



УДК- 616.711-001-085 617.3-001-085 615.47 616-073.75

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭКЗОСКЕЛЕТА У БОЛЬНЫХ С ОСЛОЖЕННЫМИ
ТРАВМАМИ ГРУДО-ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА**

Боймуродов Гуломжон Абдугаффорович

заведующий отделением вертебрологии
Национального центра реабилитации и
протезирования лиц с инвалидностью,

Ташкент, Узбекистан

ORCID: 0009-0002-7548-2115

E-mail: gulomjonboymurodov49@gmail.com

Саттаров Алишер Рахимович

д.м.н., заведующий отделением, Национальный
центр реабилитации и протезирования
лиц с инвалидностью, Ташкент, Узбекистан

ORCID: 0009-00002-7537-3124

E-mail: alishersattarov58@gmail.com

Ражабов Амир Абдуллаевич

ординатор, врач-ортопед травматолог
отделения вертебрологии, Национальный
центр реабилитации и протезирования лиц с
инвалидностью, Ташкент, Узбекистан.

ORCID: 0009-00002-7536-2124



E-mail: amirrajabov83@gmail.com

Резюме: У больных имеющий осложнённый травмы позвоночника после операции нуждаются аппаратам для дополнительного фиксация тела человека. Раньше было применена корсеты различного форма, но в сегодняшний день учёные разработали новые модели фиксаторов в которые одновременно помогают к фиксацию тела пациента и еще помогают двигательную функцию для ходьбы. Один из вариант такого фиксатора является Экзоскелеты различного происхождение. Цель работы - улучшить результаты реабилитационных мероприятий у больных с осложненными травмами позвоночника с применением экзоскелет ассистирования в ранних периодах травмы. Материалы и методы: нами было проведено анализ результатов стационарного лечения 82 больных с осложненными травмами позвоночника которое получили комплекс реабилитационных мероприятий включением Экзоскелет ассистированием в отделении Вертебрологии Национального центра реабилитации и протезирования лиц с инвалидностью за период 2023-2025гг. Мужчин оставили 66 больных и 16 женщин. Больные были разделены на 2 группы, основная группа 42 больные – которые получили консервативное лечение, лечебная физкультура, физиолечения и Экзоскелет ассистированием лечение (E-helper-), контрольная группа 40 больные – получили консервативное лечение, лечебная физкультура, физиолечения. Результаты и их обсуждение: результатов проведенных комплекс реабилитационных мероприятий после окончания лечения оценили по шкале Frankel (А.В.С.Д.Е.). До лечения основной группы 8 больные относились к категории А, 12 больные к категории В и 22 больные к категории С соответственно. До лечения контрольной группы 7 больные относились к категории А, 18 больные к категории В и 15 больные к категории С соответственно. Выводы: больные



получившие комплекс реабилитационных мероприятий и Экзоскелет ассистированием показатели были лучше чем контрольная группа больных.

Ключевые слова: Экзоскелет, позвоночный столб, осложнённый травма, инвалидность.

APPLICATION OF EXOSKELETON IN PATIENTS WITH COMPLICATED INJURIES OF THE THORACOLUMBAR SPINE

Boymurodov Gulomjon Abdugafforovich

PhD, Head of the Vertebrology Department,

National Center for Rehabilitation and Prosthetics of Persons with Disabilities, Tashkent, Uzbekistan.

E-mail: gulomjonboymurodov49@gmail.com

Sattarov Alisher Rakhimovich

DSc

Rajabov Amir Abdullaevich

Applicant, National Center for

Rehabilitation and Prosthetics for Persons with Disabilities of the Republic of Uzbekistan

Abstract: Patients with complicated spinal injuries after surgery need devices for additional fixation of the human body. Previously, corsets of various shapes were used, but today scientists have developed new models of fixators that simultaneously help to fix the patient's body and also help the motor function for walking. One of the options for such a



fixator is Exoskeletons of various origins. The purpose of the work is to improve the results of rehabilitation measures in patients with complicated spinal injuries using exoskeleton assistance in the early stages of injury. Materials and methods: we analyzed the results of inpatient treatment of 82 patients with complicated spinal injuries who received a set of rehabilitation measures including exoskeleton assistance in the Vertebrology Department of the National Center for Rehabilitation and Prosthetics of Persons with Disabilities for the period 2023-2025. There were 66 men and 16 women. The patients were divided into 2 groups, the main group of 42 patients - who received conservative treatment, exercise therapy, physiotherapy and exoskeleton assistance treatment (E-helper-), the control group of 40 patients - received conservative treatment, exercise therapy, physiotherapy. Results and their discussion: the results of the complex of rehabilitation measures after the end of treatment were assessed using the Frankel scale (A.V.S.D.E.). Before treatment of the main group 8 patients belonged to category A, 12 patients to category B and 22 patients to category C, respectively. Before treatment of the control group 7 patients belonged to category A, 18 patients to category B and 15 patients to category C, respectively. Conclusions: patients who received a complex of rehabilitation measures and Exoskeleton assistance had better indicators than the control group of patients.

Key words: Exoskeleton, spinal column, complicated injury, disability.

Актуальность: Любое повреждение спинного мозга, позвонков и межпозвоночных дисков считается вне зависимости от степени его тяжести достаточно серьезным заболеванием. Последствия травм позвоночника могут быть совершенно непредсказуемыми, так как эта сложная структура, состоящая из большого числа мышечных тканей и соединительных элементов, чрезвычайно значима для нормального функционирования не только опорного и двигательного аппарата, но и для деятельности центральной, периферической и вегетативной



нервных систем, а также внутренних органов, нередко подвергающихся компрессии и трансформации, произошедших ввиду травмирования и дегенерации позвоночного столба.

Повреждения позвоночника составляют до 4% от всех травм опорно-двигательного аппарата. Травма позвоночника, спинного мозга и его корешков среди всех травм позвоночника составляет 20%. Наличие парезов и параличей затрудняет уход, раннюю активизацию и реабилитацию пострадавших, приводит к стойкой утрате трудоспособности, которая и составляет, по мнению различных авторов до 80% [3]. При этом исход зависит от своевременного оказания и выбора хирургической тактики лечения. На современном этапе существуют различные способы хирургического лечения – одно- и двухэтапные операции [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Хирургическое лечение осложненных переломов позвоночника требует от хирургов на современном этапе выполнения следующих принципов: полной декомпрессии спинного мозга, корешков и сосудов и надежной стабилизации поврежденного сегмента, что позволяет проводить раннюю активизацию, вертикализацию и реабилитацию больных и сокращает сроки пребывания больных в стационаре [4, 5, 6, 7, 8].

Экзоскелет (от греч. ἔξω — внешний и σκελετος — скелет) — устройство, предназначенное для увеличения силы человека за счет внешнего каркаса [1].

По мнению разработчиков, аппарат ExoAtlet P — это решение проблемы симбиоза человека и машины на уровне механо-тактильного взаимодействия. Это интеграция человека и робота [8].

В зарубежной литературе нам встретились следующие описания пассивных экзоскелетов. Мягкий пневматический экзоскелет, созданный группой исследователей из университета Карнеги Меллон, Гарвардского университета,



университета Южной Калифорнии, Массачусетского технологического института и разработчиком носимых датчиков BioScience.

Он включает в себя гибкие искусственные мышцы, легкие сенсорные датчики и управляющее программное обеспечение. Изготовлен аппарат из мягкого эластичного полимера.

В настоящее время его можно носить лишь на голени, биологическая структура которой кропотливо воспроизведена в устройстве. В новом устройстве три цилиндрические искусственные мышцы соответствуют мышцам передней части голени и одна — задней.

Искусственные сухожилия (стальные кабели) протянуты от концов этих мышц вниз к стопе и служат для перемещения лодыжки. Обратная связь обеспечивается с помощью гиперупругих тензометрических датчиков, расположенных на верхней и боковой части лодыжки. Каждый датчик состоит из резинового пластика, содержащего микроканалы, заполненные жидким проводником из металлического сплава. Форма этих каналов изменяется, когда эластичный материал растягивается или сжимается, тем самым изменяя электрическое сопротивление металла. Когда изменение сопротивления зарегистрируется, программное обеспечение может установить положение голеностопного сустава. Подвижность обеспечивается благодаря гибким материалам, но гибкость создает и определенную проблему: такое устройство гораздо тяжелее контролировать, чем экзоскелет из привычных жестких материалов, поэтому и датчики здесь должны быть чувствительнее, и способы контроля — более точные. Лабораторные тесты показали, что устройство в состоянии передвигать лодыжками испытуемых в достаточном для нормальной ходьбы 27-градусном диапазоне движения. Но это только опытный образец, в настоящее время ученые пытаются усовершенствовать конструкцию так, чтобы пациентам с реальными проблемами подвижности было удобнее носить аппарат [9–10].



При использовании экзоскелетов подобного типа уменьшаются метаболические затраты, возникающие при ходьбе, в связи с чем эти аппараты успешно используются при обучении ходьбе и возвращении утраченных функций у постинсультных больных и больных с реабилитацией после спинномозговой травмы [11–12].

Цель работы - улучшить результаты реабилитационных мероприятий у больных с осложненными травмами позвоночника с применением экзоскелет ассистирования в ранних периодах травмы.

Материалы и методы: нами было проведено анализ результатов стационарного лечения 82 больных с осложненными травмами позвоночника которое получили комплекс реабилитационных мероприятий включением Экзоскелет ассистированием в отделении Вертебрологии Национального центра реабилитации и протезирования лиц с инвалидностью за период 2023-2025гг. Мужчин оставили 66 больных и 16 женщин. Больные были разделены на 2 группы, основная группа 42 больные – которые получили консервативное лечение, лечебная физкультура, физиолечения и Экзоскелет ассистированием лечение (E-helper-), контрольная группа 40 больные – получили консервативное лечение, лечебная физкультура, физиолечения. Все больные прошли общеклинические и лабораторно инструментальных исследований (Рентгенография, МСКТ, МРТ и электромиография).

Всем больным основной группы было применено кроме лечебных физических и физиотерапевтических мероприятий - Экзоскелет ассистирование со специалистами.

- Система E-helper функции и параметры:
- система быстрых настроек под антропометрические данные пациента
- до 8-ми часов автономной работы; Вес нетто 28 кг;
- вес пациента до 110 кг, рост 150-190 см;



- возможность ходить по лестницам, разворачиваться;
- встроенный микрокомпьютер, ведение базы пациентов, сбор статистики
- раздельная регулировка мощности двигателей конечностей (данная функция используется для пациентов с гемипарезом)
- динамическая оценка спастичности (экзоскелет отслеживает изменение усилий электродвигателей, обеспечивающих движение в конечностях)
- инициация первого шага (при двигательной реабилитации важно выявить даже минимальное усилие мышц пациента и продолжить возникающее движение)
- E-Helper оснащен разъемами для подключения проводов FES для процедур электростимуляции и контроля мышечной активности



1

Рис-1. Внешний вид экзоскелета.

Результаты и их обсуждение: результатов проведенных комплекс реабилитационных мероприятий после окончания лечения оценили по шкале Frankel (А.В.С.Д.Е.). До лечения основной группы 8 больные относились к категории А, 12 больные к категории В и 22 больные к категории С соответственно. До лечения контрольной группы 7 больные относились к категории А, 18 больные к категории В и 15 больные к категории С соответственно.



Рис-2. Больной Б, 21 лет, состояние после осложненной травмы позвоночника нижне-грудного отдела позвоночника, Frankel C. После получения трех курсового комплекса реабилитации с Экзоскелет ассистированием у больного отмечались положительные динамики в виде плавленные амплитудные движения в суставах нижних конечностей.



Рис-3. Больной С, 24 лет, состояние после осложненной травмы позвоночника верхне-поясничного отдела позвоночника, Frankel С. После получения двух курсового комплекса реабилитации с Экзоскелетом ассистированием у больной отмечались положительные динамики.

После лечения позитивные результаты были выявлены у всех больных.

После 3х кратного повторного стационарного лечения(период нахождение в стационаре составил 12 дней) основной группу с категории А 7 больные перешли на категорию В (1 больной без изменений), с категории В 12 больные перешли на категорию С (2 больных без изменений), с категории С все больные перешли на категории Д соответственно.



После лечения контрольной группы с категории А 2 больные перешли на категорию В(5 больные без изменений), с категории В 4 больные перешли на категорию С(14 больные без изменений) и с категории С 5 больные перешли на категорию Д(10 больные без изменений) соответственно. В таблице 1 приведены данные до и после получения лечения между группами.

Таблица -1.

Результаты больных до и после лечения по шкале Frankel-я

группы	До лечения (%)				После лечения(%)				
	Типы по шкале Frankel-я	А	В	С	Д	А	В	С	Д
основная	8(19)	12(28,5)	22(52,3)	0	1(2,3)	9(21,4)	12(28,5)	22(52,3))
контроль ная	7(17,5)	18(45)	15(37,5)	0	5(12,5)	16(40)	14(35)	5(12,5))

Выводы: больные, получившие комплекс реабилитационных мероприятий и Экзоскелет ассистированием показатели были лучше, чем контрольная группа больных.

Больные получившие Экзоскелет ассистированием реабилитации снизили нагрузку на персонала.

У больных о спинальными нарушением проводимости после Экзоскелет ассистированием комплекс реабилитации движение в суставах стали плавными.



REFERENCES| ЧОСКИ | IQTIBOSLAR:

1. Exoskeleton. Wikipedia. URL: <http://ru.wikipedia.org/oldid=67717712> (date of access: 12.02.2015). (in Russ).
2. Afaunov A.A., Usikov V.D., Afaunov A.I. Possibilities of transpedicular osteosynthesis in the treatment of injuries of the thoracic and lumbar spine // Vestn. travmatol. orthoped. - 2004. - №4.- P.68-74. (in Russ).
3. Bekov M.M. Surgical treatment of injury of the thoracic and adjacent spine and spinal cord: dis. ... candidate of medical sciences: St. Petersburg 2010. - 112 p. (in Russ).
4. Grin' A.A, Nekrasov M.A., Kaikov A.K. Principles of surgical treatment of patients with multiple and multilevel spinal injuries // Proceedings of the V Congress of Neurosurgeons of Russia. - Ufa, June 22-25, 2009. - P. 98. (in Russ).
5. Dragun V.M., Beresnev V.P., Musikhin V.N., Valerko V.G., Malygin V.N., Skopin M.I., Korzenev D.A. Injuries of the thoracolumbar spine. Tactics of surgical treatment // Proceedings of the V Congress of Neurosurgeons of Russia. - Ufa, June 22-25, 2009. - P. 105. (in Russ).
6. Dulaev A.K. Surgical treatment of victims with acute uncomplicated and complicated injuries of the spine of the thoracic and lumbar localization: author's abstract ... Dr. of Medicine. - St. Petersburg, 1997. -44 p. (in Russ).
7. Karibaev B.M., Mukhametzhanov H. Intraoperative myelography in determining the tactics of surgical treatment of patients with spinal cord and spinal cord injuries // Proc. All-Russian scientific-practical. conf. With international. participation "Emergency conditions in vertebrology". - St. Petersburg, 2013. - P. 77-78. (in Russ).
8. Medical exoskeleton for rehabilitation. ExoAtlet. URL: <http://www.exoatlet.ru>. (in Russ).
9. Park Y.-L., Chen B., Pérez-Arcibia N.O., Young D., Stirling L., Wood R.J., et al. Design and control of a bio-inspired soft wearable robotic device for ankle, foot



rehabilitation. *Bioinspir Biomim* 2014; 9(1): 016007, <http://dx.doi.org/10.1088/1748-3182/9/1/016007>.

10. To C.S., Kobetic R., Bulea T.C., Audu M.L., Schnellenberger J.R., Pinault G., et al. Sensor-based hip control with hybrid neuroprosthesis for walking in paraplegia. *J Rehabil Res Dev* 2014; 51(2): 229–244, <http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2012.10.0190>.

11. Murray S.A., Ha K.H., Hartigan C., Goldfarb M. Assistive control approach for a lower-limb exoskeleton to facilitate recovery of walking following stroke. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2014; 99: 1, <http://dx.doi.org/10.1109/tnsre.2014.2346193>.

12. van Dijk W., van der Kooij H., van der Kooij H. Optimization of human walking for exoskeletal support. *IEEE Int Conf Rehabil Robot* 2013, <http://dx.doi.org/10.1109/ICORR.2013.6650394>.