

БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОМПРЕССИОННОГО ОСТЕОСИНТЕЗА ВНУТРИСУСТАВНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА

Н.О. Каллаев

Россия, 432071, г.Ульяновск, ул. Рылеева, 30, городская клиническая больница скорой медицинской помощи

Целью настоящего исследования является клинико-экспериментальное обоснование компрессионного остеосинтеза внутрисуставных переломов голеностопного сустава в условиях сохранения ранних движений.

Нами предложено компрессионное устройство (а.с. 1731200), которое обеспечивает одностороннюю динамическую компрессию костных фрагментов с помощью спицы (2 мм) с упорной площадкой. Устройство с пружинным механизмом выполнено в виде приставки к внешней опоре (дуги со сплошной внутренней прорезью). Внешняя опора служит основанием для противоупорных спице стержневых фиксаторов, проведенных выше зоны повреждения. Компрессирующая спица проводилась перпендикулярно плоскости излома отломка. Количество компрессирующих устройств соответствовало количеству отломков. Разрыв дистального межберцового синдесмоза устранялся как в опытах, так и у больных при помощи двух спиц Киршнера с упорными площадками, проведенными выше синдесмоза на 1.5-2 мм.

Испытания прочности фиксации отломков на разрыв 20 анатомических препаратов дистального сегмента голени и голеностопного сустава проводились на разрывных машинах ZVG-500 фирмы Raunstain и P-10 с регистрацией данных манометром, а предел смещения фиксированных отломков при кручении с помощью специально изготовленного динамометрического ключа часового типа, установленного на костный фрагмент. Исследования проводились до наступления смещения отломков до 0.5-1.0 мм, которые регистрировались на индикаторе часового типа.

При разных по характеру переломах и переломах-вывихах, выполненных нами на моделях, устойчивость на разрыв и кручение при изолированных переломах внутренней лодыжки составила 229.8 ± 19.6 Н, при супинационных переломах - 447.7 ± 26.9 Н, пронационных - 492.5 ± 28.4 Н и при полифрагментарных переломах дистальных метаэпифизов берцовых и таранной костей - 503.4 ± 29.3 Н.

Клинико-экспериментальные исследования (38 больных в возрасте от 23 до 65 лет, с давностью травм от 2 часов до 6 суток) показали эффективность метода динамического компрессионного остеосинтеза. У 83% пациентов функция голеностопного сустава была восстановлена за время фиксационного периода. Оценка исходов лечения, проведенная нами через 4 и 7 лет, выявила хорошие анатомические и функциональные исходы в 92.8% случаях.

Таким образом, изучение биомеханических параметров компрессионного остеосинтеза позволяет проводить лечение строго индивидуально в зависимости от характера повреждения, что конкретизирует особенности врачебной тактики.

ЗАВИСИМОСТЬ ОТВЕТА НА ВИБРАЦИЮ МЫШЦ ГОЛЕНИ ОТ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЗЫ

Т.Б. Киреева

Россия, 101447, Москва, Большой Каретный пер. 19, Институт проблем передачи информации РАН

Целью настоящей работы являлось изучение влияния вибрационной стимуляции проприоцепторов мышц голени на работу системы поддержания равновесия при разной устойчивости позы.

У 12 практически здоровых испытуемых, стоявших с открытыми глазами на двух или на одной ноге вибрировали (30 Гц) сухожилие 1) камбаловидной (КМ) или 2) передней большеберцовой мышцы (ПБМ) одной ноги (при стоянии на одной ноге – опорной). Испытуемые стояли на стабилोगрафе на подставках высотой 10 см. При стоянии на одной ноге одну из подставок убирали, и неопорная нога свободно свисала. Для количественной оценки результатов использовали длины фронтальных и сагиттальных стабิโลграмм и изменение положения общего центра тяжести (ОЦТ) тела в сагиттальной плоскости.

Прежде всего заслуживает внимания тот факт, что слабая вибрация сухожилия одной ноги у испытуемого, стоявшего на двух ногах, вызывала отклонение тела (ОЦТ смещался назад на 3.2 см в эксперименте 1 и вперёд на 4.6 см и 3.7 см при вибрации правой и левой ноги в эксперименте 2), хотя проприоцептивная афферентация другой ноги была сохранена.

Длина кривой во время вибрации во фронтальной плоскости увеличилась в 1,7 раза в первом эксперименте и в 1.5 раза во втором, а в сагиттальной – в 2 раза в обоих экспериментах (в среднем по всем испытуемым).

При переходе от стояния на двух ногах к стоянию на одной ноге ОЦТ смещался соответственно вправо (на 7.5-7.8 см) или влево (на 7.1-7.3 см) и вперёд или назад (чаще вперёд, в среднем на 0.6-1.5 см). Длина кривой при этом увеличилась в 2.5-3 раза во фронтальной плоскости и в 2.2-2.7 раза в сагиттальной.

Во время вибрации КМ при стоянии на одной ноге длина кривой во фронтальной плоскости увеличилась по сравнению с исходной в 1.3-1.4 раза, а в сагиттальной – в 1.4 и в 1.7 раза. Во время вибрации ПБМ при стоянии на одной ноге длина кривой во фронтальной плоскости почти не менялась, а в сагиттальной увеличилась в 1.3 и в 1.4 раза.

Во время вибрации КМ при стоянии на одной ноге ОЦТ смещался меньше, чем при стоянии на двух ногах у половины испытуемых. У 17% испытуемых (при стоянии на правой) и у 8.5 % (на левой) ОЦТ смещался больше, чем при стоянии на двух ногах. У остальных различия были незначительны. Во время вибрации ПБМ при стоянии на правой ноге ОЦТ смещался меньше, чем при стоянии на двух ногах у 46% и больше у 37% испытуемых. При стоянии на левой ноге эти величины составили 37 и 27%.

Таким образом, хотя смещение ОЦТ под действием вибрации при стоянии на одной ноге меньше, чем при стоянии на двух лишь у половины испытуемых, но увеличение длины кривых при вибрации меньше почти у всех испытуемых, и это позволяет считать, что влияние возмущения проприоцептивной системы уменьшается при уменьшении устойчивости позы. Возможно, при стоянии на одной ноге система больше использует зрительную и вестибулярную информацию, а также информацию от мышц-антагонистов.

АКУСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ТКАНИ

Б.Н. Клочков, Е.А. Кузнецова

Россия, 603600 Н.Новгород, ул.Ульянова, 46, Институт прикладной физики РАН

Экспериментально и теоретически исследованы линейные и нелинейные поверхностные упругие волны на живой ткани, которая могла находиться в условиях с различным уровнем кровоснабжения, механохимических процессов, изменения слоистой структуры. Исследование и контроль механохимических процессов, развития напряжения мышечными слоями ткани осуществлялось при помощи измерения параметров "звуков мышцы" - собственных, присущих внутреннему устройству ткани, акусто-эмиссионных явлений. Использовался комплекс вибро-акустической аппаратуры фирм Брюль и Кьер, Роботрон. Вибрации задавались вибростендом, а измерялись акселерометром в диапазоне частот 3-400Гц. Акселерометрически (или микрофоном) измерялась акусто-эмиссия от мышечных слоев. Объектом исследования являлась поверхность предплечья руки человека.

Показано, что увеличение уровня акустической эмиссии от мышцы руки при ее напряжении в "классическом" низкочастотном диапазоне 20-50Гц на 10-15дБ увеличивает скорость распространения поверхностной волны на ткани руки в 1.6-2.5 раза на частотах 120-200Гц. Кроме того при мышечном напряжении зависимость разности фаз от частоты в двух точках поверхности ткани становится существенно более монотонной, что связано с изменением толщины слоев ткани и их механохимических параметров. Изучены характерные слоевые эффекты резонансного типа при вибровоздействии на поверхность ткани. Проведены расчеты ближних акустических полей на поверхности такой слоистой реагирующей ткани, соответствующие результатам измерений. Предложены алгоритмы определения структурных, вязкоупругих и активных параметров ткани при помощи поверхностных волн. Развита теоретическая представления о природе звуков мышцы, основанные на нелинейной механохимической модели ткани, включающей взаимодействующие и развивающие силу активные белки-осцилляторы. Сделанные оценки характерных параметров акустической эмиссии, сопровождающей квазистатическое мышечное напряжение, близки измеряемым.

Исследовались нелинейные акустические эффекты при воздействии на поверхность ткани двух вибраторов с различными частотами (двухчастотное воздействие), причем ткань могла находиться в различных состояниях: напряженном и расслабленном. Измерялись уровни суммарной и разностной частот. Показано, что в случае $f_1=80\text{Гц}$ и $f_2=140\text{Гц}$ относительный уровень f_1+f_2 уменьшался при напряжении (4кГ) из расслабленного состояния в 2.8 раза, а относительный уровень f_2-f_1 , наоборот, увеличивался в 1.3 раза. Аналогичные результаты получены и на других парах частот. Для сравнения отметим, что при одночастотном воздействии на поверхность ткани наибольший уровень гармоник однозначно был связан с расслабленным состоянием, при напряжении уровень гармоник существенно падал; на определенных частотах были зарегистрированы также параметрические эффекты как проявление нервно-мышечного виброрефлекса.

Изучено влияние уровня кровоснабжения ткани на ее акустические свойства. Построены соответствующие математические модели с учетом неосесимметрии сосудистого русла, его вязкоупругости, активности гладкомышечных волокон, наличия продольного натяжения и скорости кровотока. Полученные решения описывают

эффекты локального и нелокального изменений просвета сосуда сложной формы, а также неоднородного распределения крови в ткани. Сделанные оценки показывают правдоподобность результатов для венозных и артериальных сосудов в норме и при ряде патологий, а также для кровоснабжения ткани в целом.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект N 97-02-18612).

УЧЕТ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СООТНОШЕНИЙ В КРОВЕНОСНОМ РУСЛЕ ПРИ ОЦЕНКЕ ДЕФОРМИРУЕМОСТИ ЭРИТРОЦИТАРНЫХ МЕМБРАН

Г.Н. Ковалев, Н.С. Снегирева, Е.И. Шафранова

Россия, 117334, Москва, Ленинский пр., 32 А, Институт прикладной механики РАН

При разработке моделей живых тканей необходимо учитывать определяющие соотношения, свойственные морфологическим особенностям рассматриваемых систем.

Движение крови в кровеносной системе представляет собой биомеханический процесс течения суспензии с аномальным распределением концентрации эритроцитов в артериях, артериолах и других кровеносных сосудах. Однако при переходе к участкам кровеносного русла, состоящим из капилляров, эритроциты испытывают деформацию, зависящую от формы участка “прекапилляр-капилляр-посткапилляр”, что существенно изменяет условия деформации эритроцитов.

Если пристеночный (понижение концентрации красных кровяных клеток) и осевой (повышение их концентрации) эффекты возможно моделировать изучением потока крови в узких стеклянных трубках, то для моделирования поведения отдельного эритроцита в капилляре используют трековые микрофльтрационные мембраны. Трековые мембраны получают путем облучения ионами непористой полимерной пленки с последующей обработкой пленки щелочью (протравливанием). При протравливании следы движения ионов в пленке (треки) превращаются в каналы, так как при движении ионов часть химических связей вдоль трека в полимере разрушается, и протравливание идет быстрее вдоль треков. Это приводит к появлению пор цилиндрической формы или к форме со слабо выраженной конусностью.

Такая форма пор не соответствует основным размерам прекапилляра, капилляра и посткапилляра. В предлагаемой работе приводится расчет необходимых параметров описания структуры фильтра, моделирующего расширение и сужение капиллярных участков кровеносного русла.

Структура представляет собой ансамбль полых пересекающихся сфер, связанных между собой и имеющих диаметр около 9 мкм. Соединения сфер имеют размеры, зависящие от расстояния между центрами соседних сфер. Радиус сопряжения двух соседних пор определяется следующим соотношением:

$$\rho = \sqrt{R^2 - a^2/4}$$
, где ρ – радиус сужения между двумя соседними сферами, R – радиус основной сферы, a – расстояние между центрами двух соседних сфер.

В сопряжении двух сфер нормальный эритроцит (дискоцит), скручиваясь, принимает цилиндрическую форму с диаметром 2-4 мкм. В полых сферах он полностью разворачивается, принимая исходную форму дискоцита. Патологически измененные эритроциты (сфероциты и эхиноциты) не способны к деформации и

поэтому не в состоянии перемещаться по участкам, моделирующим “прекапилляр-капилляр-посткапилляр”.

Таким образом, пористая полимерная пленка является моделью участка кровеносного русла, и наряду с трековыми мембранами может быть использована в так называемых тестах фильтруемости крови в клинической диагностике. Как показывает опыт, микрофильтрационная пленка с описанной структурой делает более чувствительной диагностику заболеваний, связанных с потерей деформируемости эритроцитарной мембраны.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АНАТОМИЧЕСКОЙ ФОРМЫ НЕБНО-ГЛОТОЧНОГО ЗАТВОРА – ВАЖНЫЙ ЭТАП УРАНОФАРИНГОПЛАСТИКИ ПРИ ВРОЖДЕННОЙ РАСЩЕЛИНЕ НЕБА У ДЕТЕЙ

В.М. Колегов, Е.Ю. Симановская

Россия, 614000, Пермь, ул. Куйбышева, 39, Пермская государственная медицинская академия, кафедра детской стоматологии

Врожденная расщелина губы и неба - сложный патологический многоблочный симптомокомплекс, возникший вследствие внутриутробного порока развития начального отдела жизненно-важной системы питания.

Нарушение анатомической формы (косметический дефект) и функции (прием, обработка, глотание пищи, голосо- и звукопроизношение) дебютируют сразу после рождения ребенка, а следовательно, имеется нуждаемость в безотлагательной помощи. 20-летний опыт комплексного лечения детей с врожденной расщелиной губы и неба с использованием предоперационной ортопедической реконструкции порочно развитой губы и неба свидетельствуют о том, что возможно не только оказать ребенку безотлагательную помощь сразу после рождения, но и оптимизировать условия для последующих оперативных вмешательств как в области губы [1], так и неба [2]. Аппаратурное низведение небных отростков, репозиция межчелюстной кости, тренировка мышц мягкого неба и глотки, благоприятно сказываются на ретротранспозиции слизисто-надкостничных лоскутов и фрагментов мягкого неба, восстановлении анатомической формы небно-глоточного затвора.

Нами произведена операция уранофарингопластики 82 детям в возрасте от 3 до 7 лет благодаря предоперационной стимуляции функций мышц мягкого неба и глотки, стало возможным наряду с устранением дефекта неба, сместить кзади на 1-1.5 см мягкотканые лоскуты, включающие мягкое небо, мобилизовать окружающие ткани и произвести препарование мышц, образующих небно-глоточный затвор, сохраняя при этом сложную анатомическую конфигурацию задних отделов мягкого неба, небных дужек и язычка. Таким образом, удастся исправить не только форму, но и сузить мезофаринкс.

Восстановление таким путем анатомической формы небно-глоточного затвора, оптимизирует не только эти образования, улучшая функционирование клапанов, разобщающих в момент глотания полости рта и носа, так и закрывающих вход в гортань, но и способствует восстановлению речевой функции.

Литература

1. КОЛЕГОВ В.М., СИМАНОВСКАЯ Е.Ю. 25-летний опыт реабилитации детей с врожденной патологией по материалам Пермского межобластного центра. Тезисы 20-й Пермской областной науч.-практ. конф. стомат: 16-17, 1989.
2. СИМАНОВСКАЯ Е.Ю., МАЛИННИКОВА Г.М., КОЛЕГОВ В.М., ЗАХАРОВА Н.И., ДЕРУНОВА Т.Ю. Реабилитация детей с врожденными расщелинами губы и неба в дошкольном возрасте. Тезисы V Междунар. научно-практ. конф. "Традиционные и нетрадиционные методы оздоровления детей", Ижевск, 1996.

СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА

А.А. Колесников, И.В. Кондратьев, С.С. Слива

Россия, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП-17А, Таганрогский государственный радиотехнический университет, кафедра САУ

Рассматриваемая синергетическая концепция исследования биомеханических движений человека была развита в процессе изучения поддержания человеком вертикальной позы методами компьютерной стабиллографии. В ней используются базовые понятия и явления современной динамики и синергетики (хаос, странные аттракторы, параметры порядка, нелинейные колебания, волновые процессы и др.) для исследования физиологических характеристик человека.

Развиваемый синергетический подход базируется на фундаментальной предпосылке, что биомеханические движения человека - это высокоскоростные, когерентные процессы, которые возможны только в результате обмена информацией между различными частями и иерархическими уровнями биотехнической системы. В отличие от традиционного подхода, в соответствии с которым некоторые моторные программы биосистем предназначены для выполнения некоторых действий, в новом синергетическом подходе биологические явления, в том числе и биомеханические движения, представляют собой не что иное, как различные процессы самоорганизации. Именно самоорганизация играет определяющую роль в процессах обработки информации, протекающих в биосистемах. При этом возникает новый тип информации, связанный с коллективными переменными - параметрами порядка биосистемы. Коллективное состояние биосистемы может быть описано одним или несколькими параметрами порядка - синергетическими информаторами. Состояние же отдельных частей биосистемы определяется на основе принципа подчинения этих частей выделенным параметрам порядка. Это эквивалентно согласованному поведению отдельных частей биосистемы, что и отражает процесс самоорганизации.

Синергетический подход к исследованию биомеханических движений человека предполагает, что, несмотря на сложность этих процессов, ряд паттернов поведения человека может быть описан с помощью параметров порядка. Использование параметров порядка - информаторов - для макроскопического описания биомеханических движений позволяет обеспечить колоссальное сжатие информации, т.к. рассматриваются не индивидуальные микродвижения, а изучаются глобальные свойства биотехнической системы в виде динамически связанных аттракторов. Информация проявляется на макроскопическом уровне, что существенно увеличивает эффективность биотехнической системы. В синергетической биотехнической системе в

результате самоорганизации образуются пространственные, временные или функциональные структуры, отражающие соответствующие физиологические характеристики человека.

Итак, синергетический подход позволяет по сравнению с существующими методами достигнуть принципиально нового уровня рассмотрения фундаментальной проблемы изучения биомеханических движений человека и открывает возможность создания новых высокоэффективных средств исследования и диагностики не только методами компьютерной стабильграфии.

Работа выполнена при поддержке РФФИ.

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ КОМПОЗИТНОЙ СИСТЕМЫ "КОСТЬ–ФИКСАТОР" ПРИ НАКОСТНОМ ОСТЕОСИНТЕЗЕ ДИАФИЗОВ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ

М.В. Коляденков, И.Н. Пиксин, А.Е. Болванович

Россия, 430004, Мордовия, г. Саранск, ул. Ульянова, 30, Мордовский государственный университет, кафедра госпитальной хирургии

В современной травматологии методы оперативного лечения переломов занимают ведущее место (около 70 % от всех случаев заболеваний и травм). В то же время осложнения при остеосинтезе костей по данным разных авторов (Герновой М.С., 1982) и собственным наблюдениям составляют до 14.7 %, причем наибольшее число осложнений составляют нарушения консолидации костных отломков (до 34 % от всех случаев осложнений).

Учитывая вышесказанное, целью нашей работы является определение биомеханических критериев остеосинтеза, позволяющих снизить процент нарушений костной консолидации при накостном остеосинтезе диафизов длинных трубчатых костей.

Нами произведено изучение принципов накостного остеосинтеза с составлением физико-математической модели системы «кость-фиксатор». В процессе расчетов учитывалось возможное наступление смещения с образованием диастаза. В результате расчетов выведены следующие критерии:

Введение фиксирующих винтов необходимо осуществлять строго под углом 90^0 к кортикальному слою кости, что позволяет, во-первых: достичь максимальной силы компрессии, во-вторых, обеспечить минимальное взаимосмещение отломков кости и фиксатора.

Необходимо соблюдать расположение винтов на плоскости пластины в шахматном порядке, что исключает возможность ротационного смещения.

Осевая линия пластины должна составлять с линией перелома острый угол, открытый в проксимальном направлении, что позволяет свести к минимуму возникновение диастаза при ранних нагрузках.

Для оценки функциональности данных критериев нами были изучены с учетом отдаленных результатов 43 больных, оперированных по поводу переломов диафизов длинных трубчатых костей в течение 1995 года с учетом указанных выше критериев. В качестве фиксатора во всех случаях применялись пластины ЦИТО. Контрольную

группу составили 45 больных, также прооперированные в 1995 году, у которых при оперативном вмешательстве биомеханические критерии не были соблюдены в полном объеме.

При исследовании оценивались такие нарушения костной консолидации как ее замедление, формирование ложных суставов. Как свидетельство микронестабильности в системе «кость-фиксатор» расценивалось также наличие металлоза, что определялось при удалении металлоконструкций.

Нарушения консолидации у обследованной группы наблюдались у 2 больных (4.7 %), металлоз при удалении металлоконструкций определялся у 6 (13.9 %). В контрольной группе замедление консолидации определялось в 11 (24.4 %), ложный сустав в 2 (4.4 %) и металлоз – в 21 (46.7 %) наблюдениях.

Таким образом, исследования показали что, четкое выполнение принципов биомеханики с соблюдением разработанных нами критериев позволяет вдвое снизить нарушения консолидации костных отломков и последствия микронестабильности в системе «кость-фиксатор».

ОБ ОПЫТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СТАБИЛОАНАЛИЗАТОРОВ ОКБ «РИТМ»

И.В. Кондратьев, С.С. Слива, Г.А. Переяслов, А.Ф. Кононов

Россия, 347900, г. Таганрог, ул. Петровская (Ленина), 99, ОКБ «Ритм»

Основоположник отечественной стабилотографии как направления в биомеханике, ныне академик РАН В.С.Гурфинкель определил ее как методику количественного, пространственного и временного анализа устойчивости стояния человека еще в 1952 г. С помощью стабилотолформы, основы компьютерного стабилотографа, измеряются, как правило, координаты центра давления оказываемого человеком на плоскость опоры.

Интерес к стабилотографии резко возрос после ее компьютеризации, которая позволила решить проблемы обработки и визуализации сложных сигналов (статокинезиграмм и стабилотограмм). В ОКБ «Ритм» это направление развивается с 1990 года. За прошедший период удалось разработать три поколения компьютерных стабилотоанализаторов, наладить их выпуск малыми партиями и создать программно-методическое обеспечение для диагностики, реабилитации и медико-биологических исследований, сохраняя преемственность с аппаратными средствами разных поколений.

Обобщение опыта применения более 80 компьютерных стабилотографических комплексов в различных медицинских учреждениях и на транспорте позволило выявить эффективные направления их использования.

Реабилитация больных с постинсультными гемипарезами с помощью новой технологии на основе компьютерной стабилотографии с биологической обратной связью (БОС) зрительной модальности, разработанной на базе НИИ неврологии РАМН (г. Москва), позволяет оптимизировать восстановительный процесс двигательных нарушений за счет коррекции не только эфферентного звена организации движения, но и активной перестройки центральных механизмов сенсорного обеспечения.

Разработанный в Московской медицинской академии имени И.М. Сеченова комплекс реабилитационных мероприятий для больных с сочетанием вестибулярных

нарушений и острой или подострой нейросенсорной тугоухости, а также при болезни Меньера, на базе методов компьютерной стабิโลграфии с применением обонятельного воздействия пахучими веществами позволяет повысить эффективность и сократить сроки реабилитации.

Получен положительный опыт в оценке процесса реабилитации детей с ДЦП в Московской городской детской психоневрологической больнице № 18 и Российском НМЦ восстановительного лечения детей с церебральными параличами.

Компьютерные стабิโลграфические игры с БОС оказались эффективными в повышении статокинетической устойчивости у спортсменов, к координации которых предъявляются повышенные требования.

Сформировалось отдельное направление по оценке психофизиологического состояния человека на основе методов компьютерной стабิโลграфии, отличающееся высокой эргономичностью и малым временем обследования. Это позволило разработать методики для экспертизы трудоспособности, проверенные в НИИ ЭТИН (г.Санкт-Петербург), и ускоренного предрейсового контроля водителей транспортных средств в целях повышения безопасности движения.

Учитывая накопленный опыт, представляется перспективным использование методов компьютерной стабิโลграфии в фундаментальных исследованиях биомеханики движений при поддержании вертикальной позы, аэрокосмической медицине, валеологии, в профотборе и профориентации, экспресс диагностике наркотических состояний и пр.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ ЧЕЛОВЕКОМ

А.Ф. Кононов, С.С. Слива

Россия, 347928, г. Таганрог, ГСП-17А, пер. Некрасовский, 44, Таганрогский государственный радиотехнический университет, кафедра САУ

Одним из перспективных методов исследования механизмов поддержания человеком вертикальной позы является компьютерная стабิโลграфия, основным измерительным средством которой является стабิโลплатформа – прибор, с помощью которого обеспечивается регистрация траектории перемещения центра давления (стабิโลграмм и статокинезиграмм), оказываемого человеком на плоскость опоры в процессе поддержания его вертикальной позы. Стабิโลграмма имеет вид низкочастотного шумоподобного сигнала со спадающей частотной характеристикой, исследование такого сигнала методами статистики малоинформативно.

Нелинейная динамика позволяет исследовать системы, состоящие из большого количества сложных подсистем, находящихся в непрерывном взаимодействии и обменивающихся с внешней средой энергией, веществом и информацией. В таких системах возникают процессы самоорганизации, что обусловлено когерентностью поведения между компонентами. Процесс поддержания человеком вертикальной позы является ярким примером такого сложного, высокоорганизованного процесса, в который включены многие подсистемы организма.

При анализе процесса поддержания вертикальной позы можно выделить два уровня построения движения - психический и механический. Психика задает цели и

характеристики движения, формирует законы управления, выполняемые механической системой, которая, в свою очередь, реализует законы управления и накладывает ограничения на мгновенное положение центра давления (ЦД). Реальная биомеханическая система имеет распределенные параметры и это значительно усложняет прямое исследование механической модели человека. Как показали исследования, хотя траектория движения ЦД локализована в ограниченной области, она не является ни периодической, ни квазипериодической, а носит хаотический характер при отсутствии явных (значимых) внутренних источников шума. Из этого можно предположить, что мы имеем дело с нелинейной динамической системой с детерминированным хаосом.

Законы управления механической системой определяются фундаментальными свойствами психики и являются важным интегральным показателем психофизического состояния человека. Согласно теореме Такенса из наблюдения одной переменной можно реконструировать то многообразие в фазовом пространстве, к которому притягивается изображающая точка исследуемой системы. Такое многообразие называется аттрактором системы, который характеризуется структурой и набором параметров. Вычисление этих характеристик позволяет сжать исходную информацию и получить оценки состояния статокINETической функции человека при различных заболеваниях.

Найденные характеристики поддержания вертикальной позы позволят создать новый класс медицинских информационных систем для диагностики, реабилитации и медикобиологических исследований биомеханических движений человека.

Работа выполнена при поддержке РФФИ.

БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ "РИСК-СОДЕРЖАЩИХ" ЭЛЕМЕНТОВ ЦИРКОВЫХ НОМЕРОВ

Н.А. Коротаев

Россия, Москва, Медицинский центр Цирка на Цветном бульваре, Всероссийская ассоциация специалистов по кинезитерапии и спортивной медицине

В практике цирка существует множество сложных гимнастических и акробатических номеров, выполнение отдельных элементов которых связано с риском для здоровья и жизни артистов.

Продолжительная (от 15 и более лет), достаточно сложная, аритмичная по характеру организации работа артистов спортивных жанров приводит к накоплению большого числа микротравм - разной степени повреждений отдельных участков тела. Сохраняется риск получения артистом и тяжелой травмы из-за неточности исполнения трюка, срыва и падения в непредусмотренной техникой безопасности форме.

В ряде случаев излишний травматизм обусловлен инженерными ошибками при выборе форм и материалов для циркового реквизита, использованного в номере (маты, сетки, крепления, перши и другие гимнастические снаряды).

Вместе с кафедрой теоретической механики Пермского государственного технического университета (заведующий кафедрой профессор Ю.И.Няшин) решение

этой группы задач осуществляется специалистами научной Ассоциации лечебной физкультуры и спортивной медицины с 1989 года.

По существу, с математического моделирования фрагментов перелетов воздушных гимнастов с трапеции на трапецию, захвата вольтижера ловиторм, полета акробата из-под купола цирка и приземления на маты началось создание новой Российской школы биомеханики и спортивной биомеханики.

Полученные результаты по накоплению усталостных повреждений в живых тканях, металлических, пластиковых и других конструкциях легли в основу рекомендаций по профилактике травматизма не только в цирке, но и в других сферах профессиональной деятельности человека. Теперь при создании новых образцов цирковой аппаратуры учитываются характеристики движения артистов, рассчитанные по специальным алгоритмам и программам.

Руководители известных воздушно-гимнастических и акробатических номеров государственной компании Российский цирк" (В.Головко, В.Довейко, А.Херц и др.), а также тренеры канадского цирка "Du Soleil" (А.Моисеев, А.Фриш) используют полученные расчетные данные при конструировании реквизита для своих новых номеров и построении тренировочного процесса.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОЧЕЙ ПОЗЫ ПРИ СПУСКАХ НА ГОРНЫХ ЛЫЖАХ

Е.В. Косых

Россия, 617740, г.Чайковский, ул.Ленина, 67, Чайковский государственный институт физической культуры

Предмет исследования. При спусках на горных лыжах по неровному рельефу и с выполнением поворотов разного радиуса на устойчивость горнолыжника, находящегося на скользящей опоре влияет много внешних сил в виде опрокидывающих моментов, которые могут нарушить его равновесие.

Проблема. Подобное динамическое равновесие является необходимым условием выполнения технических приемов горнолыжного спорта, особенно в случае резаных поворотов, когда лыжник опирается только на узкую стальную полосу края лыжи (кант).

Гипотеза. Мы предполагали, что изучение динамического равновесия у горнолыжников разного возраста и спортивной квалификации путем предъявления специфических двигательных заданий может помочь в оценке этой стороны их подготовленности. Считалось, что с помощью специальных двигательных заданий можно создать условия, при которых требуется проявление динамического равновесия.

Методика. Для решения поставленных задач нами использованы методики Г.С.Циммермана, В.Н.Мошкова (1947), Г.А.Арефьева (1975), В.А.Яроцкого (по И.В.Аулик, 1977), W.Starosta (1975) и разработанная нами, которая, как нам представляется, наиболее точно способна отражать особенности сохранения равновесия в условиях горнолыжного спорта.

Объект измерений. В течение трех лет (с 1997г. по 1999г.) обследовались студенты ЧГИФК, специализирующиеся по горнолыжному спорту в возрасте с 18 лет по 21 год, всего 65 человек, из них 16 кандидатов в мастера спорта, остальные перворазрядники.

Результаты, полученные с применением разработанной нами методики, показали ее соответствие требованиям добротности, предъявляемым к тестам. Найдены статистически достоверные связи результатов измерений с рейтингом спортсменов и установлено, что в период тренировок и соревнований на лыжах величины, характеризующие качество выполнения задания достоверно улучшаются. Для всех остальных методик положительных результатов не получено. Для оценки уровня способностей в сохранении равновесия рассчитаны нормативы.

Выводы. Результаты работы показали, что имеется возможность не только изучать предложенным способом способность сохранять динамическую рабочую позу у спортсменов-горнолыжников, но и оценивать ее проявления в количественных единицах.

ОЧУВСТВЛЕНИЕ СПОРТИВНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ И ТРЕНИРОВКИ СПОРТИВНЫХ НАВЫКОВ

Д.В. Кривец, С.С. Слива, А.С. Слива, И.В. Кондратьев

Россия, 344038, г. Ростов-на-Дону, ул. Ленина, 97а, кв.7, НИИ НК при РГУ

Подготовка спортсменов высокого уровня, а тем более мирового класса, на современном этапе развития спорта не мыслится без привлечения средств объективизации знаний тренера о функциональном состоянии спортсмена и его специальном техническом уровне. Проблема получения и интерпретации этой информации весьма актуальна как для решения задач отбора наиболее перспективных спортсменов среднего уровня и новичков, так и при комплектации оптимальных команд.

Применение таких средств в повседневной тренировочной практике в составе тренажеров со зрительной или слуховой обратными связями может позволить тренеру управлять процессом выработки требуемого двигательного стереотипа как индивидуального, так и для всей команды. В большинстве случаев в практике отечественного и зарубежного спорта в качестве этих средств используются специальная видеосъемка, общие и специальные функциональные пробы и тесты, оценки интегральных характеристик энергетических затрат.

При достаточной разработанности и даже традиционности этим средствам и методикам органически присущи неполнота и ряд недостатков, которые снижают их ценность для тренировочного процесса. К числу таких недостатков можно отнести исключительно пространственно-геометрический характер видеоинформации и часто отложенный, неоперативный результат многих тестов и проб, а также отсутствие детализации в силовом и энергетическом описании сложно-координированных как циклических, так и однократных движений. Следствием этого являются существенный субъективизм суждений и выводов тренера на базе ограниченно достоверной информации, не поддающейся надежной верификации. Такое положение приводит к сильной зависимости оценки текущих результатов спортсмена от квалификации, опыта и интуиции тренера и возникновению возможности ошибок тактического и перспективного уровней.

На примере системы контроля силовых параметров гребкового цикла построенной путем оцувствления основных элементов тренажера, реализованной на Ростовском гребном канале, являющемся опорным центром гребного спорта на юге России, показана эффективность дополнительных методик и средств контроля функционального состояния спортсмена и его специальной подготовки.

Для объективизации оценок качества выполнения ударных движений и оценки эффективности тренировок был разработан оцувствленный тренажер - ударная мишень. При разработке концепций систем главным принципом был выбран принцип обеспечения максимального приближения условий контроля к условиям обычного функционирования тренажеров. Встройка производилась таким образом, чтобы геометрические параметры и механические характеристики элементов и тренажеров в целом остались неизменными для сохранения двигательных стереотипов спортсменов и для избежания влияния элементов системы на показатели техники.

Проведенные исследования показали перспективность и эффективность методов оцувствления спортивных тренажеров с использованием компьютерной техники в исследовании, выработке и закреплении спортивных навыков.

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ДИСФУНКЦИЙ СЛУХОВОЙ ТРУБЫ

В.В. Кузнецов, М.И. Тимофеева, Г.М. Григорьев

Россия, 620149, г.Екатеринбург, ул.Бардина, 9а, НПО "Бонум"

Заболевания среднего уха являются первоисточником тяжелых внутричерепных осложнений, угрожающих жизни больного, а также причиной прогрессирования тугоухости, приводящей к постепенной потере слуха..

Патобиомеханические изменения структур черепа у 86 - 90 % детей обусловлены травмой и чаще всего перинатальной. Даже операция Кесарева сечения не спасает ребенка от травмы черепа и мозга в связи с резким перепадом уровня атмосферного давления.

Височная кость имеет тесные анатомические взаимосвязи с костями лицевого и мозгового отделов черепа. Изменение биомеханики близлежащих структур черепа оказывает влияние и на положение височной кости и на функцию слуховой трубы. Однако патобиомеханические изменения слуховой трубы и особенно ее взаимосвязи с другими структурами черепа мало изучены.

Анатомо-физиологические особенности строения слуховой трубы создают условия для подвижности $2/3$ длины слуховой трубы и нормального ее функционирования, за счет:

1. наличия фиброзно-хрящевого отдела;
2. функционирования мышц, поднимающих и напрягающих мягкое небо, которые с одной стороны, прикрепляются к костям твердого неба, основной и височной кости, а с другой к фиброзно-хрящевому отделу слуховой трубы;
3. общей эпителиальной выстилки, переходящей из носоглотки в полость среднего уха.

Биомеханические нарушения на любом уровне влекут за собой изменение положения костей твердого неба, основной и височной костей, а соответственно, происходит изменение функции мышц мягкого неба, напряжение фиброзно-хрящевого

отдела слуховой трубы. Соответственно, происходит напряжение соединительно-тканых структур эпителиальной выстилки в костном и хрящевом отделах за счет изменения положения фиброзно-хрящевых сегментов и перекрута на границе костного и хрящевого отделов слуховой трубы, что приводит к развитию сальпингита или сальпингоотита. Анализ компьютерных томограмм показал наличие асимметрии костей черепа у пациентов с дисфункциями слуховой трубы.

Впервые с помощью методов диагностики Прикладной Кинезиологии у 20 больных в возрасте от 3 до 15 лет с сальпингоотитами обнаружены различные патобиомеханические изменения в виде компрессии швов, торзии и латерофлексии сфенобазиллярного синхондроза (СБС), височной кости и костей твердого неба. Диагностика функции слуховой трубы и контроль за эффективностью проводимого лечения осуществлялись с помощью импедансометрии, отоакустической эмиссии (ОАЭ), аудиометрии, много-функционального монитора «Кентавр КМ-540», коротколатентных слуховых вызванных потенциалов мозга (КЛС ВП).

Всем пациентам проводилась краниальная мануальная терапия по определенному алгоритму, под контролем многофункционального монитора «Микролюкс». Проведенные в динамике объективные исследования подтверждают положительные результаты краниальной мануальной терапии в лечении дисфункций слуховой трубы.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИСТРОФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Н.Л. Кузнецова

Россия, 620000, Екатеринбург, ул. Ленина 24а, Городское управление здравоохранения, Уральская государственная медицинская академия, кафедра хирургии

Все наши предыдущие исследования (1979 – 1997) показали, что болезни кисти являются местным проявлением единого дистрофического процесса у женщин, в развитии которого принимают участие нейрогуморальные, гормональные, иммунные нарушения. Предположено нарушение системы энергетического гомеостаза. Его изучение проведено определением уровня функциональной активности организма методом Риодораку. Оценка уровней, проведенная на основании фракталов и хаоса у здоровых, показала флуктуации, не характерные для изолированных болезней или сочетаний дистрофических заболеваний кисти.

Для объективизации полученных данных проведена оценка коэффициентов асимметрии на 4 меридиане. Рассматривая согласно теории фракталов и хаоса дистрофический процесс как изменение соотношений между хаосом и структурированностью в пользу последней, произведено определение степени этого изменения. При математической обработке материала получено зеркальное отражение формулы “золотого сечения”, где преобладала структурированность над хаосом (первый вариант). При втором варианте это соотношение составляло 0,157, “G” – 0.813. Однако это было бы уместно у мужчин. Становится объяснимым, почему при болезнях с выраженным половым диморфизмом, имеющих нарушения гормонального профиля, выявляется зеркальный вариант соотношения хаоса и структурированности.

Построена математическая модель дистрофического процесса. Сделана попытка оценить изменения соотношений структурированности и хаоса как предрасполагающие

к развитию дистрофических заболеваний кисти, обосновать скорость развития дистрофического процесса. Полученные данные позволили подтвердить единство происходящих нарушений в организме при различных дистрофических заболеваниях кисти, а также, используя общие законы, сделать заключение на основании частного о целом.

ПОЧЕМУ УВЕЛИЧЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА МАГИСТРАЛЬНЫХ АРТЕРИЙ КОНЕЧНОСТЕЙ ПРОДОЛЖАЕТСЯ ТАК ДОЛГО?

Р.В. Кучин, В.А. Щуров

Россия, 640026, Курган, ул. Января, 2, кв. 5

При проведении поперечных исследований различных групп людей (425 здоровых, 80 спортсменов и 225 больных с отставанием в росте одной из конечностей) выявлено, что определяемый с помощью ультразвуковой диагностики минутный объем сердца и внутренний диаметр магистральной артерий увеличивается пропорционально логарифму числа прожитых лет вплоть до 45-50 лет. Величина просвета артерий играет большую роль в создании функциональных резервов кровоснабжения тканей, поскольку согласно формуле Паузея, минутный объем протекающей крови пропорционален четвертой степени радиуса артерии. В процессе естественного продольного роста у детей и подростков по мере развития сократительной способности мышц в состоянии физического покоя объемная скорость кровотока голени снижается: $F_r = 7.08 - 1.84 * \ln t$.

У больных детей увеличение массы тканей после удлинения отстающей в росте конечности практически не оказывает влияния на диаметр приносящей артерии. Диаметр был тем больше, чем выше сократительная способность мышц, Рис. 1.

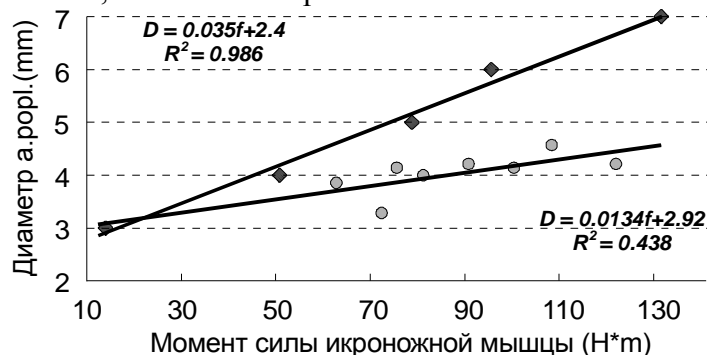


Рис. 1. Зависимость диаметра подколенной артерии от максимального момента силы икроножной мышцы у обследуемых разного возраста (верхний график) и у школьников 11-12 лет (нижняя прямая).

При анализе данных обследования 26 здоровых девочек в возрасте 11-12 лет получен график зависимости диаметра подколенной артерии от силы икроножной мышцы со значительно меньшим угловым коэффициентом.

Предполагается, что у детей с относительно большей эластичностью магистральных артерий адекватный прирост скорости кровотока при физических нагрузках обеспечивается за счет большего прироста диаметра артерий. С этих позиций становится объяснимым и то, что увеличение диаметра артерий продолжается не до 20-

25, а до 45-50 лет. Оно обусловлено, по видимому, не столько ростом массы тела, сколько неуклонным возрастным снижением эластичности стенок магистральных артерий.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ С ПАТОЛОГИЯМИ КИСТИ

М.Н. Лавров, А.В. Новиков, Н.В. Лоскутова

Россия, 603155, Н. Новгород, В. Волжская наб., 18, Нижегородский НИИ травматологии и ортопедии

Определение оптимальных локальных статических нагрузок является крайне необходимым для создания и коррекции программ двигательной терапии для пациентов с различной патологией кисти.

С этой целью было проведено обследование 42 здоровых добровольцев (возраст 18-36 лет). В эксперименте использовались методики динамометрии, реовазографии, доплерографии, а также изучалось распределение силы по отделам кисти на ПАК "F-Scan". Испытуемый удерживал цилиндрический кистевой хват с определенной интенсивностью (100%, 75%, 50% и 25% от его индивидуальной максимальной мышечной силы - ММС) до субъективного отказа. Реовазографические и доплерографические показатели измерялись в норме, через 1, 3, 5 и 10 минут после выполнения нагрузки.

Результаты эксперимента показали, что после выполнения максимальных нагрузок наблюдается снижение кровотока в кисти и предплечье вследствие механического сдавления сосудов мышцами. После удержания хвата с интенсивностью в 75% от ММС наблюдается гиперемия, в кисти более выраженная и продолжительная, чем в предплечье. Статическая нагрузка, составляющая 50% от ММС, вызывает отчетливую гиперемию как в сосудах кисти, так и предплечья. Показатели кровенаполнения достигают своих пиков к 1-3-ей минуте после окончания эксперимента, к 10-ой минуте возвращаются к нормальным значениям. После выполнения 25%-ной нагрузки значительных гемодинамических сдвигов не наблюдается. Гиперемия в предплечье была несколько выше, чем в кисти, что объясняется большим участием в минимальных сокращениях мышц предплечья. Минимальные нагрузки влияют, в основном, на микроциркуляцию, в то время как максимальные – на магистральный кровоток. По-видимому, это объясняется различиями кровоснабжения быстрых и медленных мышечных волокон.

Таким образом, исходя из данных эксперимента и предположения о том, что уааеа?аеа е?аааеа а ии?а? аиие еииа?иное аааао е онеае? ааааеесиа, е, пеаааааеи, аипо?аеае ?аааеаеаеае, мы рекомендуем нагрузку с интенсивностью в 50% от ММС как оптимальную для создания кинезотерапевтических программ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНУСА АКСИАЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ ЧЕЛОВЕКА

Ю.С. Левик, В.Ю. Шлыков,

Россия, 101447, Москва Большой Каретный пер. 19, Институт проблем передачи информации РАН

Тонус аксиальной мускулатуры, т.е. мышц туловища и шеи представляет интерес в связи с существенными различиями в иннервации аксиальных и проксимальных мышц по сравнению с дистальными. Его исследования могут иметь и практическое значение, так как при многих заболеваниях нарушения аксиального тонуса предшествуют изменениям в дистальных мышцах, тонус которых обычно исследуют.

С помощью жестко прикрепленной к потолку штанги со встроенным датчиком момента голову или плечи человека фиксировали относительно внешнего пространства. Обследуемый стоял на платформе, совершавшей повороты вправо-влево на $\pm 6.5^\circ$ - 20° с частотой от 0.006 до 0.03 Гц. Обследовано 10 здоровых людей и 6 больных с болезнью Паркинсона разной степени тяжести.

При фиксации головы моменты были обусловлены сопротивлением в шейном отделе позвоночника и составляли у здоровых около 0.4 Нм. Если фиксировали плечевой пояс, моменты возрастали до 1.9 Нм, в этом случае они были обусловлены скручиванием в поясничном отделе (поворот таза относительно стоп исключался фиксатором). При увеличении вертикальной нагрузки с помощью упругих тяг, моменты возрастали в 1.3-2 раза. Поскольку тяги увеличивали напряжение мышц, обеспечивающих поддержание вертикальной позы, можно предполагать, что измерявшиеся моменты создавались, в основном, мышечными силами и отражали уровень тонуса. Моменты увеличивались при уменьшении частоты вращения (с 0.36 до 0.53 для мышц шеи и с 1.6 до 2.1 Нм для корпуса). Моменты пассивных упруго-вязких сил возрастали бы с ростом угловой скорости или, в крайнем случае, не менялись бы. Поэтому увеличение сопротивления с уменьшением частоты говорит о том, что в укорачивающихся мышцах наблюдаются активные сократительные ответы, "помогающие вращению". Эти ответы (реакция укорочения) усиливались с ростом скорости. Следовательно, моменты сопротивления скручиванию обусловлены, в основном, механическими свойствами тонически активных мышц шеи и туловища, в том числе реакциями этих мышц на изменения длины.

У больных моменты сил сопротивления в области шеи составляли в среднем 0,6 Нм (от 0.23 до 1.2). Моменты сил сопротивления в поясничном отделе составляли около 5 Нм (от 3.0 до 10.5). Таким образом, тонус аксиальной мускулатуры у больных был заметно повышен по сравнению со здоровыми, особенно для мускулатуры туловища. Кривая изменения сопротивления от времени была близка к синусоиде с наложенными на нее высокочастотными колебаниями, обусловленными тремором. Эта синусоида примерно на 10 секунд опережала по фазе движение платформы. В то же время у здоровых эта кривая была значительно менее регулярной. В отличие от здоровых у больных сопротивление практически не зависело от частоты поворотов платформы. Кроме того, у здоровых кривая момента была симметрична относительно нулевого положения, а у 4 из 6 больных она была асимметрична.

Работа была поддержана грантом РФФИ 96-04-48608 и программой "Нейротрансплантация".

РОЛЬ ГРАВИТАЦИИ В ДОМИНАНТНОСТИ ВЕРТИКАЛИ И ГОРИЗОНТАЛИ В ЗРИТЕЛЬНОМ ВОСПРИЯТИИ ОРИЕНТАЦИИ

М.И. Липшиц¹, Д. Макинтайер²

¹Россия, Москва 101447, Большой Каретный пер., 19, Институт проблем передачи информации РАН

²Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action CNRS-College de France, 121 rue St. Jacques, 75005 Paris, France

При выполнении биомеханических задач, требующих сенсомоторной координации, центральная нервная система (ЦНС) использует внутреннюю систему отсчета, необходимую для интерпретации сенсорной информации и управления движениями. Наиболее вероятно, что ЦНС может использовать различные системы отсчета в зависимости от получаемой сенсорной информации и специфики выполняемой двигательной задачи. Различные экспериментальные исследования показали, что при восприятии как зрительной так и тактильной информации ЦНС имеет четкое представление о вертикали и горизонтали, т.е. существует так называемый «облик-эффект». Например, обследуемые более быстро и с меньшим числом ошибок определяют симметричность фигур при их горизонтальной или вертикальной ориентации (*Leone, Lipshits, McIntyre et al., Spatial Vision, 1995, 9, 127-137*). Однако, непонятно, каким образом ЦНС определяет эти ориентации: через координаты глаза, головы и тела или используя направление гравитационного вектора. Для разрешения этого вопроса были проведены экспериментальные исследования по восприятию, запоминанию и сравнению ориентационной зрительной информации в наземных условиях с введением рассогласования между информацией о положении тела и головы и гравитацией (с помощью специально сконструированного наклонного кресла) и в условиях длительного орбитального космического полета. Результаты показали, что в наземных условиях ЦНС обрабатывает и сохраняет информацию о зрительной ориентации во мультимодальной внутренней системе отсчета, основанной как на проприоцептивной, так и на гравитационной информации. Во время длительного пребывания в невесомости ЦНС вырабатывает внутреннюю систему отсчета, учитывающую отсутствие гравитационных сил.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований и программой AFIRST.

КИНЕТИКА УСИЛИЙ ВРАЧА ПРИ ОПЕРАЦИИ УДАЛЕНИЯ ЗУБА

**В.В. Лисенков, Ю.А. Воскобойникова, О.А. Приходько,
М.М. Соловьев, И.И. Демидова**

Россия, 197089, С -Петербург, ул. Льва Толстого 6/8

Работа стоматолога характеризуется повторением трудовых операций, необходимостью поддержания одной рабочей позы и удержания инструмента в течение длительного времени. Основным фактором, вызывающим утомление, является интенсивная напряженность деятельности (за смену хирург- стоматолог нередко

проводит около 60 операций). Помимо величины нагрузки, характер нагрузки (ее интенсивность и распределение во времени) сказывается на степени утомления.

С целью изучения физических усилий, прилагаемых врачом во время операции удаления зуба, нами проведено исследование кинетики усилий врача с использованием тензометрической станции. Для выполнения поставленной задачи использовались тензодатчики, укрепленные на передней, тыльной и боковой поверхностях ручек экстракционных щипцов. Нами были использованы инструменты, наиболее часто применяемые при удалении зубов, так называемые универсальные и клювовидные щипцы со сходящимися щечками. Кинетическая кривая показывает, что удаление зуба - процесс не монотонный. Кривая имеет пилообразный характер. Из практики известно, что максимальную силу врач развивает на этапе продвижения и фиксации инструмента. Проведенные исследования подтвердили это. Уровень нагрузок при фиксации инструмента значительно ниже максимально возможных усилий врача, необходимое усилие для полноценной фиксации составляет 15-20%. На этапе люксации изменяется характер кривой, она имеет выраженный пилообразный характер. Экстремумы кривой соответствуют силе, направленной на разрыв волокон периодонта, причем ее величина к моменту тракции постепенно снижается, что соответствует разрыву большего количества волокон периодонта. На этапе тракции иногда наблюдалось незначительное увеличение нагрузки, что связано с разрывом на этом этапе оставшихся волокон периодонта. В экспериментах, проведенных опытными врачами и студентами, наблюдалось различия в кинетике усилий, как по длительности проведения операции, так и по величине прилагаемого усилия. Кроме того, существует зависимость между состоянием удаляемого зуба и усилиями врача. На величину силы влияет групповая принадлежность зуба, степень разрушения коронковой части, подвижность зуба. Для моляров верхней челюсти средние усилия, необходимые для люксации составляли 35 кг, для премоляров этой же челюсти 23 кг. Для удаления зубов на нижней челюсти характерны следующие значения: для моляров - 36 кг, для премоляров - 40 кг. При удалении зубов со значительным разрушением коронковой части усилие на удаляемый зуб составляло от 56 до 76 кг (что иногда достигало 60% от возможных усилий врача). При удалении зубов с 1-3 степенью подвижности физическое усилие врача составляло от 20 до 32 кг.

ОЦЕНКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ СПУСКОМ НА ГОРНЫХ ЛЫЖАХ ПО СПЕЦИФИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ СЕНСОМОТОРИКИ У СПОРТСМЕНОВ

А.Ф. Лисовский

Россия, 617740, г. Чайковский, ул. Ленина, 67, Чайковский государственный институт физической культуры

Для горнолыжного спорта важнейшей стороной спусков на лыжах для квалифицированных спортсменов является информация о результатах специфических двигательных действий, получаемая по афферентным путям систем сенсомоторики. Генетически обусловленный уровень такой информации у детей является также одним из критериев отбора для занятий горнолыжным спортом. В наших работах решалась проблема использования информации о проявлениях сенсомоторики у спортсменов-горнолыжников при управлении спуском на лыжах путем выполнения специфических

двигательных действий с целью сознательного изменения траектории движения, скоростей и ускорений.

Нами совместно со студентами ЧГИФК на основе качественного биомеханического анализа разработан ряд методик, позволяющих оценивать точность воспроизведения основных параметров движений по управлению спуском на лыжах как в лабораторных условиях, так и непосредственного в процессе тренировок и соревнований. Изучалось функционирование проприоцептивной, кинестетической, вестибулярной и тактильной систем в связи с возрастом и квалификацией горнолыжников, а также при предъявлении им однократных и длительных тренировочных нагрузок.

Полученные результаты позволяют утверждать, что информационная структура при действии указанных систем в значительной степени определяет качество выполнения технических приемов горнолыжниками как в процессе становления, так и в процессе совершенствования мастерства. Установлены количественные уровни совершенствования сенсорных систем в специфических проявлениях, носящие индивидуальный характер, показана степень влияния деятельности сенсорных систем на результаты соревнований спортсменов разного возраста и квалификации.

Разработанные методики внедрены в практику подготовки сильнейших спортсменов России и в учебно-тренировочный процесс студентов-горнолыжников ЧГИФК.

ПАРАМЕТРЫ БИОМЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ В АНАЛОГОВОЙ МОДЕЛИ ФОРСИРОВАННОГО ВЫДОХА

В.А. Лопата

Украина, 254005, Киев-55, а/я 159, ООО "Сенсорные системы"

Возможности моделирования процессов дыхания определяются аналогиями между параметрами дыхательных путей и контуров электрического тока на основе следующих соотношений:

Raw - фрикционное сопротивление дыхательных путей, Па·с/л	⇒ R - электрическое сопротивление, Ом
CL - растяжимость легких, л/Па	⇒ C - электрическая емкость, Ф
I - инерционное сопротивление	⇒ L - индуктивность, Гн
V - объем воздуха, л	⇒ q – количество (заряд) электричества, Кл
p - давление, Па	⇒ U - электрическое напряжение, В
Q -объемная скорость потока воздуха, л/с	⇒ i - сила электрического тока, А

Перспективность использования приведенных аналогий в моделях определяются такими факторами:

- детально разработанной теорией установившихся и переходных процессов в контурах электрического тока;
- возможностью воспроизведения и регистрации процессов с варьированием величин моделирующих параметров в самых широких пределах.

В качестве примера рассматривается моделирование процесса форсированного выдоха переходным процессом аperiodического разряда конденсатора на последовательно соединенные сопротивление и индуктивность. Графики функций $i = f(t)$ и $i = f(q)$, построенные по решениям соответствующих дифференциальных уравнений, моделируют пневмотахограммы форсированного выдоха. С их помощью возможно изучение влияния основных параметров биомеханики дыхания (R_{aw} , C_L , I) на скоростные показатели процессов дыхания, качественная и количественная оценка характерных форм пневмотахограмм.

ИЗУЧЕНИЕ ПОХОДКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ХОДЬБЫ У БОЛЬНЫХ С ПАТОЛОГИЕЙ ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА

Н.В. Лоскутова, Г.В. Смирнов, Т.В. Буйлова, Н.Н. Рукина

Россия, 603155, г. Нижний Новгород, В. Волжская наб., 18, НИИ травматологии и ортопедии, лаборатория биомеханики

Целью настоящей работы явилось изучение особенностей походки с использованием дополнительных средств опоры (трости) у больных с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями тазобедренного сустава.

Обследовано 10 пациентов в возрасте от 33 до 68 лет (3 мужчин и 7 женщин) с коксартрозом II-III степени (из них 4 с односторонним поражением тазобедренного сустава и 6 с двусторонним коксартрозом).

Обследование проводилось с использованием системы F-Scan фирмы Tekscan (США), включающей стельки, имеющие порядка 960 барорецепторов, коммутированных с компьютером.

Пациенту предлагалось пройти 6-8 метров без использования дополнительной опоры, затем - пользуясь тростью, которую пациенты держали в руке, контрлатеральной более пораженному суставу. Изучались опорные реакции стоп при двуопорном стоянии, а также временные параметры походки и толчковая функция нижних конечностей в процессе ходьбы.

Результаты исследования показали, что при поддержании вертикальной позы с опорой на трость опорность больной ноги снижается в 1,18-1,34 раза по сравнению с двуопорным стоянием без дополнительной опоры.

Походка больных с пораженными тазобедренными суставами без использования вспомогательных средств ходьбы характеризуется медленным темпом, неритмичностью, изменением временных параметров цикла шага. Период опоры цикла шага со стороны более пораженного сустава уменьшен и увеличен с противоположной стороны. Максимальная сила толчка больной ноги снижена в 1,11-1,65 раза по сравнению с контрлатеральной конечностью. Коэффициент ритмичности - отношение меньшего периода переноса к большему - составляет 0,53-0,86.

Исследование ходьбы с тростью показало, что коэффициент ритмичности увеличивается до 0,84-1.

Период опоры на больную ногу возрос у 7 человек из 10, у 3 остался неизменным или незначительно увеличился (у пациентов с двусторонним коксартрозом); период опоры на здоровую ногу (или ногу с менее пораженным

суставом) уменьшился у 9 человек и у одного- увеличилось. Таким образом соотношение периода опоры и периода переноса с обеих сторон улучшилось. Максимальная сила толчка более пораженной конечности уменьшилась в 1,25-1,72 раза.

Использование трости у больных с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями тазобедренного сустава делает походку более ритмичной, улучшает временные показатели цикла шага, приводит к разгрузке пораженной конечности и соответственно тазобедренного сустава, облегчая процесс ходьбы.

ПАТОЛОГИЯ КРАНИО-ВЕРТЕБРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ У ДЕТЕЙ С ПОЗИЦИЙ БИОМЕХАНИКИ

Л.И. Мажейко

Россия, 620149, г.Екатеринбург, ул. Хохрякова, 73, НПО "Бонум"

Заболевания нервной системы, связанные с патологией позвоночника, в частности, его шейного отдела, занимают одно из ведущих мест в структуре неврологической заболеваемости взрослых. Патология межпозвонковых дисков для детей не является столь актуальной, как для взрослых, однако первые признаки неблагополучия, скрытое течение процесса можно наблюдать уже в детском возрасте.

Перегрузка межпозвонковых дисков имеет сложный генез и связана с патологической фиксацией позвонков, чаще всего мышечной. Выключение из движения одного или нескольких позвоночных двигательных сегментов вследствие мышечной фиксации приводит к компенсаторной перегрузке, а, следовательно, развитию патологической подвижности в соседних двигательных сегментах. В ответ на перегрузку усиливаются рефлекторные и адаптационные реакции мышц шейного отдела позвоночника и дисбаланс мышечного корсета позвоночного столба в целом. Это неблагоприятно сказывается на двигательной и статической функции позвоночника.

Неравномерная нагрузка на межпозвонковые диски наблюдалась нами у детей при патологии кранио-вертебральной области, которая нередко сопровождается выраженной мышечной фиксацией шейного отдела позвоночника. Мышечный дисбаланс в шейном отделе позвоночника проявлялся изменением формы физиологического шейного изгиба (его усилением, выпрямлением, S-образной деформацией, формированием дуги, выпуклостью обращенной назад) и неравномерным смещением позвонков при сгибании и разгибании (отсутствие плавности, ломаная деформация линии, проведенной по заднему контуру шейных позвонков).

Нарушения статической и двигательной функций шейного отдела позвоночника реализуются в одних случаях при недостаточности мышечно-связочного аппарата, в других - при различных анатомо-физиологических особенностях костной и нервной систем. Участие тех или иных мышц в фиксации шейного отдела позвоночника зависит не только от вида травматического его повреждения, анатомических особенностей самого позвоночного столба, но и множества других факторов, в том числе от характера бытовых и спортивных нагрузок.

Исходом биомеханических нарушений в шейном отделе позвоночника является раннее старение структур позвоночника: связочного аппарата, межпозвонковых дисков, суставов. Учитывая прогрессирующий характер вертеброгенной патологии, профилактические мероприятия проводятся нами уже в детском возрасте.

ИЗМЕНЕНИЕ РЕФРАКЦИИ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ РОГОВИЦЫ ГЛАЗА ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ КЕРАТОРЕФРАКЦИОННЫХ ОПЕРАЦИЙ

И.В. Малаховский, А.С. Скобликов, О.В. Светлова

Россия, 193029, С.-Петербург, Большой Смоленский пр., д.2, офис 512, ЗАО "Питерком"

Широкое применение кераторефракционных операций для изменения рефракции роговицы началось сравнительно недавно. Хирургами и исследователями в настоящее время предложено множество способов проведения подобных операций и, несмотря на немалый накопленный опыт, обсуждение преимуществ и недостатков каждого из этих способов происходит активно, поскольку отсутствуют данные длительных (10 и более лет) сроков наблюдений.

В данной работе проведен теоретический анализ некоторых видов кераторефракционных операций с точки зрения механики деформируемого твердого тела и теории оболочек.

Построена адекватная математическая модель, в которой роговица глаза рассматривается как оболочка со "слабыми" моментными свойствами.

Полученные результаты позволяют в ряде случаев судить о изменении как оптических, так и прочностных свойств роговицы глаза в зависимости от типа хирургического или лазерного вмешательства. Эти результаты, в свою очередь, могут быть основой для разработки важных практических рекомендаций по применению различных методик и прогнозированию результатов операций, включая применение новейших лазеров типа Эксимер и Lasik.

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В ТРЕНИРОВОЧНОМ ПРОЦЕССЕ ЮНЫХ ВОЛЕЙБОЛИСТОК

Н.А. Мариничев, А.В. Муравьев, С.В. Новожилова

Россия, 150000, Ярославль, п/я 25, педагогический университет

Проблеме реабилитации спортсменов после травмы уделяется достаточно много внимания, но меры по восстановлению часто неадекватны полученной травме. Травмы и связанные с ними боли приводят к изменению двигательного стереотипа. Неадекватный двигательный стереотип оказывает неблагоприятное действие не только на здоровье и работоспособность спортсмена, но искажает технику спортивных движений.

Цель исследования заключалась в научной разработке и обосновании оптимального комплекса лечебно-профилактических мероприятий для девушек-волейболисток детской спортивной школы.

Под наблюдением находились 28 спортсменок 13-15 лет, 1-2 разрядов.

Задачи исследования: биомеханический анализ состояния опорно-двигательного аппарата у волейболисток; выявление общих закономерностей изменения мышечно-скелетной системы под влиянием занятий волейболом; влияние типа и особенностей телосложения на формирование данных изменений и частоту возникновения травм у юных спортсменок.

Для решения поставленных задач применялись следующие методы исследования: визуальная диагностика по Л.Ф.Васильевой, приемы коррекционной гимнастики, постизометрическая релаксация, альгезиометрия, исследование положения общего центра тяжести с помощью отвеса, анкетирование, кинематический анализ техники спортивных движений.

Анализ механизма получения травмы производился на основании состояния двигательного стереотипа, наличия миофасциальных болей в укороченных мышцах, болезненности плечевого и коленного суставов, нарушения техники движений. В соответствии с этим разрабатывался комплекс индивидуальных лечебно-профилактических мероприятий. Лечебно-профилактические мероприятия включали в себя приемы релаксации и обезболивания укороченных мышц, массаж, укрепление глубокой мускулатуры позвоночника и элементы коррекции опорно-двигательного аппарата.

Таким образом, использование данного комплекса позволяет осуществлять реабилитацию без прерывания тренировочного процесса, способствует снижению травматизма, созданию базы для обеспечения высокой физической работоспособности, улучшает кинематику и динамику движений при выполнении технических приемов.

БИОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ИЗМЕНЕНИЙ В КОЖЕ ДЕТЕЙ, СТРАДАЮЩИХ АТОПИЧЕСКИМ ДЕРМАТИТОМ НА ФОНЕ ДИСПАНКРЕАТИЗМА

Е.Э. Маруденко

Россия, 103473, г. Москва, ул. Делегатская, д.20/1, Московский медицинский стоматологический институт им. Семашко

Достижением биофизической науки является открытие возможности исследования механических свойств кожи человека с помощью анализа акустических параметров нормальной и патологически измененной кожи как перспективного метода, способного улучшить диагностику и, следовательно, результаты лечения болезней кожи.

Оценка механических параметров кожи осуществлялась при помощи акустического анализатора тканей - прибора <АСА>. Прибор позволяет измерять скорость распространения поверхностных акустических волн в коже. На базе центра по детской дерматологии мы обследовали четыре группы детей, в возрасте от 3-х до 7-ми лет. Из них 54 мальчика и 66 девочек.

1-я группа - 35 детей, страдающих atopическим дерматитом без диспанкреатизма, получавшие традиционный комплекс терапии.

2-я группа - 35 детей с atopическим дерматитом и диспанкреатизмом.

3-я группа - 25 детей с atopическим дерматитом и диспанкреатизмом, в терапии которых применялся адсорбент <Энтеросгель>.

4-я группа - 25 детей с atopическим дерматитом и диспанкреатизмом в терапии которых применялся адсорбент <Энтеросгель> и цинксодержащие препараты.

Акустический экспресс - метод при простой биофизической методике позволил провести более 700 измерений скорости V в различных участках тела во взаимно-перпендикулярных направлениях (ориентация осей выбрана вдоль и поперек естественного положения туловища). Измерения проводились до начала лечения, затем по окончании курса терапии.

Статистическая обработка данных проводилась по общепринятым методикам вариационной статистики, а также с использованием машинной программы для обьсчета данных. Средняя квадратичная погрешность определялась по стандартной методике с доверительной вероятностью 0,95.

Обследования проводились на следующих участках: в области запястья с двух сторон, а также в области щек по определенным трафаретам.

Достоверно проявлялась акустическая анизотропия, в которой коэффициенты анизотропии ($K=V_y-V_x$), определяемые в различных участках неодинаковые, и в 95 % случаев не достигают значений, равных единице, по принятой терминологии это соответствует отрицательной акустической анизотропии. В процессе лечения акустические параметры кожи имели тенденцию к приближению к таковым для нормальной кожи. Наибольший эффект имел место для пациентов 4 группы, при этом у детей после курса лечения приблизились к показателям здоровой кожи.

Оценив данные измерений, полученных при помощи акустического анализатора, можно сразу оценить полноценность восстановления структуры кожи и прогнозировать необходимость повторного лечения.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ТВЕРДОГО НЕБА У ДЕТЕЙ ПРИ РАСЩЕЛИНЕ С УЧЕТОМ РОСТОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

А.Г. Масич¹, Е.Ю. Симановская², Ю.И. Няшин¹

¹Россия, 614600, Пермь, Комсомольский проспект, 29а, Пермский государственный технический университет, кафедра теоретической механики

²Россия, 614000, Пермь, ул. Куйбышева, 39, Пермская государственная медицинская академия, кафедра детской стоматологии

Проблема биомеханического конструктивизма предоперационной ортопедической реконструкции разобщенных недоразвитых небных фрагментов у детей с врожденной расщелиной твердого неба является новой и представляет интерес как для науки так и практики. Математическое обоснование функциональной нагрузки разборного ортопедического аппарата на разобщенные недоразвитые небные фрагменты [1] необходимо для каждого ребенка, ибо требуется найти такую силу,

развиваемую аппаратом, которая бы не только не нарушала, но и стимулировала процессы роста недоразвитых небных отростков.

Нами разрабатывается математическая модель комплексной биомеханической системы: разобщенные небные фрагменты–ортопедический аппарат. В основу физических уравнений модели положены ростовые процессы [2]. Рассматривается наиболее простая модель поведения разобщенных небных пластин под действием силы, развиваемой ортопедическим аппаратом – задача изгиба однородной растущей консольной балки. При решении задачи нахождения оптимальных сил возникает необходимость задания исходно неизвестных физических параметров роста костной структуры твердого неба, определение которых является отдельной проблемой. В настоящее время нахождение этих параметров у детей возможно только с помощью методов математического моделирования.

Разработанная нами впервые математическая модель позволила в одномерной постановке определить физические параметры роста костной основы фрагментированного твердого неба; установить оптимальные показатели механической силы на разобщенные небные отростки, которая бы не только не нарушала, но и стимулировала процессы их роста.

Литература

1. ШАРОВА Т.В., СИМАНОВСКАЯ Е.Ю. Ортопедический способ устранения врожденного дефекта твердого и мягкого неба у детей с одно- и двусторонней расщелиной. Методические рекомендации, Пермь, 1983.
2. ШТЕЙН А.А. Деформирование стержня из растущего биологического материала, подвергнутого продольному сжатию. **Прикладная математика и механика**, 1: 149-157, 1995.

ОТКРЫТЫЕ МОДЕЛИ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С.Г. Маслов

Россия, 426034, Ижевск, ул. Университетская, 71, Удмуртский государственный университет, кафедра «Математическое обеспечение ЭВМ»

Биотехническая система состоит из человека и управляемого им технического объекта. Такие системы можно наблюдать в технических видах спорта (биатлон, водные лыжи и т.д.), в реабилитационной медицине (протезирование, коррекция движений, профилактика травматизма и др.) и в эргономике. В моделировании таких сложных систем преобладает практика отражения одной или ряда несогласованных профессиональных точек зрения (биомеханика, физиолога, математика или программиста) на объект исследования, которая приводит к построению ограниченных и замкнутых моделей, в лучшем случае отображающих некоторый класс задач. Отсутствие стратегии развития модели в условиях непрерывно возникающих новых исследовательских задач часто приводит к дублированию работ и коренному пересмотру построенных моделей. Надежды на более развитые средства программирования (CASE-технологии, ОО-технологии), часто малооправданы, достаточно сказать, что последние пытаются сразу перескочить с концептуального уровня на программный уровень, игнорируя этапы математизации и алгоритмизации. Именно последние фиксируют более глубокие взаимосвязи и вскрывают суть

моделируемых явлений более экономными средствами. Чтобы преодолеть перечисленные трудности предлагается:

1. Классификация точек зрения на биотехническую систему, средства и процессы анализа, построения и развития моделей. В рамках этой классификации анализируется моделирование биотехнической системы в виде системы твердых тел в произвольных координатных базисах и в виде скелетно-мышечной системы.
2. Аппарат конструктивизации тензорных формализмов для компактного и эффективного построения вычислительных моделей.
3. Аппарат обнаружения кинематических инвариантов целенаправленного движения.
4. Элементы синтетической парадигмы программирования, в рамках которой наряду с многослойным представлением знаний основной решаемой проблемой является создание синтетического образа движений с заданными свойствами и построение технологии интеграции его в реальную биотехническую систему.
5. В качестве основного стандарта текстовых документов и построения интерфейса взаимодействия с системой использовать систему Latex и идеологию продукта IDVI. Новым свойством технологии является вычислимость таких документов, т.е. вкрапление выполнимых элементов на концептуальном, математическом и алгоритмическом уровнях.
6. В качестве базы реализации распределенных вычислений выбрать технологию CORBA.
7. Структура информационного пространства биотехнической системы, состоящая из информационных элементов, взаимодействующих с информационным миром через каналы - эксперта, документов, эксперимента и [intra/inter]net. Взаимодействие с информационным пространством осуществляется на базе тезауруса. Основным стимулом накопления и развития локального информационного пространства являются запросы, содержащие отсутствующие или невыводимые термины, отношения и преобразования, а также выявляющиеся технические противоречия, неразрешимые локальными средствами интеллектуальной среды исследования и моделирования.

Совокупность всех перечисленных средств создает новый класс моделей, который целесообразно назвать открытыми моделями биотехнических систем.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СВЕЖЕГО РАЗРЫВА АХИЛЛОВА СУХОЖИЛИЯ

Л.Б. Маслов¹, С.В. Русских², В.И. Шапин¹, С.Е. Львов²

¹Россия, 153003, Иваново, ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, каф. ТиПМ

²Россия, 153002, Иваново, ул. Демидова, 9, Госпиталь Ветеранов Войн, каф. ТОиВГХ ИГМА

Согласно общей концепции неразрушающей вибрационной диагностики механических дефектов элементов опорно-двигательной системы человека определение диагностических признаков дефекта является важной составной частью метода. При этом установление ясной взаимосвязи между характерным дефектом системы (в нашем случае - свежим разрывом ахиллова сухожилия) и наблюдаемыми

изменениями в амплитудно-частотных характеристиках сухожильно-мышечного комплекса невозможно без анализа дефекта на какой-либо модели.

В разработанной конечно-элементной модели ахиллово сухожилие вместе с прикрепленными к нему камбаловидной и частично икроножной мышцами представлено в виде стержня переменного сечения, плотности и модуля упругости. Мягкие ткани, окружающие сухожилие и лежащие на большой и малой берцовой кости, представляют упруго-демпфирующее основание, характеризующееся коэффициентами жесткости и демпфирования. Пяточная, головки большеберцовой и бедренной кости, к которым крепятся сухожилие и мышца, моделируются в виде жесткой заделки. Внешнее возмущение представляет гармоническую силу, приложенную локально в фиксированной точке на продольной оси стержня, и вызывающую стационарные поперечные колебания системы в саггитальной плоскости.

Оценка номинальной продольной силы в состоянии покоя мышцы осуществлялась на основе решения задачи о растяжении стержня в нелинейной постановке из недеформированного состояния мышцы в актуальное на величину 10 см. Поворот стопы приводит к возникновению добавочной силы, которую можно оценить также из решения задачи о растяжении стержня, но добавив, при этом, некоторую силу сокращения мышцы, характерную для активной мышцы. При этом автоматически пересчитывались и координаты узлов модели. Разрыв моделировался путем добавления в модель конечного элемента с нулевым модулем упругости (место дефекта заполняется жидкостью), смещением узлов на величину диастаза с одновременным уменьшением силы натяжения мышцы и снижением модуля упругости трехглавой мышцы на 20%. В качестве примера рассматривали разрыв на расстоянии 6 см от бугра пяточной кости и диастаз 1 см, приводящий к уменьшению номинальной силы на 5Н. При пассивном разгибании стопы изменяются координаты модели, но продольная сила не меняется. При сгибании диастаз закрывается, но мышца ведет себя как неактивная, что позволяет найти дополнительную силу из решения чисто механической задачи о сжатии стержня.

На основе сравнения расчетных АЧХ модели с зарегистрированными резонансными кривыми у группы из 14 пациентов со свежими подкожными разрывами ахиллова сухожилия мы разработали систему диагностических признаков разрыва, включающую в себя семь основных механических параметров. К наиболее информативным относятся сужение резонансного частотного диапазона при различных положениях стопы пациента и уменьшение числа резонансных пиков на графиках АЧХ.

АТАКСИМАТ – МЕДИКО-ИНЖЕНЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЙ

Е.В. Матвеев, Д.С. Надеждин, А.А. Васильев, Д.В. Алешкин

Россия, 125422, Москва, ул. Тимирязевская, 1, ЗАО «ВНИИМП-ВИТА» - НИИ медицинского приборостроения РАМН

Координация движений нарушается при многих психических, неврологических, ортопедических и других заболеваниях. Для диагностики и реабилитации нарушений координации движений широко применяются технические средства. В работе представлен компьютерный комплекс для оценки возрастного развития, нарушений,

восстановления и тренировки двигательных функций у детей, подростков и взрослых пациентов с помощью инструментальных методов.

Применяемая методика исследований на приборе «АТАКСИТЕСТ» предусматривает исследование динамической и статической координации рук в различных режимах обследования и тренировки. Прибор представляет собой специальный пульт, соединенный с персональным компьютером и содержащий отверстия разного диаметра и паз специальной формы. В статическом режиме пациент должен удерживать щуп в отверстиях разного диаметра, в динамическом - проводить щупом по фигурному пазу, не касаясь краев. Предусмотрены режимы обследования и тренировки с обратной связью с подачей пациенту звукового сигнала. Оценка производится по интегральному критерию, учитывающему качество координации движений.

При исследовании на приборе «СТАБИЛОТЕСТ» в стандартном варианте выполнялись три тестовых задания без изменения позы: стойка с открытыми глазами (ОГ), с закрытыми глазами (ЗГ) и с использованием поведенческой обратной связи (ОС). Прибор представляет собой чувствительную платформу, на которой стоит пациент, соединенную через блок сопряжения с персональным компьютером. В качестве чувствительных элементов в платформе используются тензометрические датчики. Режим с обратной связью предусматривает различные способы отображения на экране дисплея задаваемого программой и фактического перемещений проекции центра тяжести пациента.

Прибор «ДИНАТЕСТ» используется для измерения кистевых усилий и для тренировки и развития управления силой кистевых сжатий, а также для развития координации усилий правой и левой рук. Прибор представляет собой кистевые реверсивные электронные динамометры, соединенные с компьютером. Предусмотрен режим тренировки с обратной связью.

Комплекс «АТАКСИМАТ» успешно эксплуатируется в ряде научных медицинских учреждений при исследовании больных разных возрастов (от 4-5 лет до пожилого возраста) и различных заболеваний (инсульты, детский церебральный паралич, болезнь Альцгеймера и др.) для диагностики, реабилитации и контроля эффективности лечения. Важнейшими его достоинствами являются возможность многостороннего исследования нарушений координации движений и возможность проведения не только диагностических процедур, но и тренировочных и реабилитационных.

ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ КСЕНОБИОТИКОВ С ВОЗДУХОМ

Н.И. Медведкова¹, Ю.Н. Козинцев², В.Д. Медведков³, А.Н. Шарипов⁴

¹Россия, 614600, г.Пермь, Комсомольский пр., 29-а, Пермский государственный технический университет

²Россия, 614004, г.Пермь, ул.Букирева, 15, Пермский государственный университет

³Россия, 614015, г.Пермь, ул. Орджоникидзе, 12, Пермский военный институт ракетных войск

⁴Россия, 614108, г.Пермь, ул.Гремячий Лог, 1, Пермский военный институт внутренних войск МВД

Общеизвестна зависимость между концентрациями чужеродных соединений (ксенобиотиков) в организме человека и окружающей его среде. При накоплении их в

организме повышается напряжение адаптивных систем и достижение высокого содержания в биосредах часто приводит к поломке гомеостаза и заболеваниям.

Загрязнение внутренней среды организма ксенобиотиками происходит в основном через потребляемые индивидом пищу, воду и воздух. В воздухе содержатся вредные для организма окись углерода, сернистый газ, сероводород, окислы азота, свинцовые соединения и другие химические токсиканты. Легочная вентиляция при максимальной аэробной работе (100-120 л/мин) в 20-25 раз превышает уровень покоя (4-6 л/мин). При анаэробно-аэробной нагрузке вентиляция легких может достигать 180 л/мин.

Высокой интоксикации из спортсменов могут быть подвержены велосипедисты-шоссейники и бегуны-марафонцы. Первые из 32-42 тыс. км специализированной нагрузки в год накручивают в условиях автодорог 11-16 тыс. км (35-40%) на 100-125 соревнованиях. У них на дистанции 100 км и у марафонцев в течение более 2 часов частота пульса составляет 170-195 уд/мин, потребление кислорода 80-85% от максимума. При этом смог, формирующийся в основном перед полуднем и удерживающийся последние 2-3 часа в приземном слое атмосферы, неблагоприятно влияет на их здоровье. В связи с этим для минимизации потребления чужеродных соединений спортсменами необходимо проводить тренировки и соревнования в максимально чистой воздушной среде и утром.

На перекрестках улиц и осях загруженных автомагистралей крупного города концентрация ксенобиотиков велика. В связи с этим актуально решение оптимизационной задачи минимизации потребления воздуха горожанином при переходе перекрестков. Нами получена зависимость количества токсикантов (Т), поступающих в организм с потребляемым воздухом, от временно-скоростных параметров ходьбы человека:

$$T = K \times PV \times t = a \times V^3 \times t^3 + V^2 \times (a \times n \times t^3 + b \times d \times t^2) + V \times (b \times n \times t^2 + c \times d \times t) + c \times n \times t,$$

где: К - концентрация ксенобиотиков в воздухе, изменяющаяся по параболической кривой и достигающая максимума на оси автодорог, мкг/л;

ПВ - потребление воздуха, зависящее от физического состояния и скорости (V, м/с) ходьбы человека, л/мин;

t - время перехода индивидом перекрестка ($t = \frac{S}{V_{\text{опт}}}$), с;

a, b, c, d, n - постоянные коэффициенты для данного перекрестка и периода суток;

$$a < 0; c > 0; b^2 - 4ac > 0; d > 0; n > 0.$$

Для лиц с отличным физическим состоянием оптимальная скорость ходьбы на перекрестках с целью минимизации потребления ксенобиотиков с воздухом должна быть не более 2.5 м/с, (т.е. очень быстрой), с хорошим - около 2 м/с (т.е. достаточно быстрой) и с удовлетворительным физическим состоянием не менее 1.5 м/с (т.е. быстрой).