups are most pronounced at discharge, where a statistically significant difference ($P < 0.05$) of 8.89 ± 0.31 points in favor of the EG with a medium to large effect size (Cohen's d 0.772) was observed.

Table 10. Changes in the level of independence (Barthel index) in both groups during the study

Group	Discharge		1 st month		3 rd month	
	n ₁	$\bar{X}_1 \pm SD$	n ₂	$\bar{X}_2 \pm SD$	n ₃	$\bar{X}_3 \pm SD$
EG	18	32,50±11,66	18	78,88±22,78***	18	95,00±14,65***
CG	18	23,61±11,35	17	67,05±21,29***	17	87,64±17,86***
P		0,027		0,123		0,191
Cohen's d		0,772		0,536		0,451

\bar{X}_1 , \bar{X}_2 , \bar{X}_3 mean values of the two studies; SD – standard deviation of the indicators; CG – control group; EG – experimental group; n₁ – number of patients discharged from the intensive care unit; n₂ – number of patients in the first month after discharge from the intensive care unit; n₃ – number of patients in the third month after discharge from the intensive care unit; *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ – significant differences in protocol-based early mobilization compared to standard mobilization, determined by Student's t-test for dependent samples; P – statistical significance for independent samples, determined by Student's t-test; Cohen's d – indicator of the effect size between groups in the three studies - from 0.2 to 0.49 – small practical difference; from 0.5 to 0.79 – medium; above 0.8 – large.

Although in absolute terms, EG shows a higher level of independence at all three data collection points, no statistical significance is observed in the subsequent two studies, but a sustained average effect size is reported for the first month (Cohen's d 0.536). The observed gradual decrease in the effect size over time is expected and justified due to the gradual reduction in differences in the level of physical activity and living conditions among patients in both groups, but in the third month, the trend of higher scores (7.36±3.21) for the EG compared to the CG persists.

In the first month post ICU discharge, both groups are characterized by moderate dependence in terms of ADL. At the end of the study, three months after ICU discharge, patients in the EG had a slightly pronounced dependence on ADL (average 95 points), while patients in the CG remained moderately dependent on outside help in their daily lives (average 87 points).

Figure 4 shows the changes in score gains between the three studies. The biggest difference is observed between the data at discharge and at three months, but without a statistically significant difference. Statistical significance between the groups is established in the Barthel Index gains at discharge and at one month,

which confirms the data for a medium to large effect of the first and second assessments.

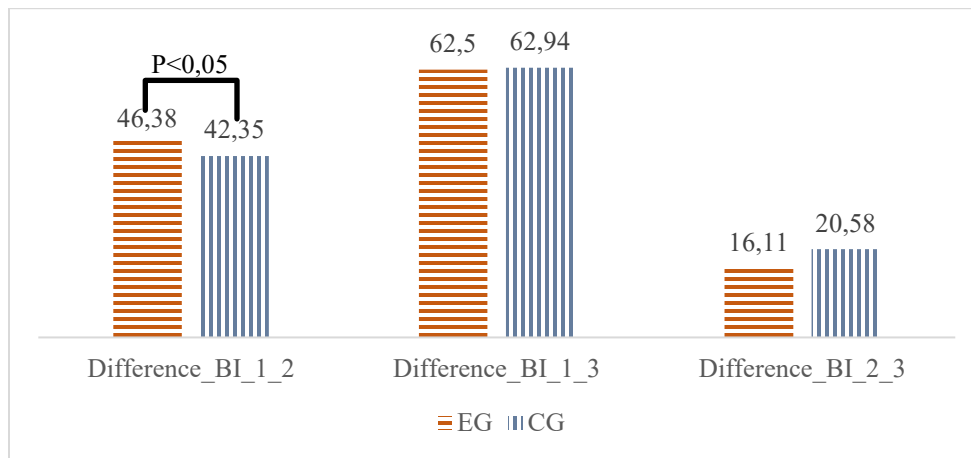


Fig. 4. Dynamics in score gains in the Barthel index between the three studies. BI_1_2 - dynamics from discharge to the first month; BI_1_3 - dynamics from the ICU discharge to the third month; BI_2_3 - dynamics from the first to the third month post ICU discharge.

To determine the possible long-term impact of the probable factors affecting the Barthel Index score one month after discharge, an ordinal logistic regression analysis was performed (Table 11). The predictors (as independent variables) included the total score on the Medical Research Council Scale-sum score, Physical Function in Intensive Care Test-scored at discharge, and the number of days spent in intensive care. In the data presented, all thresholds of the Barthel Index are statistically significant ($p < 0.05$), which shows that its levels are clearly distinguished.

Table 11. Results of ordinal regression analysis for predictors of independence level in the first month, determined by Barthel Index

	B	SD	Wald χ^2	p	Exp (B)	95% CI for Exp(B)	
						Upper limit	Lower limit
Dependancy							
BI complete dependancy	11,451	5,268	4,725	0,030		1,126	21,777
BI marked dependancy	19,725	7,803	6,390	0,011		4,431	35,019
BI moderate dependancy	24,061	9,062	7,050	0,008		6,300	41,823
BI mild dependancy	24,545	9,105	7,268	0,007		6,701	42,390
Predictor							
MRC-ss total at ICU discharge	0,249	0,112	4,934	0,026	1.283	0,029	0,468
PFIT-s total at ICU discharge	1,074	0,494	4,722	0,030	2.800	0,105	2,042
Days in the ICU	0,019	0,026	0,565	0,452	1.018	-0,031	0,070

BI – Barthel Index; MRC-ss – Medical Research Council Sum Score; PFIT-s – Physical Function in Intensive Care Test – Scored. ICU – intensive care unit.

Notes: Overall significance of the model: The results show that the model as a whole is statistically significant ($\chi^2(4) = 24.534, p < 0.001$), which means that at least one of the predictors significantly contributes to predicting the level of independence. Goodness-of-Fit: The goodness-of-fit tests (Pearson $\chi^2(84)=36.137, p>0.05$ and Deviance $\chi^2(84)=35.787, p>0.05$) are insignificant, suggesting that the model fits the data well. The Pseudo R² coefficients and the Nagelkerke R² measure show that the model explains approximately 70.7% of the variance in the variable.

The strongest and statistically significant predictor in the model is the total score on the Physical Function in the intensive care unit test - Scored (B = 1.074, $p < 0.05$). The odds ratio (Exp(B) = 2.801) shows that with an increase in the PFIT-s score by one unit, the odds of a higher Barthel Index score increase 2.8 times, provided that the other variables remain constant.

For the predictor total Medical Research Council-Sum Score at discharge, a statistically significant coefficient B = 0.250 ($p < 0.05$) is reported. The odds ratio

($\text{Exp}(B) = 1.283$) shows that with an increase in the MRC-ss score by one unit, the chances of a higher level of independence in the first month increase 1.3 times, provided that the other variables remain constant.

The presented model does not show statistical significance of the predictor "Days of ICU stay" ($B = 0.018$, $p > 0.05$), i.e., the length of stay in the ICU does not have a significant effect on the levels of independence of patients in the first month.

A limitation of the presented model is that it does not include data on the conditions under which the recovery process took place during this one-month period, whether they were subject to and/or the type of rehabilitation interventions after discharge from the ICU. It is assumed that different types of interventions (physiotherapy, occupational therapy, work with a psychologist, living conditions, etc.) would have a significant effect on long-term functional recovery and facilitate the process of return.

Summary

- 1. In absolute terms, it was found that patients in the EG spent an average of 3.55 days less in the ICU and 4 days less on MV compared to the CG; no statistically significant intergroup difference was found at the end of the study.*
- 2. At discharge, patients in both groups were highly dependent on outside help for ADL. At 1 month post ICU discharge, both groups were characterized by moderate dependence for self-care, while at 3 months post ICU discharge, patients in the EG reached a level of mild dependence in ADL, compared to the CG, who remained moderately dependent in ADL.*

Results of the SF-12 quality of life questionnaire

To assess the impact of the physiotherapy modality on quality of life (QoL) in the long term—up to three months after discharge from the ICU—we used the SF-12 questionnaire. We monitored changes in quality of life three times: at ICU discharge, one month post ICU discharge, and three months post ICU discharge, as shown in Table 12.

Table 12. Changes in the mean values of the components of the mental component summary and the physical component summary of the SF12 questionnaire on quality of life

Indicator	Group	n ₁	$\bar{X}_1 \pm SD$	n ₂	$\bar{X}_2 \pm SD$	n ₃	$\bar{X}_3 \pm SD$
MCS	EG	18	32,87±6,38	18	46,82±11,52	18	57,79±5,27***
	CG	18	33,39±6,59	17	41,31±10,04	17	52,50±9,18***
	P		0,813		0,142		0,257
	Cohen's d		0,079		0,508		0,711
PCS	EG	18	29,30±6,30	18	38,78±13,0	18	48,36±9,99
	CG	18	26,30±3,53	17	35,38±9,72	17	44,33±10,67
	P		0,088		0,389		0,049
	Cohen's d		0,585		0,295		0,390

\bar{X}_1 - mean values at ICU discharge; \bar{X}_2 –mean values 1 month post ICU discharge; \bar{X}_3 - mean values 3 months post ICU discharge; SD– standard deviation of indicators; CG- control group; EG - experimental group; MCS - mental component summary; PCS - physical component summary; n₁– number of patients at ICU discharge; n₂ - number of patients one month post ICU discharge; n₃ - number of patients three months post ICU discharge; *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$ – significant differences determined by Student's t-test for dependent and independent samples; Cohen's d – indicator of the effect size between groups in the three studies - from 0.2 to 0.49 – small practical difference; from 0.5 to 0.79 – medium; above 0.8 – large

From the data presented in Table 12, we find that both groups of patients have significantly impaired mental and physical health at ICU discharge, but in absolute terms, physical health is more affected in both groups of patients. The intragroup analysis of patients from the EG and CG shows a statistically significant difference between each of the three studies ($P < 0.001$).

No statistically significant intergroup difference was observed at ICU discharge in terms of mental health ($P = 0.813$) and physical health ($P = 0.088$), but in terms of absolute mean values, the EG showed better results than the CG in terms of physical health (29.30±6.30 points vs. 26.30±3.53 points). When following up patients from both groups one month after discharge from the ICU, no intergroup difference was observed in terms of mental health ($P = 0.142$), despite the higher absolute mean values in the EG compared to the CG (46.82±11.5 points vs. 41.31±10.0 points, respectively). No statistically significant intergroup difference was found in the physical component of quality of life ($P = 0.389$), despite the higher absolute mean values in the EG with 3.4±2.28 points. Three months post ICU discharge, there was a statistically significant intergroup difference in the physical health component ($P < 0.05$) in favor of the EG, while no such difference was found in the mental health component values ($P = 0.257$).

Summary

- 1. The analysis of the quality of life of patients in both groups after intensive treatment shows that the results indicate a lower QoL compared to the norm for the general population in terms of the overall assessment of physical and mental health indicators, with physical health being more affected.*
- 2. At month 1 post ICU discharge, a statistically significant intra-group difference was found in both groups of patients ($p < 0.001$), with no inter-group difference in the three studies.*
- 3. At the end of the study, there was a statistically significant intergroup difference in favor of the EG in terms of physical health ($P < 0.049$).*

LIMITATIONS OF THE STUDY AND RECOMMENDATIONS FOR FUTURE RESEARCH

The cohort presented is strictly focused on polytrauma patients and, accordingly, its more limited volume makes it difficult to generalize the results to a wider population of patients. Taking into account the specific nature of the condition of patients in need of intensive care and the need to work in a multidisciplinary team, the present study does not track or report on the methods of collaboration between individual specialists in the ICU, which are in fact essential for improving the effectiveness of the overall treatment process. Due to certain practical limitations, the specifics, interventions, and conditions of recovery after ICU discharge have not been reported or tracked.

As a recommendation for future studies and to broaden the understanding of the recovery process in patients after a stay in the ICU and need of prolonged invasive pulmonary ventilation, it is advisable to focus on several key areas:

- A similar study with a larger sample size is needed to confirm or refute the borderline significance and role of muscle strength and endurance in ICU patients.
- To shed light on the role of various factors (including rehabilitation measures) on long-term recovery and increased independence, it is recommended that future studies include data on the type, dosage, and intensity of physiotherapy interventions applied to patients after discharge from the ICU.

With a focus on clinical practice, the following recommendations can be highlighted:

- The need to minimize the length of stay in the ICU, when clinically possible, as well as the need to apply early mobilization protocols is confirmed. Each day spent in bed has a cumulative negative effect on the functional status of the patient upon discharge, which potentially complicates subsequent rehabilitation.
- The findings presented on the importance of muscle strength, endurance, body transfer ability, and respiratory function (MRC-ss and PFIT-s) at ICU can be used as an important prognostic tool. Clinicians can use these scales to identify at-risk patients. They are easy to apply in practice and would allow for more objective monitoring of the results of early mobilization in the ICU. Patients with lower PFIT-s and MRC-ss scores at ICU discharge are at increased risk of long-term dependence and may require more intensive and prolonged rehabilitation

programs. The results could also help to adapt individual rehabilitation plans and determine the possible need for additional support (e.g., referral to specialized rehabilitation centers or home care).

CONCLUSION

Our study of the problem based on literature data and the experimental application of protocol-based early mobilization according to SOMS in polytrauma patients undergoing prolonged invasive pulmonary ventilation in an intensive care unit is related to the confirmation or rejection of our working hypothesis. On the one hand, we had to assess the extent to which protocol-based EM would lead to better functional outcomes and differences in terms of the duration of MV, length of stay in the ICU, and adverse and dangerous events for the patient, compared to standard EM. This assessment is based primarily on the objective determination of the current condition of patients and, therefore, on the assessment of the risk-benefit ratio of the application of EM and its scope. In this regard, we had the opportunity to use the well-equipped facilities and the knowledge of the doctors and nurses from the Intensive care unit -central clinic of UMHATEM "N.I. Pirogov," Sofia, which ensured the accurate assessment of the condition of patients admitted after severe multiple life-threatening injuries requiring life-support therapy, including mechanical ventilation, haemodynamic and renal support.

In order to objectify the results of the experiment, it was necessary to provide proven and informative methods and tests for research, as well as to monitor functional changes during treatment. We used some research methods that had not been applied in Bulgaria before for such a group of patients, namely the Chelsea critical care physical assessment tool (CPAx), Physical Function in the (PFIT-s), Surgical Intensive Care Unit Optimal Mobilization Score (SOMS), assessment of quality of life after intensive care with SF-12, and the Barthel Index. We believe that in this way we created sufficiently objective conditions for conducting the experiment and reporting the results.

We analyzed the results obtained for the two groups of patients and indicated the changes that occurred both during intensive care and up to three months after discharge from the ICU.

Important for us and for practice is the conclusion that:

The application of protocol-based progressive mobilization, with an emphasis on verticalization of patients on MV in the ICU, leads to a more significant increase in muscle strength (reported with MRC-ss and PFIT-s), shorter stay in the ICU and shorter duration of MV in absolute terms, as well as a

higher level of ADL independence at ICU discharge (reported with the Barthel index), compared to standard early mobilization.

This fact is important to us not only because it confirmed our working hypothesis, but also because it is the first such study in Bulgaria. This study would be the basis for future research on the possibilities of expanding and updating the methods and means of physiotherapy in this patient population. Our opinion is that the load and the means of physical therapy applied to polytrauma patients in the ICU must be based on proven safety criteria, good knowledge of the patient's condition and specifics, knowledge of the equipment, and close interdisciplinary collaboration.

The aforementioned confirms our hypothesis that protocol-based mobilization according to SOMS is an effective way to safely increase the physical load on patients in the ICU on MV, leading to a more significant increase in muscle strength, shorter stay in the ICU, and shorter duration of MV compared to standard early mobilization. This conclusion provides an objective basis for future in-depth studies in this area.

The dissertation enriches the scientific-theoretical and scientific-applied knowledge in the field of physiotherapy, as well as its place and influence in polytrauma patients on prolonged mechanical ventilation in intensive care units. The results obtained (original and confirmatory) give reason to claim that the protocol-based early mobilization methodology we have applied is suitable for wide application in physiotherapy practice in intensive care units, subject to certain assessment and safety criteria.

FINDINGS

The studies conducted, the analysis of the results, and our personal impressions from the study give grounds for the following key conclusions:

1. It has been proven that the application of early protocol-based mobilization according to SOMS leads to better functional recovery compared to the standard application of early mobilization in patients undergoing prolonged invasive pulmonary ventilation.
2. The physiotherapy modality applied to patients on MV in the intensive care unit has a positive therapeutic effect on:
 - muscle strength in the upper and lower limbs;
 - muscle endurance;
 - respiratory function, transfers, and activity;
 - level of activity;
 - number of days on MV and stay in the ICU;
3. Early mobilization has a positive effect on motor independence in daily life and the quality of life of patients.
4. The approved physiotherapy modality demonstrates the need for consistent application in accordance with the current condition and treatment plan, as well as the interdisciplinary efforts of well-trained staff.

CONTRIBUTIONS

Contributions of a scientific and theoretical nature:

1. A comprehensive comparative study was conducted on the potential of physiotherapy to influence functional recovery, including muscle strength, muscle endurance, mobility in and out of bed, as well as the duration of invasive pulmonary ventilation and stay in the intensive care unit in polytrauma patients admitted to the Intensive care unit - central clinic of UMHATEM "N.I. Pirogov" and in need of prolonged mechanical ventilation (≥ 72 hours).
2. For the first time in Bulgaria, a physiotherapy modality has been applied in accordance with current guidelines for early mobilization and the place of physiotherapy in the intensive care units, and its complex effect on polytrauma patients has been studied.

Contributions of a scientific and applied nature:

3. For the first time in Bulgaria, the impact of physiotherapy on the functional recovery and quality of life in patients after intensive care and prolonged mechanical ventilation has been studied.
4. A protocol-based early mobilization has been applied, providing the possibility for a smooth and safe increase in the intensity of the load in patients on invasive pulmonary ventilation.

Confirmatory contributions:

5. It has been shown that the application of protocol-based physiotherapy with criteria for progression in load, has a positive effect, confirming the concept of faster functional recovery in patients on prolonged mechanical ventilation who undergo a form of protocol-based early mobilization.
6. It has been confirmed that polytrauma patients after intensive care and prolonged mechanical ventilation require goal-based and strictly individualized physiotherapy to address the multiple and varied functional deficits, as well as the quality of life.

Scientific publications related to the dissertation

1. Bonev V. Impact of physiotherapy on functional recovery in patients undergoing prolonged invasive pulmonary ventilation. Sport and Science, 2023;1-2:109-120. ISSN: 1310-3393 (print) BAS Publishing House "Prof. Marin Drinov".
2. Bonev V. Methodology of physiotherapy in patients undergoing prolonged invasive pulmonary ventilation. Sport and Science, 2023;1-2:121-137. ISSN: 1310-3393 (print) BAS Publishing House "Prof. Marin Drinov".
3. Bonev V., Dimitrova, A. Effect of protocol-based early mobilization in polytrauma patients on prolonged mechanical ventilation. Yearbook of the National Sports Academy "Vasil Levski", 2025;1:101-113. ISSN: 2682-9908 (print) published by the National Sports Academy "Vasil Levski".

Participation in scientific congresses related to the dissertation

1. Bonev V, Dimitrova A. Feasibility of physiotherapy on functional recovery in long-term mechanically ventilated patients. Neurosonology and cerebral hemodynamics, 2023; 18(2):124-125 ISSN 1312-6431. 9th Congress of the Bulgarian Society of Neurosonology and Cerebral Hemodynamics with International Participation, 27-29 October, Sofia, 2023.
2. Bonev V, Dimitrova A. Therapeutic modalities of physiotherapy in patients on prolonged mechanical ventilation. Neurosonology and cerebral hemodynamics, 2023; 18(2):124-125 ISSN 1312-6431. 9th Congress of the Bulgarian Society of Neurosonology and Cerebral Hemodynamics with International Participation, 27-29 October, Sofia, 2023.
3. Bonev V, Dimitrova A. Protocol-based early mobilization in patients on mechanical ventilation. Neurosonology and cerebral hemodynamics, 2023; 18(2):124-125 ISSN 1312-6431. 9th Congress of the Bulgarian Society of Neurosonology and Cerebral Hemodynamics with International Participation, 27-29 October, Sofia, 2023.