

# Vacusport

**Ключевые слова:** интервальное низкое давление, устройства низкого давления для нижней части тела, LBNPD, ОДНЧТ

А.К. Орлецкий<sup>1</sup>

Д.О. Тимченко<sup>2</sup>

## **Применение аппаратов интервального низкого давления у спортсменов**

Федеральное государственное учреждение «Центральный институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова Росмедтехнологий»

Москва, ул. Приорова, д. 10

<sup>1</sup> профессор, д.м.н., клиника спортивной и балетной травмы ЦИТО им. Н.Н. Приорова

<sup>2</sup> к.м.н., клиника спортивной и балетной травмы ЦИТО им. Н.Н. Приорова

Ответственный автор – Тимченко Дмитрий Олегович

143420, МО, Красногорский р-он, п. Архангельское, д. 29, кв. 17

e-mail: [d.o.timchenko@mail.ru](mailto:d.o.timchenko@mail.ru)

тел. (7-095) 450-24-72

факс. (7-095) 154-31-39

## **Реферат**

Интервальная вакуумная терапия разработана на основе технологии LBNPD в NASA (low body negative pressure device – устройство низкого давления для нижней части тела). Этот вид лечения используется для лечения сосудистых заболеваний нижних конечностей, для ускорения восстановления спортсменов, уменьшения отека нижних конечностей, лечения целлюлита и по другим показаниям.

В ЦИТО им. Н.Н. Приорова в отделении спортивной и балетной травмы было проведено лечение интервальным давлением с помощью устройства Vacusport 30 пациентам-спортсменам высокой квалификации после артроскопических резекций менисков, передних и задних стабилизирующих операций на коленном суставе.

Все пациенты хорошо переносили процедуры. По сравнению с контрольной группой получено более быстрое уменьшение отека, болевого синдрома при занятиях ЛФК и ускорение рассасывания выпот по данным контрольных УЗИ.

## **Введение**

Интервальная вакуумная терапия разработана на основе технологии LBNPD в NASA (low body negative pressure device – устройство низкого давления для нижней части тела) (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/experimentDisplay.do?id=1973-027A-51>). С помощью LBNPD в сочетании с упражнениями производят восстановление ортостатической толерантности у космонавтов после космических полетов (Watenprugh DE et al., 2007). Также во время полетов LBNPD может оказывать положительный эффект на восстановление барорецепторного рефлекса и тонус вен в нижней части тела (Fortney SM, 1991). В сочетании с медикаментозной терапией LBNPD используется для лечения ортостатической гипотензии у космонавтов (Lathers CM et al., 1994).

## Устройство аппарата



*Рис. 1. Внешний вид аппарата Vacusport (Weyergans).*

Аппарат интервальной вакуумной терапии состоит из цилиндрической камеры, в которую заключаются нижняя часть тела пациента. Пациент лежит на спине, ноги и нижняя часть туловища находятся внутри камеры до уровня подвздошных гребней. На уровне талии диафрагма герметизирует внутреннее пространство, в котором находится нижняя часть тела. С помощью вакуумного насоса внутри камеры создается разрежение. Устройство циклически создает пониженное и атмосферное давление.



*Рис. 2. Аппарат интервальной вакуумной терапии при работе.*

Под воздействием вакуума кровь оттекает из области с относительно высоким давлением (верхняя часть тела вне камеры) в область пониженного давления (нижняя часть тела внутри камеры), тем самым улучшается кровообращение в нижних конечностях. В результате оттока крови к нижним конечностям возникает снижение общего АД. В норме организм компенсирует перераспределение крови путем увеличения ЧСС и с помощью периферической вазоконстрикции. В результате оттока крови к нижним конечностям возникает снижение общего АД.

(<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/experimentDisplay.do?id=1973-027A-51>; Esch BT et al., 2007).

### **Физиологические основы**

Отрицательное давление в нижней части тела (ОДНЧТ) используется для моделирования гравитации и кровотока, изменения преднагрузки и влияния на барорецепторы, также используется для обследования пациентов с сердечной недостаточностью, спортсменов, космонавтов и пожилых (Esch BT et al., 2007).

Применение отрицательного давления в нижней части тела позволяет манипулировать с венозным возвратом, моделируя, таким образом, контролируемую гиповолемию (Nette RW et al., 2003).

Отрицательное давление в нижней части тела используется в качестве обратимой симуляции кровопотери, модели ортостатического стресса, т.к. многие изменения нейро-сосудистой физиологии напоминают изменения при вертикальном и наклонном положении тела. И то и другое сравнительно разгружают кардиопульмональные и артериальные барорецепторы. Однако имеются различия в местных сосудистых явлениях. При интервальной вакуумной терапии висцеральные сосуды запустевают, в отличие от наклонного положения тела. При этом «запустевание» пропорционально отрицательному давлению и происходит с участием венokonстрикции (Taneja I et al., 2007).

Отрицательное давление в нижней части тела вызывает перемещение циркулирующего объема крови в нижние конечности и брюшную полость(живот) благодаря отрицательному давлению внутри устройства. Это перемещение крови вызывает снижение центрального венозного давления, ударного объема, сердечного выброса и в итоге падение артериального давления, которому должны противодействовать механизмы компенсации. В целом краткосрочный ответ состоит из изменения общего сопротивления сосудистого русла, тонуса вен, частоты и силы сердечных сокращений (Kappel F et al., 2007; Hisdal J et al., 2001).

Реакцией сердечно-сосудистой системы на снижение ударного объема и ЦВД является увеличение ЧСС и периферического сопротивления сосудов. Этот ответ включает уменьшение парасимпатического влияния на сердце, активацию симпатического ответа на сердце и периферические сосуды, повышение секреции

катехоламинов, увеличение активности ренина плазмы и уменьшение высвобождения предсердного натрийуретического пептида (Gasiorska A et al., 2006).

Прямо пропорционально приложенному отрицательному давлению в нижней части тела увеличивается количество деоксигенированного и общего гемоглобина в мышцах нижних конечностей. Количество оксигенированного гемоглобина значительно повышается при -10 мм рт.ст., и кривая зависимости количества оксигенированного гемоглобина от приложенного отрицательного давления выходит на плато при последующем его нарастании. Повышенное количество деоксигенированного и общего гемоглобина может служить показателем, что кровь задерживается в венозной системе, и увеличение объема крови соответствует изменению давления в нижней части тела. С другой стороны изменение оксигенированного гемоглобина отражает накопление крови в артериальной системе путем взаимодействия между механическим растяжением, вызванным отрицательным давлением, и симпатической вазоконстрикцией (Nachiya T et al., 2004).

У здоровых добровольцев ОДНЧТ вызывает снижение центрального венозного давления (ЦВД), начиная с ОДНЧТ -20 мм рт.ст., большие значения вызывают снижение индекса ударного объема и сердечного индекса (Nette RW et al., 2003).

Считается, что ОДНЧТ до -20 мм рт.ст. не вызывает изменения среднего артериального давления (Hisdal J et al., 2001). Артериальное давление обычно остается неизменным из-за увеличения общего периферического сопротивления и ЧСС, но при ОДНЧТ -40 мм рт.ст. и ниже может развиться гипотензия. У здоровых добровольцев риск гипотензии увеличивается при гиповолемии (Nette RW et al., 2003). По другим данным при ОДНЧТ -50 мм рт.ст. систолическое давление умеренно

понижается, хотя среднее и диастолическое давление удерживается на определенном уровне при разном ОДНЧТ (Nachiya T et al., 2004).

Повышение ЧСС у здоровых субъектов происходит при применении ОДНЧТ в течение 5 минут при -50 мм рт.ст., в модели ортостатической неустойчивости – уже при -30 мм рт.ст. (Lathers CM et al., 1994).

При исследовании толерантности к ОДНЧТ выявили, что более молодые и спортивные и мужчины и женщины имеют более адекватный венозный тонус, однако, от этого не зависит переносимость максимального ОДНЧТ (Hernandez JP et al., 2004).

Хотя имеются половые различия в адренегрическом ответе, которые могут играть роль в толерантности к интервальной вакуумной терапии, и считается, что женщины имеют меньшую ортостатическую толерантность, в исследованиях не было получено различий в изменениях центрального венозного давления, сердечно-сосудистой и барорецепторных реакциях среди мужчин и женщин (Franke WD et al., 2003).

При физиологических исследованиях показано, что у пациентов с диабетом 2 типа отмечается симпатическая дисфункция, однако сохранная церебральная ауторегуляция, что проявляется при интервальной вакуумной терапии снижением АД и скорости мозгового кровотока на фоне повышения ЧСС, хотя транспортная функция и сдвиг фаз остаются стабильными (Marthol H et al., 2007).

Влияние тренированности организма на ортостатическую толерантность двояко. Ортостатическая толерантность – способность поддерживать перфузию мозга при изменении положения тела. Считается, что на механизмы ее поддержания влияют возраст и тренированность (Hernandez JP et al., 2005).

Известно, что интенсивные тренировки, как и пребывание в постели, нарушают ортостатическую толерантность. Спортсмены с большой выносливостью имеют склонность к низкой ортостатической толерантности. При лабораторном моделировании ортостаза выносливые спортсмены имеют более выраженное уменьшение ударного объема при интервальной вакуумной терапии, чем нетренированные люди. Интенсивные тренировки на выносливость могут снижать ортостатическую толерантность в результате ремоделирования миокарда и более крутой кривой объем-давление, приводя к чрезмерному уменьшению ударного объема при вертикальном положении. Другие механизмы, задействованные в частой ортостатической непереносимости среди спортсменов, включают повышенную чувствительность каротидных барорецепторов и сниженную реактивность сосудов на симпатическую стимуляцию, также изменение тонуса вен нижних конечностей. Последний фактор наименее значим. Также показано, что у выносливых тренированных людей при наклонном ортостатическом тесте выше капиллярная фильтрация в икроножных мышцах. Этот механизм также может играть роль в непереносимости гравитационных стимулов. С другой стороны, есть данные, что аэробные нагрузки не связаны с ортостатической непереносимостью и что стайеры имеют лучшую ортостатическую толерантность, чем нетренированные. В целом, умеренные тренировки не нарушают ортостатической толерантности у большинства здоровых мужчин и у некоторых лиц улучшают низкую толерантность (Gasiorska A et al., 2006; Nazar K et al., 2006).

Поскольку установлено, что венозный отток в нижние конечности при ОДНЧТ имеет большее значение, чем в брюшную полость, считается, что у лиц с большей податливостью вен нижних конечностей будет повышенный отток крови при ОДНЧТ

и, следовательно, меньшая толерантность к интервальной вакуумной терапии.

Депонированию крови в нижних конечностях препятствуют мышцы, а не жир или кости. Поэтому при потере мышечной массы нижних конечностей (при постельном режиме) увеличивается податливость вен нижних конечностей. Следовательно, силовые упражнения должны повышать толерантность к интервальной вакуумной терапии (Lawler LA et al., 1998).

Известно, что при старении увеличивается склонность к ортостатической гипотензии, что может увеличивать риск падений среди населения. В продольном исследовании выявлено, что 6-месячная программа тренировки выносливости у пожилых улучшает венозный тонус и не нарушает толерантности к интервальной вакуумной терапии (Hernandez JP et al., 2005).

Однако в другом продольном исследовании выявлено, что ни возраст, ни тренированность не влияют на толерантность к ортостатическому стрессу, моделируемому ОДНЧТ. Хотя наблюдаются различия в ответе на субмаксимальный ортостатический стресс в зависимости от возраста и тренированности, эти различия не распространяются на различия в толерантности (Hernandez JP et al., 2005).

Толерантность к интервальной вакуумной терапии увеличивается после повторных сеансов, что может достигаться усилением сократительной способности желудочков, снижением податливости периферических сосудов, адаптацией рефлекторных механизмов коррекции гипотензии и увеличением кровяного давления на уровне сердца (Yang CB et al., 2000).

Большинство исследований физиологических эффектов интервальной вакуумной терапии основаны на реакции на установившееся ОДНЧТ. Однако при установлении ОДНЧТ и возврате к атмосферному давлению могут наблюдаться

транзиторные эффекты, такие как снижение среднего артериального давления при достижении ОДНЧТ (Hisdal J et al., 2002).

При быстром достижении и сбросе ОДНЧТ -20 мм рт.ст. наблюдаются изменения ЧСС, среднего артериального давления, ударного объема, при этом ответ сердечно-сосудистой системы ассиметричен, особенно в отношении ударного объема. При подаче ОДНЧТ ударный объем медленно снижается в течение 50 с, возврат к атмосферному давлению приводит к быстрому повышению ударного объема к изначальному уровню менее чем за 10 с. Невральный ответ, который влияет на общее сосудистое сопротивление, недостаточно быстрый для компенсации быстрого изменения ОДНЧТ. Причина изменения среднего артериального давления заключается в том, что артериальные барорецепторы активируются наряду с барорецепторами низкого давления, которые чувствительны к ЦВД при быстром достижении и сбросе небольшого ОДНЧТ (Hisdal J et al., 2001).

Изменения параметров гемодинамики на уровне макроорганизма должны сопровождаться изменениями перфузии на уровне тканей. Так, ученые NASA и DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) выявили, что использование устройств интервальной вакуумной терапии (устройства Vacumed и Vacusport фирмы Weyergans High Care AG) приводит к сильной дилатации капилляров и капилляризации и увеличению микро- и макроперфузии нижних конечностей (Lathers CM et al., 1994). Подобные аппараты называют «внешним сердцем для нижней части тела». В отличие от применяемых в космической медицине устройств аппараты Vacustyler, Vacumed, Vacusport задают пульсирующее отрицательное давление с заданными интервалами. Перемежающееся отрицательное и нормальное атмосферное давление способствует капилляризации и дилатации капилляров, они пропускают больше оксигенированной

крови в конечности. В фазу нормального (атмосферного) давления венозная кровь и лимфа перемещаются в крупные сосуды (увеличение возврата). Ускорение микроперфузии и лимфодренажа приводит к повышению рН. Это может быть использовано для укрепления соединительной ткани (увеличение синтеза коллагена) и при лечении «целлюлита», который, как сейчас считают, связан с нарушением лимфодренажа. Поскольку разные протоколы применения интервальной вакуумной терапии стимулируют разные рефлексы и могут быть использованы для вызова разных специфических ответов (Goswami N et al., 2008), удлинение интервалов отрицательного давления используется для стимуляции артериальной перфузии, удлинение интервалов нормального давления – для увеличения венозного и лимфатического рефлюкса (<http://www.vtstyler.co.uk/Vacustyler2.htm>).

### **Эффекты при патологии**

По аналогии с применением у космонавтов после полетов аппараты интервальной вакуумной терапии эффективно применяются для борьбы с ортостатической неустойчивостью у лежачих пациентов (Lathers CM et al., 1993).

Ангиологические исследования показали улучшение у пациентов с хроническими заболеваниями артерий пульсовой волны в пальцах ног и увеличение чрезкожно измеренного парциального давления кислорода после сеансов интервальной вакуумной терапии (Straminski et al., 2001; Strauss, 2001).

Было проведено исследование эффективности лечения пациентов с окклюзионными заболеваниями артерий III и IV ст. по классификации Fontaine с помощью устройства Vacumed. Эффективность оценивалась измерением пульсовой волны на пальцах ног с помощью LLR Periquant 815 (Gutmann) и чрезкожным

измерением парциального давления кислорода (Radiometer GmbH). Лечение включало 6 сеансов по 20 минут с интервальным отрицательным давлением -50 мм рт. ст. Было показано значительное увеличение пульсовой волны и парциального давления кислорода в пальцах стоп непосредственно после сеансов интервального давления (Strauss, 2001).

Straminski et al. (2001) провели исследование эффективности интервальной вакуумной терапии с помощью аппарата Vacumed на 10 пациентах с окклюзией артерий нижних конечностей 2 ст. и клинически диагностированным нарушением периферической микроциркуляции стоп. Лечение состояло из 6 сеансов по 20 минут с отрицательным давлением -40-50 мм рт. ст. с интервалами 2-4 дня. Измерения пульсовой волны и парциального давления кислорода в пальцах ног производились непосредственно перед началом процедуры, во время процедуры и через 30 минут после процедуры. Во время сеанса парциальное давление кислорода было на 14% больше и через 30 минут после сеанса на 8% больше, чем перед сеансом, также во время сеанса происходило усиление периферической пульсации. 7 из 10 пациентов сообщили о субъективном улучшении и уменьшении жалоб.

Аналогичное исследование было проведено среди пациентов с нарушениями артериального и венозного кровотока с использованием аппарата Vacustyle. Были получены данные 23 пациентов с расстройством артериального или венозного кровообращения (атеросклероз, окклюзия бедренной, подколенной, большеберцовой артерий, стеноз подвздошных артерий, коронарная болезнь, артериальная гипертензия, диабет, гангрена стопы, гангрена большого пальца стопы, критическая ишемия нижних конечностей, трофические язвы пальцев стоп, аневризма брюшного отдела аорты, ампутация одной нижней конечности), 3 пациента с трудом

передвигались из-за боли. На фоне продолжающейся медикаментозной терапии пациенты получали 5 дней по 2 сеанса и далее 10 дней по 1 сеансу интервальной вакуумной терапии в день с помощью аппарата Vacusylor. Обычно первые 2 сеанса длились по 20 минут при давлении -25 мм рт. ст., затем время увеличивали до 35 минут и давление до -30 мм рт. ст. Все пациенты хорошо переносили процедуры, отмечали уменьшение боли и могли ходить без затруднений (Solveiga A., 2003).

Для изучения клинической эффективности интервальной вакуумной терапии Dr. Schink (2005) провел проспективное исследование на пациентах со стабильным хроническим заболеванием артерий 2 степени. Задачей исследования было определение, как влияет лечение интервальным давлением на дистанцию ходьбы при хроническом заболевании артерий 2 ст. В качестве контроля была использована группа пациентов с хроническим заболеванием артерий 2 ст., лечившаяся специальными упражнениями.

Эффективность упражнений при хроническом заболевании артерий изучена в предшествующих исследованиях, за 6 месяцев пациенты достигали увеличения безболезненной дистанции ходьбы до 150% (Gardner AW et al., 1995; Degischer S et al., 2002; Diehm et al., 2003). Доктор Schink et al. (2003) выявили в исследовании на 45 пациентах, что в течение 3 недель упражнения с ходьбой и гимнастикой дают улучшение в среднем на 40%.

Исследуемая группа состояла из 23 пациентов в возрасте 61-82 лет (средний возраст 75 лет) с длительностью заболевания 2-20 лет.

После клинического обследования исследуемая группа получала интервальную вакуумную терапию не менее 10 сеансов (2-3 сеанса в неделю). Каждый сеанс длился 20 минут в режиме 5 секунд -50 мбар, затем 10 секунд атмосферного давления.

Пациенты также выполняли стандартные упражнения непосредственно после сеанса в течение получаса. Через 10 сеансов было проведено повторное клиническое обследование и анкетирование. Все пациенты хорошо перенесли лечение, все описывали процедуры как приятные. 4 пациента не заметили изменений безболезненной дистанции ходьбы, 19 пациентов отметили ее увеличение. В среднем увеличение дистанции безболезненной ходьбы было на 72% (30-130%). 23 пациента получили в среднем 14 сеансов (10-30) в течение 5 (3-12) недель (Schink, 2005).

Однако для доказательства эффективности лечения необходимы дальнейшие исследования (Schink, 2005; Diehm et al., 2003).

В институте Euromedicine Biophyderm (Montpellier, France) было проведено клиническое исследование на 18 женщинах в возрасте от 18 до 55 лет, страдающих «целлюлитом». Каждая получала 15 процедур на устройстве Vacustyler по 30 минут дважды в неделю. Среди субъективных положительных результатов (уменьшение венозной сетки, уменьшение «апельсиновой корки», снижение сухости кожи, улучшение тонуса кожи, укрепление эпидермиса) было отмечено значительное равномерное уменьшение окружности бедра на несколько сантиметров. Все пациенты хорошо перенесли лечение (Agorian-Simoneau L, 2003).

Существуют также исследования клинического применения интервальной вакуумной терапии при застойной сердечной недостаточности (Wolthuis RA et al., 1974).

### **Эффекты у спортсменов**

Хорошо известны эффекты ручного массажа и/или ручного лимфатического дренирования на восстановление спортсменов. При этом стимулируется венозный

отток, ускоряется обмен артериальной и венозной крови, приводя к увеличению венозного возврата и увеличению артериального выброса. В дополнение снижается мышечный тонус и в мозге увеличивается концентрация эндорфинов.

Было проведено исследование на 50 профессиональных спортсменах (каноисты, пловцы, гребцы, футболисты, теннисисты и легкоатлеты) эффективности восстановления спортсменов с помощью аппаратов интервальной вакуумной терапии. В течение 12 недель спортсмены продолжали тренироваться по своим специфическим программам. Половина спортсменов подвергалась 30-минутному сеансу интервальной вакуумной терапии с помощью аппарата Vacumed каждые 2 дня (-40-50 мбар, соотношение нормального/отрицательного давления 7/5 с). В то же время все спортсмены проходили восстановление, предписанное тренером. Также дважды в неделю до и после тренировки производился забор крови у всех спортсменов. В начале и в конце исследования у всех спортсменов выполнялся масштабный лактатный тест. Также до начала каждой тренировки все спортсмены подвергались анкетированию.

Всего было сделано 1200 анализов крови, которые показали более низкий уровень лактата в покое до начала тренировок у исследуемой группы (1,48 ммоль/л), чем у контрольной (1,59 ммоль/л), меньшую концентрацию мочевины и мочевой кислоты в исследуемой группе (соответственно 40 и 3,9 мг/дл против 43 и 4,85 мг/дл) и снижение креатинкиназы (262 Ед/л против 284 Ед/л). На основании анкетирования спортсмены, получавшие интервальную вакуумную терапию по сравнению с контролем отмечали более выраженную мотивации к тренировкам, лучшие ощущения в мышцах и в целом лучшее восстановление (Alf DF, 2007).

## Клинический опыт ЦИТО

В ЦИТО им. Н.Н. Приорова в отделении спортивной и балетной травмы было проведено лечение интервальным давлением с помощью устройства Vacusport 30 пациентам-спортсменам высокой квалификации после артроскопических резекций менисков, передних и задних стабилизирующих операций на коленном суставе. Для сравнения были отобраны 20 аналогичных пациентов получавших стандартное лечение. Интервальная вакуумная терапия начиналась не ранее чем через 7 дней после проведенного оперативного лечения, после снятия кожных швов.

Показаниями являлись: наличие отека после операции, боли, жидкость в коленном суставе. Противопоказаниями были: инфекционные заболевания, хронические заболевания в стадии обострения, тромбозы сосудов нижних конечностей. Всем пациентам до начала лечения во избежание тромбоэмболических осложнений обязательно проводилось УЗДГ сосудов нижних конечностей. Имеющийся в наличии аппарат Vacusport согласно заложенным программам позволяет получать интервалы отрицательного давления от -30 до -60 мбар с шагом 5 мбар длительностью от 6 до 12 с с паузами (интервалы нормального атмосферного давления) от 5 до 10 с.



*Рис. 3. Пульт управления аппаратом интервальной вакуумной терапии.*

Интервальная вакуумная терапия применялась ежедневно не менее 10 сеансов по 30 минут по одному из предлагаемых алгоритмов:

- Минуты 1-6: 35 мбар / 8 с Отрицательное давление / 10 с Пауза
- Минуты 7-12: 45 мбар / 10 с Отрицательное давление / 8 с Пауза
- Минуты 13-18: 55 мбар / 8 с Отрицательное давление / 10 с Пауза
- Минуты 19-24: 60 мбар / 10 с Отрицательное давление / 8 с Пауза
- Минуты 25-30: 50 мбар / 8 с Отрицательное давление / 8 с Пауза

Все пациенты хорошо переносили процедуры и отмечали приятные ощущения в нижних конечностях начиная с 3 сеанса. По сравнению с аналогичными пациентами (контрольная группа из 20 спортсменов), не получавшими интервальной вакуумной терапии, исследуемые пациенты отмечали более быстрое на 2-6 дней (в средней на 3,5) уменьшение отека, меньшие болевые ощущения при занятиях ЛФК. При контрольных УЗИ оперированного коленного сустава у исследуемых пациентов отмечалось ускорение рассасывания выпота.

Обоснованием применения данного вида лечения мы считаем мощный физиологический эффект интервального давления на лимфодренажное и венозное кровообращение, что ускоряет спадение отека, снижает болевой синдром, ускоряет резорбцию выпота в коленном суставе, препятствует венозному застою у пациентов-спортсменов высокой квалификации, часто склонных к ортостатической интолерантности и имеющих нарушенный венозный тонус вен нижней конечности, усугубляющийся в период после травмы и процессе лечения.

### **Резюме**

Аппараты низкого давления в нижней части тела представляет мощный инструмент управления кровотоком в нижних конечностях. Технология, разработанная для космонавтов, оказывает выраженный положительный эффект на адаптивное, сформировавшееся в условиях невесомости кровообращение. На основании этой методики разработаны модели перераспределения кровотока в организме, параллельно широко изучено множество физиологических эффектов отрицательного давления в нижней части тела, как локальных, так и системных, определены нежелательные явления, противопоказания и пределы переносимости, пока не выявлено побочных эффектов. Устройства интервальной вакуумной терапии имеют возможность широкой модуляции воздействия. Однако внедрение интервальной вакуумной терапии в клинику идет медленно в связи с отсутствием больших клинических исследований эффективности данного метода лечения. Отсутствуют также полноценные исследования в спортивной медицине эффективности интервальной вакуумной терапии в отношении производительности, восстановления и реабилитации спортсменов. Существует большой потенциал модификации рекомендуемых производителем программ лечения. Т.к. до сих пор за

четыре декады истории устройств низкого давления в нижней части тела не выявлены побочные эффекты его применения, использование аппаратов интервальной вакуумной терапии не нарушает основной столп медицины «не навреди». А поскольку интервальная вакуумная терапия оказывает довольно сильные и уже достаточно изученные физиологические эффекты, их адекватное контролируемое использование в клинике, как ожидается, может дать выраженные положительные клинические результаты. Поэтому авторы считают обоснованным широкое применение устройств интервальной вакуумной терапии при различной патологии и у спортсменов в различных вариантах с другими видами лечения, дальнейшее изучение их эффективности и разработку программ лечения.

А.К. Орлецкий

Д.О. Тимченко

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'D' followed by a surname 'Timchenko' written in a cursive script.

## **Список литературы**

1. Agopian-Simoneau L Negative pressure treatment medico-scientifically tested // Euromedicine Biophyderm. Montpellier, France – 2003. Private communication.
2. Alf DF Observation of the regeneration of top athletes when using Vacusport LBNPD (lower body negative pressure device) // Institute of sports medicine, Olympic Base Rhein-Ruhr. – 2007. Private communication.
3. Degischer S, Labs KH, Hochstrasser J, Aschwanden M, Tschoepl M, Jaeger KA Physical training for intermittent claudication: a comparison of structured rehabilitation versus home-based training // Vasc Med. – 2002. – V. 7, N 2. – p. 109-15.
4. Diehm et al. Komplementare Medizin in der Angiologie // Cardiovasc. – 2003. – N 2. – p. 52-56.
5. Esch BT, Scott JM, Warburton DE. Construction of a lower body negative pressure chamber // Adv Physiol Educ. – 2007. – V. 31, N. 1. – p. 76-81.
6. Fortney SM. Development of lower body negative pressure as a countermeasure for orthostatic intolerance // J Clin Pharmacol. – 1991. – V. 31, N. 10. – p. 888-92.
7. Franke WD, Johnson CP, Steinkamp JA, Wang R, Halliwill JR. Cardiovascular and autonomic responses to lower body negative pressure: do not explain gender differences in orthostatic tolerance // Clin Auton Res. – 2003. – V. 13, N. 1. – p. 36-44.
8. Gardner AW, Poehlman ET Exercise rehabilitation programs for the treatment of claudication pain. A meta-analysis // JAMA. – 1995. – V. 274, N 12. – p. 975-80.

9. Gasiorowska A, Mikulski T, Smorawiński J, Kaciuba-Uściłko H, Cybulski G, Ziemia AW, Krzemiński K, Niewiadomski W, Nazar K. Cardiovascular and neurohormonal responses to lower body negative pressure (LBNP): effect of training and 3 day bed rest // *J Physiol Pharmacol.* – 2006. – V. 57, N. 10. – p. 85-100.
10. Goswami N, Loepky JA, Hinghofer-Szalkay H. LBNP: past protocols and technical considerations for experimental design // *Aviat Space Environ Med.* – 2008. – V. 79, N. 5. – p. 459-71.
11. Hachiya T, Blaber AP, Saito M. Changes in superficial blood distribution in thigh muscle during LBNP assessed by NIRS // *Aviat Space Environ Med.* – 2004. – V. 75, N. 2. – p. 118-22.
12. Hernandez JP, Franke WD. Age- and fitness-related differences in limb venous compliance do not affect tolerance to maximal lower body negative pressure in men and women // *J Appl Physiol.* – 2004. – V. 97, N. 3. – p. 925-9.
13. Hernandez JP, Franke WD. Effects of a 6-mo endurance-training program on venous compliance and maximal lower body negative pressure in older men and women // *J Appl Physiol.* – 2005. – V. 99, N. 3. – p. 1070-7.
14. Hernandez JP, Karandikar A, Franke WD. Effects of age and fitness on tolerance to lower body negative pressure // *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* – 2005. – V. 60, N. 6. – p. 782-6.
15. Hisdal J, Toska K, Flatebo T, Walloe L Onset of mild lower body negative pressure induces transient change in mean arterial pressure in humans // *Eur J Appl Physiol.* – 2002. – V. 87. – p. 251–256.

16. Hisdal J, Toska K, Walløe L. Beat-to-beat cardiovascular responses to rapid, low-level LBNP in humans // *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* – 2001. – V. 281, N. 1. – p. R213-21.
17. Kappel F, Fink M, Batzel JJ. Aspects of control of the cardiovascular-respiratory system during orthostatic stress induced by lower body negative pressure // *Math Biosci.* – 2007. – V. 206, N. 2. – p. 273-308.
18. Lathers CM, Charles JB, Schneider VS, Frey MA, Fortney S. Use of lower body negative pressure to assess changes in heart rate response to orthostatic-like stress during 17 weeks of bed rest // *J Clin Pharmacol.* – 1994. – V. 34, N. 6. – p. 563-70.
19. Lathers CM, Charles JB. Orthostatic hypotension in patients, bed rest subjects, and astronauts // *J Clin Pharmacol.* – 1994. – V. 34, N. 5. – p. 403-17.
20. Lathers CM, Charles JB. Use of lower body negative pressure to counter symptoms of orthostatic intolerance in patients, bed rest subjects, and astronauts // *J Clin Pharmacol.* – 1993. – V. 33, N. 11. – p. 1071-85.
21. Lawler LA, Halliwill JR, Summer JM, Joyner MJ, Mulvagh ShL. Leg mass and lower body negative pressure tolerance in men and women // *J Appl Physiol.* – 1998. – V. 85. – p. 1471-1475
22. Lower body negative pressure [Электронный ресурс] NSSDC ID: 1973-027A-51  
Mission Name: Skylab Principal Investigator: Dr. Richard L. Johnson / NASA – NSSDC – Experiment – Details. – NASA Official: Dr. Ed Grayzeck, Curator: E. Bell, II, Version 4.0.8, 05 August 2008. – Режим доступа:  
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/experimentDisplay.do?id=1973-027A-51> –  
Свободный

23. Marthol H, Zikeli U, Brown CM, Tutaj M, Hilz MJ. Cardiovascular and cerebrovascular responses to lower body negative pressure in type 2 diabetic patients // *J Neurol Sci.* – 2007. – V. 252, N. 2. – p. 99-105.
24. Nazar K, Gasiorowska A, Mikulski T, Cybulski G, Niewiadomski W, Smorawiński J, Krzemiński K, Ziemia AW, Dorsz A, Kaciuba-Uscilko H. Effect Of 6-Week Endurance Training On Hemodynamic And Neurohormonal Responses To Lower Body Negative Pressure (LBNP) In Healthy Young Men // *Journal Of Physiology And Pharmacology.* – 2006. V. 57, N. 2. – p. 177-188.
25. Nette RW, Krepel HP, Dorpel MA, Meiracker AH, Paldermans D, Boomsma F, Weimar W, Zietse R Hemodynamic response to Lower Body Negative Pressure in Hemodialysis Patients // *American Journal of Kidney Diseases.* – 2003. – V. 41, N 4. – p. 807-813
26. Schink Prospective study of clinical effectiveness of intermittent low pressure treatment in patient with chronic arterial disease (CAD) in the lower limbs grade 2 // *Klinik Fallinbostel.* – 2005. Private communication.
27. Solveiga A Investigation of Vacustyler using for patients with venous and arterial blood circulation disturbance // *SIA “Stella-A.B.” Latvia.* – 2003. Private communication.
28. Straminski Result of clinical examination // *Praxis Koln.* – 2001. Private communication.
29. Strauss Result of clinical examination // *Dominikus-Krankenhaus, Dusseldorf-Heerd.* – 2001. Private communication.
30. Taneja I, Moran C, Medow MS, Glover JL, Montgomery LD, Stewart JM. Differential effects of lower body negative pressure and upright tilt on splanchnic

- blood volume // Am J Physiol Heart Circ Physiol. – 2007. – V. 292, N. 3. – p. 1420-6.
31. VacuStyler [Электронный ресурс] // VT STYLER London HIGH CARE by Weyergans – 2002-2003. – Режим доступа:  
<http://www.vtstyler.co.uk/Vacustyler2.htm> – Свободный
  32. Watenpaugh DE, O'Leary DD, Schneider SM, Lee SM, Macias BR, Tanaka K, Hughson RL, Hargens AR. Lower body negative pressure exercise plus brief postexercise lower body negative pressure improve post-bed rest orthostatic tolerance // J Appl Physiol. – 2007. – V. 103, N. 6. – p. 1964-72.
  33. Wolthuis RA, Bergman SA, Nicogossian AE Physiological effects of locally applied reduced pressure in man // Physiological reviews. – 1974. V. 54, N. 3. – p. 566-591.
  34. Yang CB, Yao YJ, Wei YB, Wu YH, Sun XQ, Wu XY. Effects of repeated low body negative pressure (LBNP) exposures on LBNP tolerance // Space Med Med Eng (Beijing). – 2000. – V. 13, N. 1. – p. 10-3.