

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УТОМЛЯЕМОСТИ И ЗРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА УДЕРЖАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ

В.Н. Федорова, Н.С. Снегирева, В.И. Доценко, И.В. Рогожина,
Э.Н. Эскина, С.А. Обрубов

Россия, 117869, Москва, ул. Островитянова, 1, Московский институт медико-социальной реабилитологии

Аннотация: Представлена новая методика основанная на реабилитационной биомеханике. Методика может использоваться для проведения оценки статокINETической устойчивости при утомляемости и зрительной информации. Для выполнения данного обследования применяются компьютерные стабилоанализаторы с высокой точностью измерений координат общего центра масс. Описан ряд тестов, реализующих методику.

Ключевые слова: реабилитация, утомляемость, зрительная информация, вертикальная поза, стабИлограмма, стабИлоплатформа

Нарушения в состоянии здоровья спортсменов непосредственно влияют на эффективность учебно-тренировочного процесса. Поэтому на протяжении цикла тренировок необходимо проводить мероприятия как по предупреждению травм, заболеваний, так и по восстановлению спортсменов после них. Особую значимость при этом имеют профилактико-реабилитационные мероприятия. В теории и практике спорта существует достаточное количество обоснованных реабилитационных методик [1]. Однако при разработке подобных мероприятий, как правило, невелика роль фундаментальных наук, например, физики, и в частности, медицинской и биологической физики.

На кафедре медицинской и биологической физики Московского института медико-социальной реабилитологии разработана методика, основанная на реабилитационной биомеханике и использующая медицинское оборудование, которое в настоящее время уже применяется в медицинской практике для реабилитационных мероприятий.

Эта методика может быть использована врачами для проведения оценки статокINETической устойчивости при утомляемости и зрительной информации.

Теоретическая часть методики основана на использовании следующих фундаментальных понятий механики и математики [2,3,4]:

1. кинематика материальной точки;
2. центр масс и центр тяжести;
3. момент силы, момент силы тяжести;
4. гармонические колебания;
5. сложное колебание, разложение сложного колебания на простые, гармонический спектр;
6. понятия математической статистики.

Далее рассматриваются некоторые положения сохранения вертикальной позы.

Во многих случаях для реабилитации опорно-двигательного аппарата человека (спортсмена) важно понимание физических основ сохранения вертикальной позы, отражающей приспособление к существованию в гравитационном поле. Опорно-

двигательная система человека, состоящая из сочлененных между собой костей скелета и мышц, с точки зрения медицинской и биологической физики, представляет собой совокупность рычагов, удерживаемых человеком в равновесии. Для изучения опорно-двигательной системы существуют разные методы.

Статокинезиметрия объединяет методы оценки способности человека сохранять вертикальную позу. В эту группу входит и стабилотография – метод оценки способности человека удерживать проекцию центра масс в пределах координат границы площади опоры. Данный метод реализуется с помощью стабилотографа, основной частью которого является стабилотоплатформа, на которой находится человек во время испытаний.

Стабилотоплатформа реагирует на малейшее изменение координат центра давления человека на плоскость опоры в положении стоя или сидя. Под центром давления следует понимать проекцию общего центра масс (или общего центра тяжести) человека на горизонтально расположенную платформу. Для человека характерно близкое к симметричному распределению моментов сил тяжести отдельных его органов и их сегментов. Перемещение центра давления обуславливает изменение давления на локальные зоны платформы, что приводит к автоматической оценке сложного колебательного движения центра давления и записи его по двум каналам – фронтальному и сагиттальному. Стабилотограмма – траектория перемещения общего центра масс. Она представляет собой запись изменения положения центра давления, «разложенную» по обоим каналам как функцию времени t .

Вводится понятие статокинетической устойчивости, для которой важны способность организма сохранять стабильными работоспособность, основные вегетативные показатели, ориентацию в пространстве и функцию равновесия при воздействии на организм статокинетических раздражителей. К последним относятся ускорение при активных и пассивных перемещениях и оптокинетиические воздействия.

Биомеханика движений организма, органов и их сегментов может нарушаться при травмах, заболеваниях, патологиях. Одним из нарушений является потеря способности устойчиво сохранять вертикальное положение. Являясь высокоорганизованной двигательной функцией, удержание вертикальной позы вбирает в себя особенности генотипа и конституции человека. По ее нарушению часто можно судить о наличии нарушений в состоянии здоровья.

Различные сенсорные системы человека играют разную по степени значимости роль в способности удержания вертикальной позы. Первое место занимает вестибулярная система, за ней следует проприоцептивная система, третье место принадлежит зрению.

Одним из основных понятий в реабилитологии является понятие восстановления двигательной – координаторных функций с помощью биологической обратной связи. Понятие «биологической обратной связи» тесно связано с физиологией, информационными системами в организме человека и пониманием болезни как нарушения информационного процесса, когда недостаток информации ведет к снижению уровня адаптации [5]. Например, в сохранении вертикальной позы зрительная информация дает сигнал другим системам о необходимости подключиться к регуляции позы.

В последние годы разработаны отечественные компьютерные стабилотоанализаторы с высокой точностью измерения координат общего центра масс. Они используются при реабилитации больных с нарушениями статокинетической устойчивости. С их помощью возможна проверка способности к восстановлению нормальной координации движений. Работа стабилотоанализаторов, позволяющих исследовать биомеханические движения человека при поддержании вертикальной позы

с помощью методов компьютерной стабиллографии, в лабораторной работе может быть проведена с помощью стабиллографов типа КСК –123-2 [6].

Методы статокинезиметрических проб содержат комплекс программ, с помощью которых можно оценить функции организма, позволяющие сохранять вертикальную позу по основным параметрам, получаемым путем записи и анализа статокинезиграмм.

Описание установки – статокинезиметра

Статокинезиметр – это диагностико-экспертный и реабилитационный компьютерный комплекс – анализатор статокинетической устойчивости человека. Он позволяет проводить регистрацию, обработку и анализ текущих координат и траекторию перемещения проекции общего центра масс человека на плоскости опоры, вычислять биомеханические показатели для исследования механизмов регуляции позы и обеспечения статокинетической устойчивости. Блок-схема компьютерного стабиллографического анализатора (статокинезиметра) типа КСК-123-2 содержит:

1. стабиллоплатформу тензометрическую, система 4-х датчиков которой фиксирует положение общего центра масс ;
2. усилитель, который усиливает сигналы с тензодатчиков;
3. аналого-цифровой преобразователь, который усиленные сигналы преобразует в цифровую форму;
4. компьютер с программно-методическим обеспечением. В его памяти находится полученная информация (архив), используемая на различных этапах обследования пациента. Программное обеспечение комплекса предусматривает проведение ряда испытаний, называемых пробами.

Проба «устойчивость»

При проведении пробы "устойчивость" оценивается способность испытуемого сохранять строго вертикальную позу, причем оценивается степень отклонения тела от вертикального положения по ортогональным направлениям в трех точках (a_1 , a_2 , a_3). По существу устойчивость – это способность человека размещать общий центр масс так, чтобы его проекция на горизонтальный участок опоры попадала на площадь, ограниченную стопами. Удержание вертикальной позы – это мышечная координация циклических движений тела. При этом тело колеблется, и площадь, описываемая общим центром масс, может превышать площадь опоры. При проведении пробы «устойчивость» стабиллограмма снимается в течение 30 секунд, при этом пациента (испытуемого) просят встать на платформу и постараться самостоятельно сохранить вертикальное положение тела. Запись данных осуществляется в форме статокинезиграмм.

Проба Ромберга

В пробе Ромберга, проводится оценка вклада зрительной информации в удержании вертикальной позы (так называемая позная регуляция). Проба Ромберга выполняется следующим образом:

- в течение 30 секунд проводят запись статокинезиграмм испытуемого, пытающегося сохранить вертикальное положение с открытыми глазами (зрительная информация присутствует);
- затем предлагают испытуемому закрыть глаза и в течение 30 секунд записывают статокинезиграмм (зрительная информация отсутствует).

Сравнение статокинезиграмм, полученных в этой пробе, позволяет оценить вклад зрения в способность позной регуляции организма. Эта проба, повторенная несколько раз, позволяет сравнить возможности к тренировке вертикализации данного испытуемого при наличии зрительной информации (с открытыми) или при отсутствии зрительной информации (с закрытыми глазами).

Анализ статокинезиграмм предусмотрен программой по многим характеристикам.

1. Математическое ожидание координат общего центра тяжести (общего центра масс) по математическому ожиданию координаты центра давления $Mx \pm \sigma_x$, $My \pm \sigma_y$, (м, мм), каждая координата со средним квадратичным отклонением – σ_x (σ_y).
2. Длина кривой (длина траектории движения общего центра масс)– L , (м, мм).
3. Площадь статокинезиграмм – S , (m^2 , mm^2).
4. Время перемещения – t , (с).
5. Скорость (средняя скорость перемещения общего центра масс) – $V_{cp} = L/t$, (м/с, мм/с).
6. Радиус отклонения общего центра масс – R , (м, мм).
7. Среднее квадратичное отклонение радиуса – σ_R , (м, мм).
8. Отклонение общего центра тяжести – D_x , D_y , (м, мм).
9. Коэффициент асимметрии – $K_{as} = (\Sigma_{(+)} - \Sigma_{(-)}) / (\Sigma_{(+)} + \Sigma_{(-)})$.

Помимо анализа статокинезиграмм программой предусмотрено получение гистограмм, характеризующих статистическое распределение величин отклонения общего центра масс в обоих направлениях и спектральный анализ сложных колебаний тела испытуемого. Обработка гистограмм и спектральный анализ проводятся с применением методов, изучаемых в основном курсе медицинской и биологической физики.

Практическая часть методики содержит следующие тесты

Тест № 1

Снятие статокинезиграммы в состоянии без утомления пациента (с утомлением пациента в конце испытания).

1. Записать статокинезиграммы двух испытуемых, измерить a и t тоекратно.
2. Определить по статокинезиграммам среднюю скорость отклонения общего центра масс во фронтальном и сагиттальном направлении для обоих испытуемых.
3. Данные занести в соответствующие таблицы.
4. Сопоставить средние значения скоростей колебательных процессов у двух испытуемых, и сделать вывод относительно их способности сохранять вертикальную позу.
5. Представить площадь статокинезиграммы в форме квадрата, сравнить до и после утомления.
6. Изобразить окружность с радиусом, равным среднему отклонению общего центра тяжести, сравнить до и после утомления.

Тест № 2

Проведение пробы Ромберга.

1. Записать статокинезиграмму в положении «испытуемый с открытыми глазами».
2. Записать статокинезиграмму в положении «испытуемый с закрытыми глазами».
3. Провести анализ статокинезиграмм по приведенным выше характеристикам.
4. Результаты анализа занести в соответствующую таблицу.

Тест № 3

Проведение анализа гистограмм величины отклонений общего центра масс от положения равновесия в обоих случаях.

1. Найти моду M_0 .
2. Найти медиану M_e .
3. Найти максимальное отклонение влево и вправо.
4. Найти максимальное отклонение вперед и назад.
5. Проверить условие нормировки.
6. Найти математическое ожидание.
7. Найти наиболее вероятное значение.
8. Данные занести в соответствующую таблицу.
9. Провести сравнение гистограмм с нормальным распределением по закону Гаусса, отметив наличие или отсутствие симметрии распределения.

Тест № 4

Проведение оценки акустического спектра сложного колебательного движения общего центра масс при удержании вертикального положения тела.

1. Определить интервалы частот спектра в положении с открытыми и закрытыми глазами.
2. Определить максимальные значения амплитуд колебаний с разными частотами в обоих случаях..
3. Определить амплитуду и частотный интервал сердечного максимума.
4. Полученные результаты занести в соответствующую таблицу.
5. Провести сравнение результатов влияния наличия зрительной информации на спектр колебаний.

Изучение данной методики, безусловно, повысит для врачей-реабилитологов эффективность усвоения стабิโลграфических методов и их физической сущности. Это позволит разрабатывать новые направления в организации профилактико-реабилитационных мероприятий.

Литература

1. Гаптова Ю.В. **Профилактическо-реабилитационные мероприятия в системе подготовки спортсменов**. Учебно-методическое пособие, Московская государственная академия физической культуры, 1997.
2. Ливенцев Н.М. **Курс физики**. Москва, Высшая школа: 15, 21, 38, 1974.
3. Ремизов А.Н. **Медицинская и биологическая физика**. Москва, Высшая школа: 17, 104, 1996.
4. Федорова В.Н. **Краткий курс медицинской и биологической физики**. Москва, издательство Российского государственного медицинского университета: 22, 30, 1996.
5. Фролов В.А. Болезнь как патология информационного процесса. **Патологическая физиология и экспериментальная терапия**, 1: 5-9, 1992.
6. Слива С.Е. Стабิโลграф типа КСК –123-2. **Биомеханика – 1998**, Нижний Новгород, с.14, 1998.

ESTIMATION OF FATIGUABILITY AND VISUAL INFORMATION INFLUENCE ON THE RETENTION OF THE VERTICAL POSTURE

**V.N. Fedorova, N.S. Sneguireva, V.I. Dotsenko, I.V. Rogozhina,
E.N. Eskina, S.A. Obrubov (Moscow, Russia)**

A new method based on the rehabilitation biomechanics is presented. The method may be used to receive an estimation of statokinetic stability under fatiguability and visual information. To do such observation the application of a computer stabiloanalyser with the high precision of measurements of the gravity center is necessary. A number of tests realizing the method is described. Ref. 6.

Key words: rehabilitation, fatiguability, visual information, vertical posture, stabilogram, stabiloplatform

Получено 11 мая 2000