

Биомеханика и неврология движений в функциональных тренировках

Хосе Паломар¹ и Мария Свет²

¹Ортопедический хирург, создатель метода P-DTR,
президент компании P-DTR Global AG

Сертифицированный преподаватель метода P-DTR

Корреспонденция:

Хосе Паломар, ортопедический хирург, создатель метода P-DTR, президент компании P-DTR Global AG, эл. почта: josepalomar@pdtr-global.com

Получено: 22 декабря 2017; Принято: 26 января 2018

Citation: José Palomar, Maria Svet. Biomechanics and Neurology of Movements in Functional Training. Int J Diabetes Complications. 2018; 2(1): 1-7.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены характерные черты науки о движениях человека, проанализированы правила движения. Исследованию неврологического мышечного здоровья в статье уделено особое внимание. В работе исследованы особенности занятия спортом при функциональной дезадаптации.

Ключевые слова

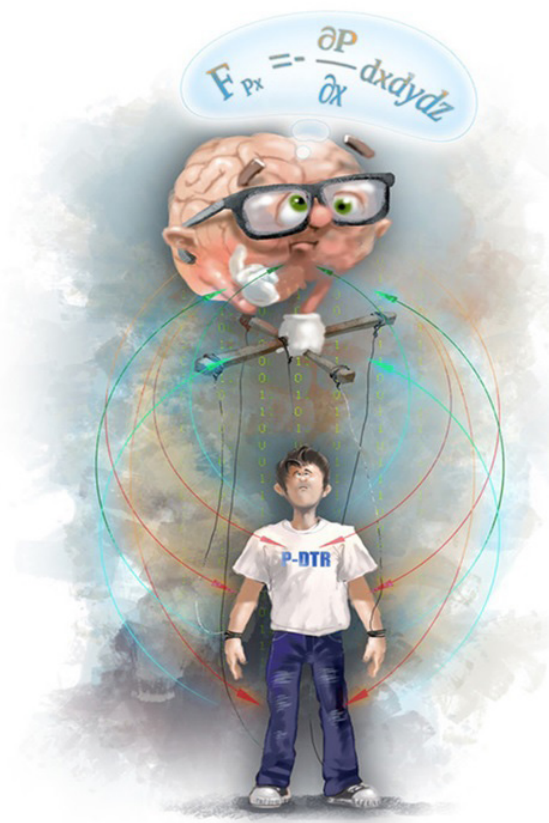
Движение, биомеханика, центральная нервная система, неврологическое мышечное здоровье.

1. Что такое движение? Биомеханика. Правила движений. Что и кто движет мышцами?

Биомеханика – наука комплексная, она включает в себя самые разнообразные знания других наук, таких как: механика и математика, функциональная анатомия и физиология, возрастная анатомия и физиология, педагогика и теория физической культуры. Однако системному терминологическому изучению термин «биомеханика» до настоящего времени не подвергался.

Слово «Биомеханика» означает «движение живого». Великий ученый Н.А. Бернштейн внес огромный вклад в науку по изучению движений и управлению движениями мозгом. Рис. 1.

В 1922 году Н.А. Бернштейн был приглашен А.К. Гастевым в Центральный институт охраны труда (ЦИТ). Там он основал и возглавил лабораторию биомеханики, где занимался изучением трудовых движений с целью их оптимизации и повышения производительности труда. Н.А. Бернштейн совершенствует существующие и разрабатывает новые методы регистрации параметров трудовых движений (кимоциклография, циклограмметрия) с использованием кинокамер с высокой частотой съемки, которые позволяли более подробно фиксировать фазы движения человека. Он создает новые способы анализа результатов эксперимента



с последующей математической обработкой данных, исследует механизмы управления сокращением скелетной мускулатуры и закладывает основы биомеханики. Уже к 1924 году ученый подготовил к изданию обширный труд «Общая биомеханика», который был опубликован в 1926 году.

К середине тридцатых годов XX столетия Н.А. Бернштейном были разработаны и наполнены содержанием такие теоретические положения концепции как «кольцевая схема управления движениями», «принцип сенсорных коррекций», «повторение без повторения», «модель потребного будущего», «преодоление избыточных степеней свободы», «принцип равной простоты» и другие, которые составили ядро его монографии «О построении движений».

Ученым приводятся материалы об эволюции двигательной функции и обосновывается необходимость кольцевой схемы управления движениями. Согласно концепции кольцевого управления и сенсорной коррекции, при реализации программы какого-либо движения результаты действия оцениваются на основе анализа информации от сенсорных систем. При отклонении от заданной программы вносятся коррективы в программу движения. Этот факт приводит Н.А. Бернштейна к выводу, что даже при выполнении хорошо заученных и часто повторяемых движений способы и средства решения двигательной задачи будут различны из-за непостоянства внешних и внутренних условий. Процесс планирования движения осуществляется на основе сенсорной информации, а процесс реализации двигательной задачи – на основе сенсорных коррекций от начала движения до его завершения.

Норберт Виннер в 1960 году назвал это «обратной связью». Координируя движения, мозг не только пассивно реагирует на внутренние и внешние раздражители (сигналы), но и активно участвует в предсказании и прогнозировании будущего на основании вычисления вероятности движений. Например, мозг теннисиста предсказывает траекторию направления мяча и совершает движения, стараясь максимально точно выполнить поставленную задачу – отбить мяч. Рис. 2.



Мозгу заранее известна цель любого движения (как подсознательного, так и сознательного).

По Н.А. Бернштейну движения координируются мозгом на различных уровнях. Все уровни будут работать содружественно в определенной иерархии для того, чтобы обеспечить наиболее оптимальное выполнение поставленной задачи. Эти уровни включают в себя спинной мозг, продолговатый, подкорковые центры и кору. Н.А. Берштейн определил следующие уровни построения движения:
 Уровень А – мышечный тонус (пример, дрожь от холода)
 Уровень Б – синергия и координация напряжения мышц
 Уровень С – беспредметное движение в пространстве (бег)
 Уровень Д – организация смысловых действий с предметами.
 Уровень Е – Интеллектуальные двигательные акты (речь, письмо и т.д.). Рис. 3.



Изображенные на рисунке 1 уровни будут работать содружественно, исходя из поставленной задачи. Неосознанные процессы движения также контролируются нервной системой – дыхание, говорение, пищеварение, мимика, слух – это тоже движение, которое находится под автоматическим контролем автономной нервной системы и управляется без нашего сознательного вмешательства.

Осознанные движения – это моторные программы, которые мы выучили с рождения в процессе нашего развития. Брать предмет, ползать, ходить – всё это заученные мозгом моторные навыки. Рис. 4.



Мы не задумываемся как взять тот или иной предмет и просто тянем к нему руку и берем то, что хотим. На самом деле это запускается моторная программа, которая теперь работает на автоматическом режиме и хранится в моторной памяти нашего мозга. Чтобы, например, взять обычный предмет со стола, мозг выполнит примерно следующие этапы – формирование цели, оценка расстояния до объекта, исходные координаты конечности и ее состояние, примерный вес объекта и задействование определенное количество моторных юнитов. По мере выполнения, нервная система будет ежесекундно сверять правильность действий с конечной целью. У нас это занимает считанные секунды, а мозг при этом совершает колоссальную работу. За каждым нашим движением стоит очень сложная система расчетов, которой занимается наша нервная система. Любое движение возможно только в том случае, если мозг получает корректные (это очень важно!) сигналы от всех своих систем – от мышц, суставов, связок, фасций, внутренних органов, систем зрения, слуха и вестибулярного аппарата. Эта информация постоянно обновляется. Конечно же, все это происходит без участия нашего сознания. Изучение любого нового движения происходит с участием сознания. Постепенно мы изучаем движения, мозг переводит новую моторную программу в подсознание, и она становится автоматической. Важно! Мозг обучается любым программам, даже неправильным! Рис. 5.



Чтобы произвести движение, мозгу требуется задействовать определенную группу мышц в определенной последовательности. Любое движение выполняется мышцами агонистами, антагонистами, стабилизаторами, фиксаторами и нейтраллизаторами.

Например, для сгибания локтя будет задействована плечевая мышца, которая начинает движение сгибания локтевого сустава.

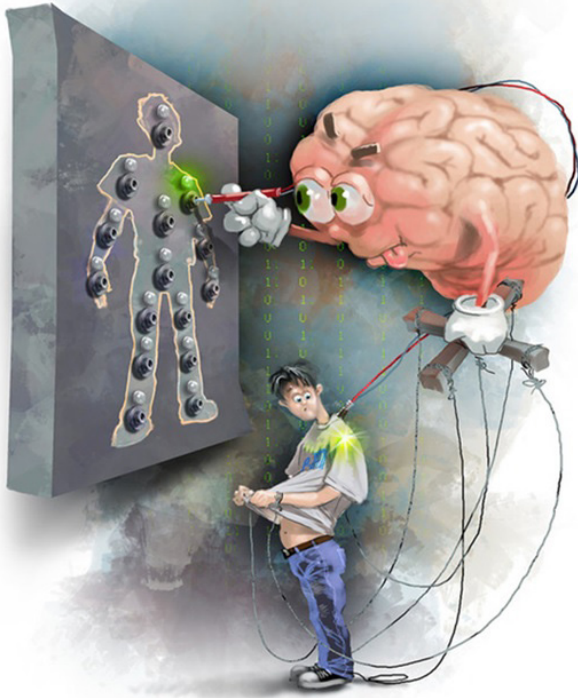
Мышцами-синергистами выступают бицепс и плечелучевая мышца. В то же самое время, квадратный и круглый пронаторы нейтрализуют супинацию (вращательное движение конечности наружу), которую вызывает бицепс. Мышцы лопатки, плеча и грудинно-ключичного сустава фиксируют движение. Трицепс и локтевая мышца выступают в роли антагонистов, помогающими контролировать движение. Стабилизаторами будут выступать антигравитационные мышцы и мышцы, стабилизирующие корпус тела. И это только для примитивного движения сгибания локтевого сустава!

Мы не стоим! Мы все время падаем. В вертикальном положении мы постоянно подвергаемся гравитационным силам и постоянно вынуждены удерживать равновесие, чтобы не упасть. Мозг постоянно контролирует работу антигравитационных мышц, адаптируя нас к минимальным изменениям положения тела в пространстве. Рис. 6.



Мозг имеет сенсорную карту, куда поступают сигналы от всех конечностей и по ней (и по данным других систем) он ориентирует тело в пространстве. Мы привыкли видеть движение своих рук и ног и считаем это очевидным, что «мы видим, как двигаются наши конечности», на самом деле зрительная система воспринимает сигнал от определенных рецепторов и картинка движения конечностей конструируется нашим мозгом. Видеть свое тело – это привычка. Сам же мозг получает информацию от специальных сенсоров, которые называются рецепторами. Рецепторы, это датчики, которые распознают ту или иную модальность информации (механическая, электро-магнитная, химическая и т.д.) и кодируют ее в электро-химические сигналы, понятные нервной системе. На основе этих данных нервная система управляет всем организмом и движениями в частности.

На любые сигналы из внешней окружающей среды и внутренней среды самого организма мозг будет отвечать несколькими способами, одни из которых это сокращение и расслабление мышц – то есть движение и моторный ответ. Рис. 7.



сенсоров отдельных мышц, центральная нервная система находит альтернативный способ выполнения движения, используя компенсаторные механизмы.

- При истощении компенсаторных механизмов, центральная нервная система не может выполнить желаемое движение и это может привести к болевым ощущениям.

Неврологическое мышечное здоровье. Неоптимальная статика и динамика. Моторная дезадаптация нервной системы. Компенсации.

Неврологическое мышечное здоровье подразумевает сбалансированное функционирование всех мышц организма. Это адаптация нервной системы к нагрузкам. С точки зрения адаптации нервной системы, это означает, что она контролирует поток всей входящей информации от сенсоров, правильно ее интерпретирует и выдает адекватный ответ, то есть оптимальное выполнение движения. Визуальным результатом сбалансированного функционирования всех мышц (суставов, связок, фасций) будет являться оптимальная статика (вертикальная поза отвечает всем требованиям корректной статики) и оптимальная динамика, то есть корректные движения. Рис. 8.

Рассмотрим правила движений:

- Центральная нервная система постоянно получает информацию от внешней и внутренней среды, интерпретирует, обрабатывает и анализирует информацию и выдает моторный (мышечный) или эндокринный ответы.
- Любое движение есть следствие работы различных уровней центральной нервной системы.
- Центральная нервная система начинает, контролирует и корректирует движение.
- Большинство наших примитивных движения это «встроенные» или заученные моторные программы, которые мозг запускает автоматически, без контроля сознания.
- Центральная нервная система изучает новые моторные паттерны с участием сознания.
- Центральная нервная система использует мышцы для взаимодействия с окружающей средой.
- Центральная нервная система постоянно поддерживает реципрокный баланс нервных импульсов от мышц и к мышцам.
- Центральная нервная система работает по принципу «все или ничего», мышцы работают в режиме «вкл.» и «выкл.».
- Подсознательные автоматические движения могут быть оптимальными и неоптимальными.
- Каждое движение это определенная последовательность работы группы мышц.
- Центральная нервная система пластична и обладает возможностью выполнять движение несколькими способами.
- При повреждении частей тела или искаженной информации от



Неврологическая дезадаптация может возникнуть из-за невозможности центральной нервной системы переработать входящий поток информации, невозможностью выдать адекватный ответ и приведет к возникновению компенсаторных механизмов.

Причины неврологической дезадаптации заключаются в следующем:

- механическая травма опорно-двигательного аппарата;
- дезадапция реценторного аппарата;
- травмы;

- эмоциональный стресс;
- заболевания внутренних органов;
- нарушение симпатической-парасимпатической регуляции;
- активность примитивных моторных программ – примитивных ре
- некорректно выученные двигательные паттерны;
- неправильные моторные привычки;
- сидячий образ жизни;
- пирсинг;
- татуировки.

Любой избыточный стимул может приводить к дезадаптации тех или иных систем и влиять на работу мышц. Функциональная дезадаптация нервной системы выражается в формировании патологических рефлексов и возникновения компенсаций.

Любое движение будет начинать соответствующая мышца агонист (например, плечевая мышца является агонистом сгибания локтевого сустава). Если по какой-либо причине мышца-агонист перестает посылать правильный сигнал в мозг, движение становится неоптимальным по энергозатратам. Все решения центральной нервной системы основываются на полученной информации от детекторов (рецепторов). Если сигналов от определенного мышечного рецептора поступает меньше (гипосигнал) или больше (гиперсигнал), центральная нервная система будет расценивать это как опасность и попытается дать компенсацию. Это не происходит на сознательном уровне и не должно быть на сознательном уровне. Большинство примитивных движений регулируется на спинномозговом уровне. Как только центральная нервная система получает “измененную” информацию, она адаптирует все тело под нее. В некотором смысле центральная нервная система “слепа” и не имеет представления о руках и ногах. Все, что она имеет, – это постоянный поток миллионов сигналов, и она управляет телом соответственно этим сигналам.

В нашем примере, рецепторы плечевой мышцы посылают другой “высокий” сигнал. Для ЦНС это будет расцениваться, как сообщение, что мышца не может выполнить свою функцию должным образом, и это повлияет на выполнение всего движения. ЦНС попытается решить проблему и привлечет к выполнению задачи любую имеющуюся синергетическую мышцу. Для выполнения движения, бицепс заменит плечевую мышцу. У бицепса есть свои задачи и, кроме сгибания, бицепс должен супинировать предплечье и опускать плечевую кость. Но, так как бицепс сейчас становится первичным флексором плечевого сустава, он будет компенсировать работу плечевой мышцы, и в то же самое время будет выполнять свои непосредственные функции. Это повлияет на стабильность плечевого сустава, и на правильную последовательность других движений, таких как флексия и абдукция плеча. Если бицепс не выполнит необходимое опущение плеча, то это приведет к травме плеча, когда сухожилие надостной мышцы будет механически сдавлено и приведет к воспалению. Из этого примера понятно, что, если существует дисфункция в одной мышце, это может привести к дезадаптации всей мышечной системы, а затем и висцеральной.

Занятия спортом при функциональной дезадаптации.

Цель и задачи фитнеса. Системные ошибки при выполнении движений

В условиях современной жизни подавляющее большинство людей имеют нарушения в статике и динамике – иными словами мы неправильно стоим, неправильно ходим и неправильно выполняем различные движения. Рис. 9.



Одна из основных причин нарушений – сидячий образ жизни и отсутствие активного образа жизни. Тело человека создано для движений, наши предки ходили без обуви, не было жесткой поверхности, не было каблучков, они были вынуждены преодолевать различные препятствия с использованием различных групп мышц. Сегодняшние реалии не требуют большого количества движения, что приводит к постепенной атрофии и дисфункциям опорно-мышечного аппарата. 10 лет, проведенные ребенком в школе, и нагрузка на одну сторону, приводят к пагубным последствиям для физического тела. Так или иначе, у большинства из нас часть мышц находится в функциональной слабости, а другая часть перегружена из-за своих компенсаторных функций. Со временем, если человек ничего не предпринимает, компенсаторные возможности истощаются и возникают болевые ощущения и ограничение подвижности. Именно в таком состоянии мы чаще всего приходим в зал для занятий фитнесом.

99 % людей приходят заниматься фитнесом, имея неоптимальную статику и динамику. Часть мышц у нас будет считаться «слабыми» (сниженная активность), они не включаются в оптимальную последовательность движения, а часть будет «перегружена» из-за выполнения компенсаторных функций. Что произойдет, если мы дадим нагрузку на исходно слабые мышцы? Мы увеличим компенсацию за счет всех остальных систем и это приведет потенциально к травмам, болевым ощущениям, неоптимальным последовательностям движения и прочим всевозможным патологическим процессам.

Главная цель фитнеса - быть здоровым, хорошо выглядеть и иметь красивую фигуру, быть сильным и гибким, быть

полным энергии и быть адаптированным к нагрузкам.

Мы также тренируемся для того, чтобы восстановиться после травм, достичь лучших результатов, предотвратить общие патологии костно-мышечной системы. Широко известно, что способность людей правильно двигаться влияет на нашу способность четко думать и формировать положительное отношение к себе и к окружающему миру. Идея верная, но почему иногда после занятий фитнесом нам становится хуже и появляются болевые синдромы, почему иногда мы быстро устаем от тренировок? Почему мы не можем выполнить некоторые упражнения? Ответ простой – наша нервная система не подготовлена к оптимальной нагрузке, мы нагружаем и истощаем компенсаторные структуры, которые создал наш мозг, чтобы сбалансировать существующие дисфункции. В результате слабые звенья становятся еще слабее, а компенсаторные механизмы истощают свои возможности и мы испытываем всевозможные негативные симптомы.

Выделим системные ошибки при занятиях фитнесом

- Если мышца не включается в оптимальную последовательность двигательного акта – ее бесполезно «качать». Мозг будет выполнять поставленную задачу любыми доступными средствами, пока не закончатся его компенсаторные возможности. Тот факт, что мы еще не чувствуем боль – не означает, что все наши движения оптимальные, это означает, что у нас еще достаточно компенсаторных резервов.
- «Закачивание» проблемных зон. Например, при болях в колене, некоторые спортсмены любят «закачивать» прямую мышцу бедра. Любое движение – это работа группы мышц. Причиной боли в колене может быть что угодно, закачивая ту или иную мышцу мы только лишь усиливаем дисбаланс, что может впоследствии отразиться на других зонах, например, заболит голень.
- Многократные повторения упражнений. При минимальном уровне неврологической дисфункции мышца способна выполнить максимум 3 сокращения, потом она становится гипорефлекторной и не включается в работу, вызывая описанные выше компенсаторные явления.
- Работа с одной выбранной мышцей или «качаем бицепс». Одна мышца сама по себе не может выполнять движение. Любое движение конечностями достигается за счет в первую очередь стабилизации. При работе с бицепсом необходима слаженная работа группы мышц – стабилизаторов, фиксаторов, нейтрализаторов агониста и антагониста. Движение – это последовательность. Если мы выполняем упражнение с весом, в мышцы наших кистей не в состоянии выполнить удержание груза, все последующая нагрузка не только бесполезна, а наоборот вредна.
- Каждое выполняемое упражнение должно быть осознано. Человек, занимающийся фитнесом должен иметь минимальные представления об устройстве своей нервной системы, о работе собственных мышц и о качестве выполнения того или иного движения. Правильно заученное и осознанное движение переходит на уровень автоматизма и выполняется оптимально. Неправильное выполнение упражнения также будет «выучено» мозгом и приведет к неоптимальным двигательным паттернам.
- «Мышца становится сильной при определенной нагрузке». Сама по себе одна мышца сильной не

становится. Каждое движение можно рассматривать как мышечную цепь, в которой участвует много структур – мышцы, связки, суставы, фасция и т.д. Оптимальность работы двигательной цепи достигается содружественной работой групп мышц, перечисленных выше, при условии, что все они своевременно включаются в движение.

- «Сегодня качаем руки», «завтра качаем пресс». Корпус тела это дом, а руки и ноги это двери и окна, которые могут совершать движения за счет стабильности дома. Бесполезно качать ноги без включения мышц корпуса. Каждое движение совершается за счет стабилизации.

Для оптимальных занятий фитнесом необходимо две составляющие

неврологическое здоровье и знание о том, как правильно выполнять то или иное упражнение. Заниматься фитнесом с болевыми симптомами – опасно и травматично для организма.

Проанализируем правила оптимальной тренировки

- Все мышцы должны находиться в нормальном тоне (т.е. быть готовыми выполнять поставленную задачу, включаться и выключаться в определенной неврологической последовательности). При беге обязательно должны оптимально работать все антигравитационные мышцы.
- Количество повторений – любой стимул, повторенный конкретной мышцей много раз (более 20), ингибирует мышцу (растяжение или сокращение являются стимулом). Мышца с базовой дисфункцией теряет рефлекс растяжения после трех сокращений и все последующие упражнения выполняются с компенсацией.
- Мышцы работают только во взаимодействии с суставами; которые они пересекают. Например; некоторые люди при выполнении упражнений на пресс сгибают бедра. Это неправильно; потому что прямая мышца живота не пересекает бедро; и вместо этого мы тренируем основной флексор бедра - большую поясничную мышцу.
- Любая связка влияет на ассоциированные с ней мышцы. Если мы растягиваем связки стопы – это вызывает ингибирование соответствующих мышц и влияет на движение. Поэтому при выполнении каждого упражнения должно учитываться положение тела.
- Периферийные флексоры фасилитируют проксимальные флексоры. Это означает, что, когда мы тренируем бицепсы и сгибаем/разгибаем запястье, мы активируем бицепсы и это является типичным компенсаторным приемом/уловкой мозга.
- Стабилизация является основой для выполнения любых упражнений (особенно с весом).
- При выполнении всех упражнений должно соблюдаться правильное дыхание (например, при «качании» пресса вдыхать нужно в исходном положении, а выдыхать при подъемах). Прямая мышца живота – мышца выдоха, на вдохе она становится слабой.
- Любое упражнение должно делаться осознанно.

Большинство тренеров, при виде ошибки в выполнении

движения, скажут, что вы делаете упражнение неправильно и попросят иначе согнуть спину или удержать колени, или повернуть стопу. В результате, клиент будет жаловаться на то, что в новом положении он испытывает дискомфорт и не может выполнить движение. Тогда тренер скажет: - Ок, тебе нужно сделать более «сильными» конкретные мышцы, - и попросит выполнить дополнительные упражнения. Что происходит? Мы можем выполнять движение, потому что уже используем компенсаторные паттерны, а это означает, что наша система изначально работает плохо. Что делает тренер, когда просит поменять положение? Он просит нас перестать использовать компенсацию, и это автоматически создает конфликт в центральной нервной системе, так как по многим причинам она просто не может использовать требуемое положение. Центральная нервная система выбирает доступный паттерн. Что будет в результате? В лучшем случае нервная система справится и выстроит новую компенсацию, в худшем будет риск травмы.

Приведем пример. Клиент выполняет приседания. Во время упражнения его правая стопа вывернута наружу, таз наклонен, живот в момент приседа выпячен. Клиент делает это бессознательно, так как для его центральной нервной системы это наиболее оптимальный способ выполнения поставленной задачи. У клиента не работает прямая мышца живота, не работает косая мышца живота и не работает передняя малоберцовая мышца (например).

Есть два варианта, которыми может воспользоваться тренер. Настаивать на «переобучении» и просить сознательно включить неработающие мышцы.

Остановиться и задуматься - почему в этом конкретном случае центральная нервная система выбирает именно этот паттерн для выполнения упражнения? Почему центральная нервная система этого клиента делает именно такое движение и именно таким образом?

Тело выбирает этот способ бессознательно. Если мы начнем корректировать это на сознательном уровне – принесет ли это какую-либо пользу? Может быть, да, может быть, нет. Мы не можем быть уверены, пока не проведем тест.

Выработаем оптимальную процедуру тренировки:

- Анализ статических и динамических возможностей клиента, определение его компенсаторных паттернов, выявление гипорефлекторных мышц.
- Мышечное тестирование.
- В случае нахождения дисфункции – использование определенной техники для ее устранения.
- Обучение центральной нервной системы правильно выполнять движение.
- Обучение и разъяснение клиенту базовых правил работы его нервной системы.

Список используемой литературы

1. Бернштейн Н.А. О построении движений. – Москва, 1947.
2. Бернштейн Н.А. Общая биомеханика. Основы учения о движениях человека. – Москва, 1926.
3. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – М., 1966.
4. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – М., 1966.
5. Зациорский В.М., Арутин А.С, Селуянов В.Н. Биомеханика двигательного аппарата человека. -М.: Физкультура и спорт, 1981. - 143 с.
6. Коренберг В.Б. Основы качественного биомеханического анализа. - М.: Физкультура и спорт, 1979. - 208 с.
7. Винер Норберт. Я - математик. — М.: Наука, 1967. — 353 с.
8. Чхаидзе Л.В. Об управлении движениями человека. -М.: Физкультура и спорт, 1970. -С. 28-103.

Конфликт интересов

Авторы статьи ни с какими другими издательствами не сотрудничают.

Выражение признательности

Авторы статьи выражают признательность

Источник финансирования

Не указан.