

Эффективность лечения больных с переломами голени после внутрикостного блокированного остеосинтеза с применением дозатора нагрузки

Ю. В. Сухин, Ю. Ю. Павлычко, П. В. Данилов

Одесский национальный медицинский университет, Украина

Цель работы – оценка эффективности устройства для определения величины нагрузки на нижнюю конечность в послеоперационном периоде у больных с переломами костей голени.

Материалы и методы. Разработано и применено устройство, которое позволяет в реальном времени определять величину нагрузки на нижнюю конечность, а также сигнализировать о чрезмерной или слабой нагрузке. Сенсорный блок со стелькой и датчиком располагается в обуви под пяткой пациента, а основной блок крепится на голень при помощи ремня. В реальном времени регистрируется текущее значение нагрузки на ногу. Полученные данные записываются в энергонезависимую память. Система даёт возможность уведомить пациента или врача электронным письмом о наличии сильной или слабой нагрузки на нижнюю конечность, а также отсутствии нагрузки в течение продолжительного периода.

Результаты. Применение дозатора нагрузки проведено нами у 38 больных с переломами костей голени, которые находились на стационарном лечении в центре травматологии и ортопедии г. Одессы в период от 1,5 до 12 месяцев. В основную группу вошли больные, которым применялся в реабилитационном периоде дозатор нагрузки на нижнюю конечность (поперечный перелом диафиза костей голени – 9 больных, косой перелом – 11 больных). Контрольную группу составили пациенты без применения дозатора нагрузки (10 пациентов с косым переломом средней трети костей голени, 8 больных с поперечным переломом обеих костей голени в средней трети). В результате применения устройства удалось сократить срок сращения переломов на две недели и избежать такого осложнения, как контрактура сустава и несращение перелома.

Выводы. Устройство позволяет пациентам с травмами нижних конечностей придерживаться оптимальной нагрузки в период реабилитации, избегая чрезмерной и слабой нагрузки на нижнюю конечность.

Разработка даёт возможность определить статистику нагрузки и передачу её на сервер, благодаря чему лечащий врач может контролировать процесс реабилитации. При использовании данного устройства больной может давать оптимальную нагрузку на оперированную конечность до полного сращения перелома, что даёт возможность сохранить стереотип ходьбы, снизить риск повреждения фиксатора, а также позволяет оптимизировать остеогенез в зоне перелома.

Ефективність лікування хворих із переломами гомілки після внутрішньокісткового блокованого остеосинтезу з застосуванням дозатора навантаження

Ю. В. Сухін, Ю. Ю. Павличко, П. В. Данилов

Мета роботи – оцінювання ефективності пристрою для визначення величини навантаження на нижню кінцівку в післяопераційному періоді у хворих із переломами кісток гомілки.

Матеріали та методи. Розроблено та застосовано пристрій, котрий дає можливість у реальному часі визначати величину навантаження на нижню кінцівку, а також сигналізувати про надмірне або слабке навантаження. Сенсорний блок з устійкою та датчиком розташовується у взутті під п'ятою пацієнта, а основний блок кріпиться на гомілку за допомогою ремня. У реальному часі реєструється поточне значення навантаження на ногу. Дані записувались в енергонезалежну пам'ять. Система дає можливість повідомити пацієнта або лікаря електронним листом про наявність сильного чи слабого навантаження на нижню кінцівку, а також відсутність навантаження протягом тривалого періоду.

Результати. Застосовувався дозатор навантаження у 38 хворих із переломами кісток гомілки, які перебували на стаціонарному лікуванні в центрі травматології та ортопедії м. Одеси в період від 1,5 до 12 місяців. До основної групи ввійшли хворі, яким застосовувався в реабілітаційному періоді дозатор навантаження на нижню кінцівку (поперечний перелом діафіза кісток гомілки – 9 хворих, косий перелом – 11 хворих). Контрольну групу становили пацієнти без застосування дозатора навантаження (10 пацієнтів із косим переломом середньої третини кісток гомілки, 8 хворих із поперечним переломом обох кісток гомілки в середній третині). Застосування пристрою скоротило термін зрощення переломів на два тижні та дало змогу уникнути такого ускладнення як контрактура суглоба й незрощення перелома.

Висновки. Пристрій дає можливість пацієнтам із травмами нижніх кінцівок дотримуватись оптимального навантаження в період реабілітації, уникаючи надмірного та слабого навантаження на нижню кінцівку. Розробка забезпечує визначення статистики навантаження та передачу її на сервер, завдяки чому лікар може контролювати процес реабілітації. Під час використання пристрою хворий може давати оптимальне навантаження на оперовану кінцівку до повного зрощення перелома, що зберігає стереотип ходьби, знижує ризик пошкодження фіксатора, а також оптимізує остеогенез у зоні перелома.

Ключевые слова: переломы костей голени, послеоперационный период, реабилитация.

Патология. – 2017. – Т. 14, № 2(40). – С. 193–196

DOI: 10.14739/2310-1237.2017.2.109212

E-mail: yura.pavlychko@ukr.net

Ключові слова: переломи кісток гомілки, післяопераційний період, реабілітація.

Патологія. – 2017. – Т. 14, № 2(40). – С. 193–196

Key words:

shin bone fractures, postoperative period, rehabilitation.

Pathologia

2017; 14 (2), 193–196

Treatment efficiency of patients with shin fracture after intrasosseous blocked osteosynthesis by using the load dispenser

Yu. V. Sukhin, Yu. Yu. Pavlychko, P. V. Danilov

The purpose of research: evaluation of the effectiveness of the device for determining the value of the load on the lower extremity while walking in real time with controlling and signalization of excessive and insufficient load.**Materials and methods.** Elaborated and applied device, that allows to determine the load magnitude on the lower extremity in real time, and also to signal about excessive or weak load. The sensory block with the insole and the sensor is located in shoes, under patient's heel, and the main block is fixed on the shin with the help of the strap. Current value of the load on the leg is registered in real time. Received data is recorded in non-volatile memory. The system provides an opportunity to notify patient or doctor by email about the presence of a strong or weak load on the lower extremity, and also about the absence of load for a long period.**Results.** We used the loading batcher in 38 patients with the shin bones fractures, who were on inpatient treatment at the traumatology and orthopedics center in Odessa in the period from 1.5 to 12 months. The main group included patients, who used the load batcher on the lower extremity in rehabilitation period (transversal fracture of the shin bones diaphysis – 9 patients, oblique fracture – 11 patients). The control group consisted of patients, who didn't use the load batcher (10 patients with oblique fracture of the shin bones in the middle third, 8 patients with transversal fracture of both shin bones in the middle third). As a result of applying the device we succeeded to reduce the fracture fusion period for two weeks and avoid such complications as contracture of joint and fracture non-union.**Conclusions.** The device allows patients with traumatic consequences reaching the optimal load in rehabilitation period, avoiding excessive load on the lower extremity.

The elaboration provides an opportunity to determine the statistics of the load and its transfer to the server, due to that physician can control the rehabilitation process. Applying this device patient can optimally load operated extremity until complete fracture fusion, it provides an opportunity to preserve the walking stereotype, to reduce the risk of the clamp damage and also optimizes osteogenesis in the fracture zone.

Для создания оптимальных условий сращения перелома требуется не только точность репозиции отломков, стабильная фиксация, малотравматичность техники операции, но и дозированная нагрузка на конечность в послеоперационном периоде [1]. По данным научной литературы, оптимальной считается нагрузка 20–30 % от массы тела больного [2,3]. Избыточная нагрузка может привести к повреждению фиксатора и повторному смещению костных отломков, а недостаточная не будет способствовать адекватному остеогенезу [4,5].

При этом важно, чтобы контроль нагрузки был постоянным. Для пациента крайне сложно определить нагрузку на нижнюю конечность в период реабилитации. Иногда для этого используют бытовые весы, а потом «запоминают» усилие, соответствующее необходимой нагрузке, которое стараются выдерживать во время ходьбы. Такой метод крайне неточен, и мало кто из пациентов им пользуется ввиду сложности определения нагрузки при каждом шаге.

Цель работы

Оценка эффективности устройства для определения величины нагрузки на нижнюю конечность в послеоперационном периоде у больных с переломами костей голени.

Материалы и методы исследования

Для решения этой проблемы разработано и запатентовано [Патент на полезную модель № 100049 от

10.07.2015 (устройство для определения нагрузки на ногу)] прибор, который позволяет в реальном времени определять величину нагрузки на нижнюю конечность, а также сигнализировать о чрезмерной или слабой нагрузке [6].

Анализ лечения больных после интрамедуллярного остеосинтеза блокированным стержнем с применением разработанного устройства проведён нами у 38 человек, которые находились на стационарном лечении в центре травматологии и ортопедии г. Одессы в период от 1,5 до 12 месяцев. Пациентов мужского пола было 28, женского – 10. Возраст больных составлял от 35 до 49 лет.

В основную группу (20 больных) вошли пациенты, которым применялся в реабилитационном периоде дозатор нагрузки на нижнюю конечность. В основной группе поперечный перелом диафиза костей голени отмечали у 9 больных, косой перелом – у 11 больных.

Группу сравнения составили пациенты (18 больных) без применения дозатора нагрузки: 10 пациентов – с косым переломом средней трети костей голени, 8 больных – с поперечным переломом обеих костей голени в средней трети (табл. 1).

Сроки сращения поперечного и косого переломов костей голени у больных основной группы и группы сравнения определяли в сроки от 16 до 20 недель по данным рентгенологического исследования.

Статистическую обработку результатов проводили на персональном компьютере в программе Statistica 6.1 (серийный номер BXXR502C631824NET3). Закон распределения отличался от нормального, поэтому вычисляли медиану и интерквартильный интервал количества недель в реабилитационный период. Достоверность отличий сравниваемых величин определяли с применением непараметрического метода для сравнения выборок разного объёма – критерия

Таблица 1. Распределение больных по виду перелома костей голени

Вид перелома костей голени согласно классификации АО	Основная группа	Группа сравнения
Поперечный перелом костей голени (2А)	9	8
Косой перелом костей голени (2А)	11	10

Манна–Уитни (Z). Результаты считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Разработанное устройство состоит из электронной платы, на которой расположен микропроцессор с программным обеспечением и энергонезависимой памятью для сохранения статистики, модуль Wi-Fi для передачи статистики на сервер и программирования параметров, вибромотор и пьезоизлучатель для сигнализации о чрезмерной или слабой нагрузке, контроллер заряда аккумулятора, аккумулятор, универсальный порт для подключения датчика веса, подзарядки аккумулятора и программирования параметров устройства. Измерительный модуль состоит из стельки и сенсора веса. Программирование параметров устройства производится с помощью блока программирования. Подзарядка аккумулятора производится при помощи блока питания (рис. 1).

Устройство реализуется следующим образом: сенсорный блок со стелькой и датчиком располагается в обуви под пяткой пациента, а основной блок крепится на голень при помощи ремня (рис. 2).

После включения устройства в программу микроконтроллера загружается значение веса пациента. После этого в реальном времени регистрируется текущее значение нагрузки на ногу. Если текущее значение превышает заданное значение в 20 % от веса пациента, то срабатывает устройство звуковой сигнализации для оповещения пациента о чрезмерной нагрузке на ногу. Если значение веса с датчика близко к критическому значению, но меньше его, то устройство начинает вибрировать для оповещения пациента о приближении к критической нагрузке. Полученные данные записываются в энергонезависимую память. Устройство позволяет сохранять и передавать на сервер статистику ходьбы пациента для контроля реабилитации врачом.

В случае введения больным при настройке параметров своей домашней Wi-Fi сети, после каждого сеанса реабилитации устройство будет отсылать статистику на сервер. На сервере в любой момент пациент или его лечащий врач могут посмотреть статистику нагрузки на ногу. В случае сильной или слабой нагрузки на нижнюю конечность, а также полного отсутствия нагрузки продолжительный период система уведомит об этом пациента или врача электронным письмом. Данные с сервера могут использоваться для принятия решения об изменении методики реабилитации.

Больным с косым переломом средней трети голени разрешалась дозированная нагрузка на конечность через 6 недель со дня операции, а при поперечном переломе – с 1–3 дня после операции в зависимости от интенсивности болевого синдрома. Нагрузка составляла до 20 % от общего веса больного. А через 8 недель со дня операции нагрузку на конечность увеличивали до 30 %.

Приводим данные для сравнения сроков сращения поперечного и косого перелома костей голени у больных основной группы и группы сравнения (табл. 2).

В результате проведенного исследования были получены следующие результаты: применение доза-

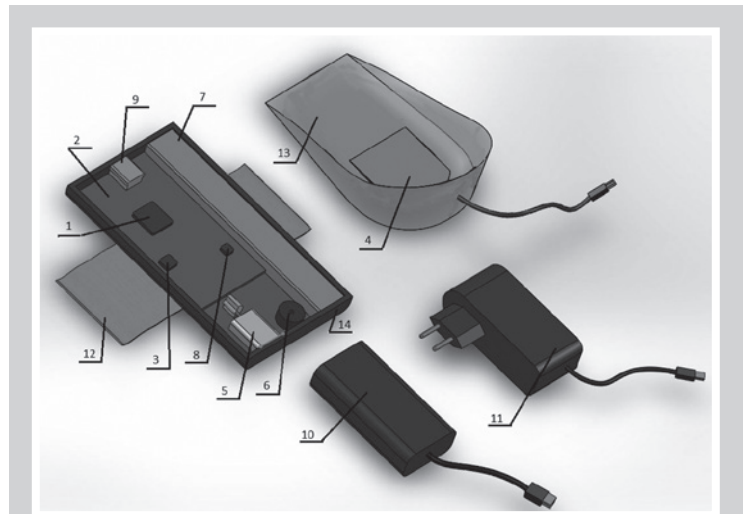


Рис. 1. Устройство для определения нагрузки на нижнюю конечность.

1: микропроцессор; 2: электронная плата; 3: модуль Wi-Fi; 4: датчик веса; 5: вибромотор; 6: пьезоизлучатель; 7: аккумулятор; 8: контроллер зарядки аккумулятора; 9: универсальный порт; 10: блок программирования; 11: блок питания; 12: элемент крепления; 13: стелька; 14: корпус.



Рис. 2. Расположение датчика веса и крепление основного блока.

тора нагрузки положительно отразилось на состоянии больных основной группы. Период реабилитации у больных с поперечным переломом уменьшился в среднем на две недели: 15 недель – у основной и до 17 – у контрольной группы соответственно. Вышеизложенная закономерность была подтверждена и статистически, с использованием непараметрического метода – критерия Манна–Уитни ($Z = 3,75$), с высоким уровнем достоверности ($p < 0,001$). У больных с косым переломом мы также наблюдали уменьшение времени реабилитации, но оно было не таким явным, как у больных с поперечным переломом: 19 у основной и 19,7 недели – у контрольной группы.

Используя разработанное устройство дозированной нагрузки и ранней разработки движений в суставах, удалось избежать такого осложнения, как контрактура сустава и несращение перелома.

Таблица 2. Сравнение сроков реабилитации больных с применением и без применения дозатора нагрузки

Данные	Группы	Поперечный перелом костей голени (2А)		Косой перелом костей голени (2А)	
		основная группа	контрольная группа	основная группа	контрольная группа
Количество больных по характеру повреждения согласно классификации АО		9	8	11	10
Медиана		15,00	17,00	19,00	19,70
Интерквартильный интервал		(14,50; 16,00)	(16,75; 17,75)	(18,00; 20,00)	(18,00; 20,50)
Значение критерия Манна–Уитни		Z = 3,75		Z = 1,29	
Достоверность		p < 0,001		p < 0,2	

Выводы

1. Разработанное устройство позволяет пациентам с травмами нижних конечностей придерживаться оптимальной нагрузки в период реабилитации, избегая чрезмерной и слабой нагрузки на нижнюю конечность. Устройство ведёт статистику нагрузки и передаёт её на сервер, благодаря чему лечащий врач может контролировать процесс реабилитации.

2. Устройство гарантирует оптимальную нагрузку на оперированную конечность до полного сращения перелома, даёт возможность сохранить стереотип ходьбы, снижает риск повреждения фиксатора, позволяет оптимизировать остеогенез в зоне перелома, что способствует сокращению сроков сращения перелома и сроков реабилитации на 2 недели.

Список литературы

- [1] Об устройствах для мониторинга нагрузки при лечении диафизарных переломов голени / Г. Н. Колесников, Р. И. Мельцер, А. А. Тихомиров, Ю. А. Изотов // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – №9–11. – С. 2381–2385.
- [2] Ошибки и пути профилактики их последствий при лечении переломов костей голени / Д. В. Павлов, А. В. Воробьев, А. В. Алейников, А. Е. Новиков // *Казанский медицинский журнал*. – 2009. – Т. 90. – №6. – С. 857–861.
- [3] Коджевский П. Регенерация кости и стимуляция остеогенеза / П. Коджевский М. Шади // *Журнал клинической и экспериментальной ортопедии им. Г. А. Илизарова*. – 2016. – №1. – С. 12–17.
- [4] Анализ результатов лечения больных с диафизарными переломами костей голени при использовании комбинированного остеосинтеза / М. С. Эдиев, В. П. Морозов, В. Н. Белоногов и др. // *Гений ортопедии*. – 2013. – №4. – С. 10–14.
- [5] Експериментальне дослідження міцності первинної стабілізації кісткових фрагментів при використанні інтрамедулярних фіксаторів різного типу [Електронний ресурс] / С. О. Хмизов, А. В. Пашенко, О. А. Тяжелов та ін. // *Травма*. – 2016. – Т. 17. – №5. – Режим доступу: <http://www.mif-ua.com/archive/article/43830>
- [6] Патент №100049 UA МПК (2015.01) А61F 5/00. Пристрій для визначення навантаження на ногу / Ю. В. Сухин, П. В. Данилов, А. Ю. Сухин, І. В. Малишев; заявник та патентовласник Одеський державний медичний університет. – U2014 13322; заявл. 12.12.2014; опубл. 10.07.2015 // *Бюлетень* №13.

References

- [1] Kolesnikov, G. N., Meltser, R. I., Tihomirov, A. A., & Izotov, Yu. A., (2014). Ob ustrojstvakh dlya monitoringa nagruzki pri lechenii diafizarnykh perelomov goleni [About devices for load monitoring in the treatment of diaphyseal fractures of the tibia]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 9–11 2381–2385. [in Russian].
- [2] Pavlov, D. V., Vorobyov, A. V., Aleinikov, A. V., & Novikov, A. E. (2009). Oshibki i puti profilaktiki ikh posledstviy pri lechenii perelomov kostey goleni [The errors and ways of preventing their consequences in the treatment of shin bone fractures]. *Kazanskij medicinskij zhurnal*, 90(6), 857–861. [in Russian].
- [3] Kodzhevskij, P., & Shadi, M. (2016). Regeneraciya kosti i stimulyaciya osteogeneza [Regeneration of bone and stimulation of osteogenesis]. *Zhurnal klinicheskoy i e'ksperimental'noj ortopedii im H.A. Ilizarova*, 1, 12–17 [in Russian].
- [4] Ediev, M. S., Morozov, V. P., Belonogov, V. N., Kuvshinkin, A. A., & Balaiian, V. D. (2013). Analiz rezul'tatov lecheniya bol'nykh s diafizarnymi perelomami kostey goleni pri ispol'zovanii kombinirovannogo osteosin-

teza [Analysis of the results of treating patients with shaft fractures of leg bones using combined osteosynthesis]. *Genij ortopedii*, 4, 10–14. [in Russian].

- [5] Khmyzov, S. O., Pashenko, A. V., Tiazhelov, O. A., Karpinskiy, M. Yu., Karpinska, O. D., & Subbota, I. A. (2016) Eksperymentalne doslidzhennia mitsnosti pervynnoi stabilizatsii kistkovykh frahmentiv pry vykorystanni intrameduliarnykh fiksatoriv riznogo typu [Experimental study of the strength of the primary stabilizing bone fragments using various types of clamps intramedullary]. *Травма*, 17(5). Retrived from <http://www.mif-ua.com/archive/article/43830> [in Ukrainian].
- [6] Sukhin, Yu. V., Danilov, P. V., Sukhin, A. Yu., & Malyshev, I. V. (2015) (patentee) Pat. UA nomer 100049 IPC (2015.01) A61F 5/00. Patent №100049 UA МПК (2015.01) А61F 5/00. Prystrii dlia vyznachennia navantazhennia na nohu [Patent №100049 UA МПК (2015.01) А61F 5/00. Device for measuring loading on the leg]. *Biuletен*, 13. [in Ukrainian].

Сведения об авторах:

Сухин Ю. В., д-р мед. наук, профессор, зав. каф. травматологии и ортопедии, Одесский национальный медицинский университет, Украина.

Павлычко Ю. Ю., канд. мед. наук, доцент каф. травматологии и ортопедии, Одесский национальный медицинский университет, Украина.

Данилов П. В., инженер медицинского оборудования, Одесский национальный медицинский университет, Украина.

Відомості про авторів:

Сухин Ю. В., д-р мед. наук, професор, зав. каф. травматології та ортопедії, Одеський національний медичний університет, Україна.

Павлычко Ю. Ю., канд. мед. наук, доцент каф. травматології та ортопедії, Одеський національний медичний університет, Україна.

Данилов П. В., інженер медичного обладнання, Одеський національний медичний університет, Україна.

Information about authors:

Sukhin Yu. V., MD, PhD, DSc, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Odesa National Medical University, Ukraine.

Pavlychko Yu. Yu., MD, PhD, Associate Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, Odesa National Medical University, Ukraine.

Danilov P. V., Engineer of Medical Equipment, Odesa National Medical University, Ukraine.

Конфликт интересов: отсутствует.

Conflicts of Interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшло до редакції / Received: 28.03.2017

Після доопрацювання / Revised: 17.05.2017

Прийнято до друку / Accepted: 24.05.2017