

Предпочтения пациентов: использование костыля под колено по сравнению с обычными подмышечными костылями у пациентов с травмами стопы и голеностопного сустава

Foot & Ankle International
2019, Vol. 40 (10) 1203-
1208

© Автор (авторы) 2019

Правила повторного
использования статьи:
sagepub.com/journals-permissions

Идентификатор цифрового
объекта:

DOI 10.1177/1071100719862743
journals.sagepub.com/home/fai

Kevin D. Martin, DO¹, Alicia M. Unangst, DO², Jeannie Huh, MD³, and
Jamie Chisholm, MBA²

Кевин Д. Мартин, доктор остеопатии¹, Алисия М. Унангст, доктор
остеопатии², Джинни Хью, доктор медицины³ и Джейми Чисхолм,
магистр бизнес-администрирования²

Аннотация

Предпосылки: Вследствие ограничений на весовую нагрузку после операций на стопе и голеностопном суставе необходимо использование соответствующих вспомогательных средств, обеспечивающих передвижение во время восстановительного периода. Большое значение имеет выбор подходящего вспомогательного средства, которое обеспечивает безопасную оптимизацию подвижности пациента и его участие в повседневной деятельности. Цель данного исследования состояла в том, чтобы сравнить физиологическую необходимость, восприятие нагрузки и предпочтения пациента при использовании костыля под колено «свободные руки» (КПК) и стандартного подмышечного костыля (СПК) у пациентов с травмами стопы и голеностопного сустава.

Методы: В данном проспективном рандомизированном перекрестном исследовании приняли участие 44 пациента с травмами стопы и голеностопного сустава, которые еще не прошли операцию. Средний возраст пациентов составил 32 (19-51) года. Выборка состояла из 35 мужчин и 9 женщин. Средний индекс массы тела (ИМТ) составил 26 (19-36), средний рост - 1,7 м, а средний вес - 82 кг. Данные и частота сердечных сокращений перед нагрузкой регистрировались для всех пациентов, которые затем были рандомизированы в группы с использованием КПК или СПК. С помощью генератора случайных чисел всем пациентам было назначено вспомогательное средство, которое они должны были использовать. После того, как показатели жизненно важных функций составляли в пределах 10% от базовой частоты сердечных сокращений, пациенты переходили на использование другого вспомогательного средства. Каждый пациент прошел 6-минутный тест с ходьбой (6МТХ) с попеременным использованием обоих вспомогательных средств. Сразу после каждого 6МТХ рассчитывались значения частоты сердечных сокращений (ЧСС), скорости ходьбы, показатель по шкале индивидуального восприятия нагрузки OMNI (OMNI-RPE) и показатель одышки с использованием модифицированной шкалы одышки Борга. После завершения 6МТХ пациенты рассказали, какое вспомогательное средство они предпочитали.

Результаты: 86% пациентов отдали предпочтение КПК. В процессе сравнения КПК и СПК, у пациентов, использовавших КПК, были зарегистрированы значительно более низкие оценки одышки (2,8 по сравнению с 5,3; $P < 0,001$), показатели утомляемости (2,4 по сравнению с 5,5; $P < 0,001$), средняя частота сердечных сокращений перед нагрузкой и после нагрузки (28 по сравнению с 46 сокращениями в минуту; $P < 0,001$), а также средняя частота сердечных сокращений после нагрузки (107 по сравнению с 122 сокращениями в минуту; $P < 0,001$). В группе СПК наблюдалась тенденция к увеличению ВСХ (0,8 по сравнению с 0,77 м/с; $P = 0,08$). Пациенты с ИМТ выше 25 также предпочитали iWALK, а не СПК ($P < 0,05$). Ни в одной группе не было зарегистрировано падений. Шестьдесят восемь процентов пациентов жаловались на боль в подмышечной впадине/кисти при использовании СПК, в то время как 7% жаловались на дискомфорт в области проксимального ножного ремня при использовании КПК.

Заключение: Результаты настоящего исследования, проведенного в относительно здоровой группе, показали, что пациенты с травмами стопы и голеностопного сустава, имеющие ограничения на весовую нагрузку, предпочитали КПК, а не СПК. Они испытывали меньшую нагрузку и дискомфорт, а также ощущали меньшее напряжение при использовании КПК по сравнению с СПК.

Уровень доказательности: уровень II, проспективное сравнительное исследование.

Ключевые слова: вспомогательные средства, iWALK, костыли, утомляемость, костыль «свободные руки», 6-минутный тест с ходьбой, индивидуальное восприятие нагрузки

¹Военный общественный госпиталь «Эванс» (Evans Army Community Hospital), г. Колорадо-Спрингс, Колорадо, США

²Военный госпиталь «Трайплер» (Tripler Army Medical Center), г. Гонолулу, Гавайи, США

³Военный госпиталь им. Дуайта Д. Эйзенхауэра (Dwight D. Eisenhower Army Medical Center), г. Ораста, Джорджия

Автор, отвечающий за переписку:

Алисия М. Унангст, доктор остеопатии, Армия Соединённых Штатов (США), Медицинский центр «Трайплер», 480, Мананаи, РИ #12Е, Гонолулу, Гавайи, 96818, США. Электронная почта: amunangst23@gmail.com



Рисунок 1. Пример использования костыля под колено iWALK вместе с ортезом или гипсовой лангетой

После операции или травмы нижних конечностей пациентам часто требуется использование амбулаторных вспомогательных средств для обеспечения мобильности и повседневной деятельности. Стандартные подмышечные костыли (СПК), ходунки, трости, ходунки на колесах и инвалидные коляски являются вспомогательными приспособлениями, которые назначаются пациентам во время восстановительного периода при ограничениях на весовую нагрузку, а также для контроля частичной весовой нагрузки.

По оценкам специалистов, 2,9 миллиона американцев нуждались в подобных вспомогательных средствах.^{7,27} Было показано, что пациенты не всегда соблюдают предписанные ограничения на весовую нагрузку.¹⁶ Выбор подходящего вспомогательного средства является многофакторным и индивидуальным процессом, который должен обеспечить соблюдение пациентом режима и оптимизировать его мобильность и безопасность.^{3,4} Факторы, которые следует учитывать, включают требования к передвижению, ограничения весовой нагрузки, сопутствующую инвалидность верхних и/или нижних конечностей, когнитивные функции, баланс, уровень физической подготовки и предпочтения пациента.⁸ СПК – это наиболее часто назначаемые амбулаторные вспомогательные средства, однако они могут быть неудобными и сложными в использовании. Кроме того, при использовании СПК наблюдаются значительные энергетические затраты по сравнению с обычной ходьбой и применением стандартных ходунков (они также были связаны с травмой).^{13,17,18,22}

Поскольку технологии и вспомогательные средства постоянно совершенствуются, поставщики медицинских услуг имеют возможность назначать альтернативные приспособления, которые обеспечивают соблюдение пациентами требований, более высокий уровень удовлетворенности и более быстрое возвращение к работе. В последнее время в качестве такого альтернативного приспособления стал популярным костыль под колено «свободные руки» (КПК) (iWALKFree, г. Лонг Бич, Калифорния, США) (Рисунок 1). Такой костыль обеспечивает больший комфорт, стабильность и мобильность по сравнению

с СПК. Понимание этих факторов может помочь медицинским работникам в выборе подходящего амбулаторного средства, подходящего для конкретного пациента. Теоретически, КПК также снижает риск сосудисто-нервных повреждений верхних конечностей по сравнению с обычными костылями. Тем не менее, ни в одном исследовании не сравнивалось непосредственно использование СПК и КПК у пациентов с травмами стопы и голеностопного сустава с точки зрения физиологических затрат, функциональности, риска падения и общей удовлетворенности пациента. Понимание этих факторов

Методы

Было проведено проспективное рандомизированное перекрестное контролируемое исследование, в котором сравнивались физиологические потребности 44 пациентов, перенесших операцию на стопе и голеностопном суставе, индивидуальное восприятие нагрузки и предпочтения при использовании СПК и КПК (iWALKFree). Был выполнен анализ параметров в сочетании с обобщенной оценкой параметров с использованием аналогичных работ, так как не было известно о предыдущих исследованиях, в которых сравнивались бы оба устройства. Объектами исследования были еще не прошедшие операцию пациенты одной ортопедической клиники с травмами стопы и голеностопного сустава в возрасте от 18 до 65 лет. Пациенты находились на амбулаторном лечении, причем на протяжении следующих 4 недель они имели ограничения весовой нагрузки. Пациенты исключались из исследования, если у них наблюдалось симптоматическое сердечно-сосудистое или респираторное заболевание, контралатеральное повреждение или ограничение нервно-мышечных функций и неспособность выполнять функциональные тесты. Средний возраст испытуемых (35 мужчин и 9 женщин в возрасте от 19 до 51 лет) составлял 32 года. Средний индекс массы тела (ИМТ) составлял 26,68, средний рост - 1,75 метра, а средний вес - 82,3 кг.

Все пациенты прошли предоперационную функциональную оценку, в ходе которой была собрана демографическая информация, включающая возраст, пол, рост, вес и ИМТ. Все оценки проводились одним клиническим ортопедическим хирургом, специализирующимся на лечении травм стопы и голеностопного сустава и вспомогательным техником в клинических условиях на высоте примерно 1700 м над уровнем моря. С помощью генератора случайных чисел (приложение на смартфоне) пациенты были рандомизированы в две разные группы: группа А начинала с использования СПК, а группа В - с КПК. Пациенты, получившие травму и носящие шину или специальный фиксирующий ботинок, прошли тестирование на выбор соответствующего вспомогательного средства. Все остальные пациенты, проходившие плановые процедуры при хронических заболеваниях, носили фиксирующий ботинок на больной ноге для воспроизведения послеоперационных состояний. Каждое вспомогательное средство оценивалось главным исследователем до начала тестирования для обеспечения согласованности. Перед тестированием все пациенты были проинструктированы по использованию каждого вспомогательного средства и обеспечения соответствующей механики, после чего они получили возможность опробовать вспомогательное средство. Все тесты проводились за одно посещение.

Тестирование

С помощью генератора случайных чисел каждому пациенту было назначено определенное вспомогательное средство, которое он будет использовать в первую очередь.

Пациенты переходили на использование другого средства после того, как показатели жизненно важных функций составляли в пределах 10% от исходного уровня. Оба амбулаторных вспомогательных средства были протестированы с использованием модифицированной версии руководящих принципов Американского торакального общества для 6-минутного теста с ходьбой (6MTX).² В процессе 6MTX измеряется расстояние, которое пациент проходит за 6 минут. Ранее было показано, что этот тест отражает выносливость и функциональную способность⁶ пациента и позволяет отличить правильность ампутации нижних конечностей^{10,12,22}, выступая в роли стандарта для субмаксимального функционального теста. Благодаря своей доказанной согласованности тест 6MTX также используется для оценки правильности лечения сердечных и легочных систем.⁶ Показатели жизненно важных функций, восприятие нагрузки и одышка по шкале от 0 до 10 (0 – отсутствие одышки, 10 – очень сильная одышка), были получены на исходном уровне до и сразу после каждого теста 6MTX. Испытание проводилось в прямом, редко используемом коридоре, который позволял пройти 30 метров по прямой. Начальная точка, промежуточная точка и конец пути были отмечены синей лентой. Пациенты отдыхали между тестами до тех пор, пока их сердечный ритм не возвращался в устойчивое состояние в пределах 10% от первоначального сердечного ритма в состоянии покоя.

Через 6 минут записывалось расстояние, после чего рассчитывалась выбранная скорость ходьбы (BCX) в метрах в секунду. BCX рассчитывалась ранее для того, чтобы оценить риск падения и функциональный уровень повседневной деятельности. Этот показатель использовался в качестве стандарта, по которому сравнивались показатели разных пациентов.^{11,20} Сразу после завершения теста пациенты проходили оценку индивидуального восприятия нагрузки OMNI (OMIN- RPE). Рабочий лист OMIN-RPE представляет собой анкету с изображениями и цифрами, с помощью которых оценивается утомляемость пациента. Пациентов попросили выбрать число от 0 до 10, где ноль – это отсутствие утомляемости, а 10 – очень сильная утомляемость. Исследователь обратил внимание пациентов на то, что в анкете отсутствовали правильные или неправильные ответы и попросил их с помощью изображений и цифр дать оценку их ощущений (Рисунок 2). Индивидуальное восприятие нагрузки имеет первостепенное значение при выборе вспомогательного средства²⁵, поскольку оно коррелирует с физиологической нагрузкой.^{13,14} После завершения испытаний участников спрашивали, какое вспомогательное средство они предпочли бы использовать после операции. Пациенты также должны были рассказать, почему они не стали бы использовать другое вспомогательное средство.

Статистический анализ

Описательная статистика (средние значения) применялась для всех переменных. Сравнивались средние показатели КПК и СПК (артериальное давление (до и после), изменение и ухудшение артериального давления, частота сердечных сокращений (до и после), утомляемость, одышка, расстояние, падения). Пациенты также были сгруппированы по показателям артериального давления (повышенное АД, высокий уровень 1+, нормальное), полу, сильной одышке (оценка более 5) и оценке утомляемости (более 5 баллов). Повышенное артериальное давление определяли с использованием таблицы артериального давления,

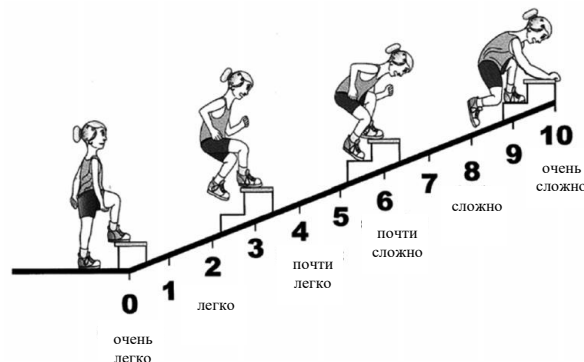


Рисунок 2. Шкала индивидуального восприятия нагрузки (OMIN- RPE) для взрослых

опубликованной клиникой Майо (<https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/high-blood-pressure/in-depth/blood-pressure/art-20050982>, май 2018 г.). Степень ожирения определяли с использованием классификации Национальных институтов здравоохранения (https://www.nhlbi.nih.gov/health/educational/lose_wt/BMI/bmi_d.html).

Для определения разницы между группами использовался регрессионный анализ (Microsoft Excel, Редмонд, Вашингтон). Переменные предпочтения, утомляемости от КПК, утомляемости от СПК, одышки от КПК и одышки от СПК были проанализированы по возрасту, полу, росту, весу и ИМТ. Также анализировались предпочтения пациентов с учетом наличия острой травмы. Регрессионный анализ (Microsoft Excel) использовался для того, чтобы проверить прогнозируемость выбора пациентом КПК или СПК в зависимости от таких факторов, как пол, рост, вес и ИМТ. Парные t-тесты использовались для сравнения различий в систолическом и диастолическом давлении крови до и после использования КПК по сравнению с СПК, соответственно. t-тесты Стьюдента были выполнены отдельно для оценки одышки и утомляемости, пройденного расстояния (в метрах) и частоты сердечных сокращений.

Результаты

Не было найдено корреляций по возрасту, полу или ИМТ. Однако пациенты с ИМТ >25 предпочитали КПК, а не СПК ($P < 0,05$). До использования КПК у 10 пациентов было зарегистрировано нормальное артериальное давление, а у 7 пациентов нормальное артериальное давление было зарегистрировано до применения СПК. У 34 пациентов было зарегистрировано аномальное (от повышенного до высокого) кровяное давление до использования КПК по сравнению с 37 пациентами с аномальным (от повышенного до высокого) до использования СПК. После использования КПК у 16 пациентов наблюдалось изменение артериального давления, у 15 – ухудшение артериального давления и у 1 – улучшение артериального давления. После применения СПК у 17 пациентов наблюдалось изменение артериального давления, у 14 пациентов – ухудшение артериального давления и у 3 пациентов – улучшение артериального давления. Частота сердечных сокращений в обеих группах была сопоставима со средним значением 79 ударов в минуту и 76 ударов в минуту для КПК и СПК соответственно.

Таблица 1. Предпочтения, высокая утомляемость, высокая одышка и связанная боль

	КПК % (абсолютные значения)	СПК % (абсолютные значения)
Предпочтение	86 (38)	14 (6)
5+ утомляемость	14 (6)	61 (27)
5+ одышка	11 (5)	57 (25)
Связанная боль	7 (3)	68 (30)

Сокращения: КПК – костыль по колено «свободные руки», СПК – стандартный подмышечный костыль

После использования СПК частота сердечных сокращений была выше, чем в группе с КПК, причем разница до и после использования СПК была больше, чем до и после использования КПК. Одышка или утомляемость как для КПК, так и для СПК существенно не отличались в зависимости от возраста, пола, ИМТ или роста или веса пациента. Наблюдалась разница в оценке одышки при использовании КПК и СПК (средние значения 2,8 и 5,3 соответственно).

У тридцати одного из 44 пациентов была отмечена высокая оценка (> 5) одышки после использования СПК, чем при использовании КПК. Наблюдалась разница в оценке утомляемости при использовании КПК и СПК (в среднем 2,4 и 5,5 соответственно). У двадцати семи из 44 пациентов была отмечена оценка утомляемости 5 или выше при использовании СПК по сравнению с 6 пациентами с оценкой утомляемости > 5 при использовании КПК.

Были обнаружены значительные различия в показателях одышки, утомляемости и частоты сердечных сокращений по использованию КПК и СПК ($P < 0,05$, $P < 0,001$, $P < 0,001$, $P = 0,04$, $P < 0,001$ соответственно). Был проведен однофакторный дисперсионный анализ, который подтвердил достоверные значения P для одышки, утомляемости и частоты сердечных сокращений. Применение парного критерия Стьюдента для оценки расстояния не показало значительных различий в значениях и показателях систолического артериального давления до и после использования КПК в сравнении с СПК в процессе теста 6МТХ. Все доверительные интервалы составляли 95%.

Утомляемость и одышка оценивались по шкале от 1 до 5: 1 – отсутствие или очень слабая усталость или одышка, а 5 – сильная усталость или одышка. Оба критерия оценивались и записывались сразу после завершения каждого теста 6МТХ. Затем каждому пациенту был задан вопрос о наличии боли или дискомфорта или жалоб на устройство, после чего были задокументированы сопутствующие боли или жалобы. После завершения обоих тестов 6МТХ испытуемых спросили, какое устройство они предпочитают (Таблица 1).

Таблица 2. Сравнение КПК и СПК

Переменные средние значения	КПК	СПК	Значение P
Одышка	2,8	5,3	<0,001
Утомляемость	2,4	5,5	<0,001
Расстояние	272	299	0,08
Изменение частоты сердечных сокращений (%)	0,24 (30 ударов в минуту)	0,63	<0,001

Сокращения: КПК – костыль по колено «свободные руки»; СПК – стандартный подмышечный костыль

Одышка, усталость и пройденное расстояние оценивались у всех 44 пациентов. Процент изменения сердечного ритма оценивался на основе начального набора жизненно важных функций до показателей жизненно важных функций, зарегистрированных сразу после завершения каждого теста 6МТХ.

Средние значения сравнивались с использованием парных t -тестов, после чего перечислялись их коррелирующие значения P для демонстрации статистической значимости показателей одышки, усталости и процентного изменения частоты сердечных сокращений. Расстояние, пройденное с помощью СПК, не продемонстрировало статистической значимости (Таблица 2).

Обсуждение

В данном проспективном рандомизированном контролируемом перекрестном исследовании сравнивалось применение КПК и СПК у пациентов с ограничениями на весовую нагрузку. Было продемонстрировано, что пациенты предпочитали использовать КПК, так как это вспомогательное средство обеспечивало меньший дискомфорт и меньшую физиологическую усталость. Несколько методов были использованы для оценки физиологической потребности и расхода энергии при использовании вспомогательных средств. В лабораторных условиях мониторинг переносных вспомогательных средств является объективным и точным²⁶, однако в клинических условиях при оценке состояния реальных пациентов такой мониторинг является нецелесообразным. В текущем исследовании мы использовали тесты 6МТХ для воспроизведения физиологических требований к повседневной деятельности.⁶ Тесты 6МТХ использовались для оценки толерантности к физической нагрузке и функциональной способности.⁶ Тест также применялся для расчета выбранной скорости ходьбы и для оценки риска падения и способности к выполнению повседневной деятельности.^{1,6} Физиологическая нагрузка вследствие тестирования позволила пациентам субъективно оценивать воспринимаемую нагрузку и одышку после использования каждого вспомогательного средства. В нашем исследовании мы использовали СПК в качестве отдельного вспомогательного средства, которое непосредственно сравнивалось с КПК. Наши результаты продемонстрировали неопределенные результаты 6МТХ: участники прошли 272 м со скоростью 0,76 м/с при использовании КПК и 299 м со скоростью 0,83 м/с при использовании СПК.

При использовании КПК у участников наблюдалась меньшая физиологическая нагрузка, а частота сердечных сокращений изменилась на 24% (среднее увеличение на 28 ударов в минуту) по сравнению с 63% (среднее увеличение на 46 ударов в минуту) при использовании СПК. Эти результаты коррелировали с субъективной оценкой нагрузки (OMNI) и уровнями усталости 2,8 и 2,4, что было почти вдвое меньше, чем соответствующие уровни при использовании СПК (5,3 и 5,5 соответственно). Эти результаты показывают, что физиологический стресс и индивидуальное восприятие нагрузки в значительной степени влияют на предпочтения и удовлетворенность пациента.

По традиции, практикующие врачи выписывают своим пациентам подмышечные костыли, а затем вторично рассматривают возможность использования других вспомогательных средств, таких как коленные скутеры и ходунки.

Назначение СПК остается стандартом, но эта практика не позволяет учитывать физиологические особенности, возможности и предпочтения пациента. В наш век научно обоснованной клинической практики каждое вспомогательное средство должно отвечать потребностям конкретного пациента. Для обеспечения наилучшей реабилитации должны учитываться когнитивные функции, физическая выносливость, равновесие и координация, среда обитания, острота зрения и сила верхней части тела пациента.^{14,27} КПК был недавно разработан фермером, который искал способ вернуться к работе во время восстановления после травмы нижней конечности. Даже с учетом примитивности первоначальной конструкции он смог вернуться к ручному труду и ежедневным повседневным обязанностям без сильной нагрузки на поврежденную конечность.

КПК обеспечивает снижение нагрузки благодаря чередованию 2 точек опоры в процессе ходьбы. Для этой схемы необходим хороший баланс, поскольку пациент должен координировать движение амбулаторного вспомогательного средства с контралатеральной нижней конечностью.¹⁸ Однако, эта схема уникальна тем, что обеспечивает такой процесс ходьбы, который позволяет обеим нижним конечностям участвовать в формировании усилия и продвижения вперед.^{12,19} Ходьба на КПК позволяет повысить эффективность и одновременно обеспечить маневренность в тесных пространствах без изменения частоты шага. Подобно коленному протезу, КПК обеспечивает проприоцепцию конечной опоры, что повышает устойчивость при ходьбе.^{12,21} Конечная опора также предотвращает защиту от чрезмерной нагрузки и распределяет ее по всей бедренной кости и тазу, что теоретически снижает вероятность возникновения остеопении.²⁴ Остеопения шейки бедра широко распространена среди военнослужащих. В Америке наблюдается очень высокий уровень переломов шейки бедра. Возврат к службе с остеопенией увеличивает риск дальнейших травм наших военнослужащих. Таким образом, снижение этого риска имеет первостепенное значение. Однако следует отметить, что это устройство не допускает частичного или прогрессивного распределения веса на конечность; таким образом, пациенты, которые нуждаются в таком снижении веса из-за травм конечностей, должны будут использовать несколько вспомогательных средств в течение периода реабилитации.

Из-за отсутствия публикаций по КПК мы сравнивали результаты нашего исследования с уже опубликованной литературой по амбулаторным вспомогательным средствам. В текущем исследовании наши пациенты были в состоянии передвигаться со средней скоростью 0,76 м/с, что

свидетельствует о возможности самостоятельного передвижения²¹ и независимого самообслуживания.^{1,5} Для сравнения, в предыдущем исследовании были продемонстрированы значения скорости ходьбы 0,38 м/с (ходунки с колесами) и 0,37 м/с (стандартные ходунки).¹³ В недавнем исследовании 6МТХ анализировались пациенты со схожими демографическими характеристиками, которые использовали ходунки с колесами. Сообщалось о сходных результатах этого исследования, за исключением более высокого показателя скорости ходьбы. Тем не менее, эти результаты являются противоречивыми, так как популяция состояла из здоровых добровольцев, которые использовали доминирующую ногу для передвижения.¹⁵ Несмотря на то, что в нашем исследовании КПК не сравнивался напрямую с коленным скутером, это вспомогательное средство также упомянуть для полноты картины. КПК обеспечивает физиологическую походку, но требует более высокого уровня координации и баланса и, следовательно, может быть не самым лучшим выбором для любого пациента.

Коленный скутер также является альтернативой, которая обеспечивает снижение нагрузки, а также предотвращает воздействие частичной нагрузки на поврежденную конечность. Тем не менее, в коленном скутере имеется сиденье и ручки, что позволяет пациенту сидеть, если это необходимо. Такое устройство может быть лучшим выбором для людей с минимальной выносливостью или плохой координацией, однако исследования коленного скутера по сравнению с нашим устройством не проводились.

СПК могут обеспечивать снижение нагрузки на конечность при помощи различных моделей ходьбы. Для каждой такой модели необходимо одновременное движение обеих костылей с последующим колебанием центра масс¹⁵, при котором руки должны выдерживать вес тела, в 1,14–3,36 раза больший обычного веса тела, а стенка грудной клетки подвергается воздействию до 11% веса тела.²³ Эти физиологические нагрузки на верхнюю конечность коррелируют с нашими выводами о том, что 68% участников сообщили о боли в руке и подмышечной впадине всего за 6 минут субмаксимального усилия. Наши участники также сообщили, что оценки утомляемости при использовании костылей в среднем составляли 5,52, причем 3 участника останавливались до завершения 6 минут, что аналогично коррелирует с данными Waters и соавт.,²⁸ которые сообщали, что ходьба с использованием костыля в течение 10 минут обеспечила пиковые значения максимальной нагрузки на верхнюю конечность. У участников нашего исследования также наблюдалось значительное изменение частоты сердечных сокращений на 63% с ассоциированной ощущаемой одышкой на 5,3 после теста 6МТХ, что напрямую коррелирует с данными у Fisher и Patterson⁹ и Kocher и соавт.,^{15,26} которые обнаружили, что использование костылей приводит к вдвое большему потреблению кислорода и увеличению частоты сердечных сокращений по сравнению с исходным уровнем. Кохер и соавт.¹⁵ исследовали аналогичную группу военнослужащих и сообщили о сходном расстоянии, пройденном во время теста 6МТХ (317/290 м), аналогичной ВСХ (0,9/0,8 м/с) и оценке нагрузки (6,2/5,5), что еще больше повышает согласованность наших результатов и демонстрирует влияние использования костылей на самочувствие молодого активного населения.

Ограничения этого исследования включают разнородность характера травм пациентов (острая травма или хроническая травма), кроме того, для некоторых пациентов было необходимо использование СПК во время исследования. Несмотря на то, что всем пациентам было назначено какое-либо хирургическое вмешательство на стопе и голеностопном суставе, наблюдались значительные различия в показаниях к хирургическому вмешательству, а также во времени проведения операции. Например, у некоторых пациентов имела обширная травма с переломами после приземления с парашютом, а другим была назначена операция вследствие хронических остеохондральных поражений и периодической нестабильности голеностопного сустава. В зависимости от типа травмы менялась доминирующая опорная нога, а также метод иммобилизации. Другое отмеченное ограничение этого исследования заключалось в том, что доминирование ног не оценивалось и не регистрировалось; следовательно, данные и результаты не могут использоваться для определения наличия каких-либо существенных различий на основе этой переменной. У некоторых пациентов использовались громоздкие шины, в то время как другие пациенты с хроническими травмами использовали простые фиксирующие ботинки для воспроизведения послеоперационного лечения. Другим ограничением был текущий опыт пациента в отношении использования каждого устройства; пациенты с недавней травмой использовали СПК в течение нескольких дней или недель до тестирования, причем ни у одного из пациентов не имелся опыта использования КПК.

Все тесты проводились на ровной поверхности и не учитывали реалий неровной местности, с которой сталкиваются пациенты в повседневной жизни. Кроме того, мы признаем, что наша группа пациентов, которая в основном состояла из военнослужащих, как правило, имеющих небольшое количество сопутствующих заболеваний наряду с лучшим чувством баланса и координацией, не отражает неоднородности широких слоев населения, и поэтому следует соблюдать осторожность, применяя результаты исследования для населения в целом.

Заключение

В заключение, это исследование позволило продемонстрировать, что КПК является достойной альтернативой другим вспомогательным средствам у пациентов с травмами стопы и голеностопного сустава. КПК является предпочтительным вспомогательным средством у большинства пациентов, которое обеспечивает низкий уровень индивидуального восприятия нагрузки и физиологической нагрузки по сравнению с СПК в здоровой когорте работающих военнослужащих. Это первое валидационное исследование с использованием КПК. Тем не менее, необходимы дальнейшие исследования, чтобы помочь установить руководящие принципы клинической практики и дать возможность поставщикам назначать вспомогательные средства на основе индивидуальных физиологических потребностей пациента.

Финансирование

Автор (авторы) раскрыли получение следующей финансовой поддержки для исследования, подтверждения авторства и/или публикации этой статьи: Кевин Д. Мартин сообщает о

получении выплат от компании iWALKFree вне рамок представленной работы. Формы Международного комитета редакторов медицинских журналов (ICMJE forms) для всех авторов доступны онлайн.

Открытый идентификатор исследователей

Алисия М. Унангст, доктор остеопатии,
<https://orcid.org/0000-0002-2542-8025>

Список литературы

1. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(8):1575-1581.
2. American Thoracic Society. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. <https://www.thoracic.org/statements/resources/pfet/sixminute.pdf>. Accessed June 28, 2019.
3. Bateni H, Maki BE. Assistive devices for balance and mobility: benefits, demands, and adverse consequences. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(1):134-145.
4. Bradley SM, Hernandez CR. Geriatric assistive devices. *Am Fam Physician.* 2011;84(4):405-411.
5. Brandler TC, Wang C, Oh-Park M, Holtzer R, Verghese J. Depressive symptoms and gait dysfunction in the elderly. *Am J Geriatr Psychiatry.* 2012;20(5):425-432.
6. Enright P. The six-minute walk test. *Respiratory Care.* 2003;48(8):783-785.
7. Erickson W, Lee C, von Schrader S. *2016 Disability Status Report: United States.* Ithaca, NY: Cornell University Yang-Tan Institute on Employment and Disability (YTI); 2016.
8. Faruqi SR, Jaeblo T. Ambulatory assistive devices in orthopaedics: uses and modifications. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18(1):41-50.
9. Fisher SV, Patterson RP. Energy cost of ambulation with crutches. *Arch Phys Med Rehabil.* 1981;62:250-256.
10. Gailey RS, Roach KE, Applegate EB, et al. The amputee mobility predictor: an instrument to assess determinants of the lower-limb amputee's ability to ambulate. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(5):613-627.
11. Gailey RS, Scoville C, Gaunaud IA, et al. Construct validity of Comprehensive High-Level Activity Mobility Predictor (CHAMP) for male service members with traumatic lower-limb loss. *J Rehabil Res Dev.* 2013;50(7):919-930.
12. Goldberg B, Hsu JD. *Atlas of Orthoses and Assistive Devices.* 3rd ed. Philadelphia, PA: Mosby; 1997:557-573.
13. Holder CG, Haskvitz EM, Weltman A. The effects of assistive devices on the oxygen cost, cardiovascular stress, and perception of nonweight-bearing ambulation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18(4):537-542.
14. Hopkins SJ, Toms AD, Brown M, Appleboam A, Knapp KM. Disuse osteopenia following leg fracture in postmenopausal women: implications for hip fracture risk and fracture liaison services. *Radiography.* 2018;24:151-158.
15. Kocher BK, Chalupa RL, Lopez DM, Kirk KL. Comparative study of assisted ambulation wand perceived exertion with the wheeled knee walker and axillary crutches in healthy subjects. *Foot Ankle Int.* 2016;37(11):1232-1237.
16. Kubiak E, Beebe M, North K, et al. Early weight bearing after lower extremity fractures in adults. *J Am Acad Orthop Surg.* 2013;21(12):727-738.
17. McFall B, Arya N, Soong C, Lee B, Hannon R. Crutch induced axillary artery injury. *Ulster Med J.* 2004;73(1): 50-

18. O'Sullivan SB. Perceived exertion. A review. *Phys Ther.* 1984;64(3):343-346.
19. O'Sullivan SB, Schmitz TJ. *Physical Rehabilitation Assessment and Treatment.* 4th ed. Philadelphia, PA: FA Davis Co, 2001;430-431.
20. Perry J, Garrett M, Gronley JK, Mulroy SJ. Classification of walking handicap in the stroke population. *Stroke.* 1995;26(6):982-989.
21. Pinzur MS, Bowker JH. Knee disarticulation. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;(361):23-28.
22. Raikin S, Froimson MI. Bilateral brachial plexus compressive neuropathy (crutch palsy). *J Orthop Trauma.* 1997;11(2):136-138.
23. Rovic JS, Childress DS. Pendular model of paraplegic swing- through crutch ambulation. *J Rehabil Res Dev.* 1988;25:1-16.
24. Rush P, Wong J, Kirsh J, Dvlin M. Osteopenia in patients with above knee amputation. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994;75:112-115.
25. Studenski S, Perera S, Patel K, et al. Gait speed and survival in older adults. *JAMA.* 2011;305(1):50-58.
26. Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, et al. How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *Eur J Prev Cardiol.* 2005;12(2):102-114.
27. Van Hook FW, Demonbreun D, Weiss BD. Ambulatory devices for chronic gait disorders in the elderly. *Am Fam Physician.* 2003;67(8):1717-1724.
28. Waters RL, Campbell J, Perry J. Energy cost of three-point crutch ambulation in fracture patients. *J Orthop Trauma.* 1987;1:170-173.