

УДК 681.2(61) : 338 : 6

Для ссылок:

Л. М. Смирнова, к. Санкт-Петербургский

Смирнова, Л. М. Модель оценки функциональной эффективности протезирования и ортезирования нижних конечностей [Текст] / Л. М. Смирнова // Биотехносфера. - 2010. - № 2/8. - С. 70 -76. Смирнова, Л. М. Модель оценки функциональной эффективности протезирования и ортезирования нижних конечностей [Текст] / Л. М. Смирнова // Биотехносфера. - 2010. - № 2/8. - С. 70 -76.

Модель оценки функциональной эффективности протезирования и ортезирования нижних конечностей

Ключевые слова: оценка качества, многокритериальная оценка, протезирование, ортезирование, нижние конечности

В статье рассматривается проблема унификации инструментальной оценки функциональной эффективности протезирования пациентов после ампутации нижних конечностей и ортезирования при патологии стопы. Обосновано применение с этой целью метода анализа иерархий. Рассмотрены сущность и особенности каждого из этапов процедуры оценки.

Введение

Функциональная эффективность является основным показателем качества протезирования и ортезирования нижних конечностей (ПОНК). Оценка этого показателя необходима для повышения уровня реабилитации пациентов с широким спектром патологий, при которых показано назначение протезно-ортопедических изделий (ПОИ).

Целью статьи являются анализ оценки функциональной эффективности (ФЭ) ПОНК, определение сущности и особенностей каждого из его этапов: извлечение исходной биомедицинской информации о пациенте; идентификация пациента в системе оценки ФЭ ПОНК; определение перечня показателей эффективности ПОНК для пациента; выбор критериев оценки; измерение биомедицинских параметров состояния биотехнической системы (БТС) «пациент — ПОИ»; определение браковочных и эталонных значений оцениваемых параметров; расчет оценок; принятие решения об уровне ФЭ ПОНК.

Основная часть

Первый этап оценки ФЭ ПОНК — определение класса a_s исходного состояния пациента S для идентификации его в системе требований к протезно-ортопедическому обеспечению. При ортезировании пациентов с патологией стопы такими классами $A = \{a_i\}; i = 1, 2, \dots, n$ будут симптомо-комплексы, которыми определяются функциональные требования к ортезу. При протезировании подход должен быть несколько иным. Функциональные тре-

бования к протезу значительно отличаются для различных режимов его эксплуатации: в разных средах передвижения, типах локомоций, интенсивности их выполнения. Поэтому идентификационным классом в этом случае будет планируемый двигательный режим использования протеза, через который, безусловно, учитывается и реабилитационный потенциал пациента.

Первый этап оценки ФЭ ПОНК можно представить оператором D_1 , применяемым к пациенту S для извлечения исходной биомедицинской информации X_{S0} , необходимой для его идентификации в системе оценки:

$$X_{S0} = D_1(S, P_{S0}, \varphi_1),$$

где P_{S0} — показатели исходного состояния пациента; X_{S0} — совокупность значений этих показателей; D_1 — клинические и инструментальные методы обследования; φ_1 — алгоритмы и методики.

При ортезировании в число показателей исходного состояния пациента P_{S0} будут входить структурные и функциональные признаки патологии стоп, сопутствующие заболевания и возраст. При протезировании показатели P_{S0} должны отражать как пожелания пациента к режиму использования протеза, так и его реабилитационный потенциал, зависимый от уровня ампутации, возраста, состояния системы регуляции позы, опороспособности культы, наличия сопутствующих заболеваний.

Второй этап, заключающийся в идентификации пациента в системе оценки ФЭ ПОНК, можно представить через оператор D_2 , применяемый для определения класса a_s , в соответствии с которым будут выбраны показатели ФЭ ПОНК пациента:

$$a_s = D_2(X_{S0}, M_A),$$

где M_A — модель суждений при выборе класса.

Третий этап заключается в определении перечня показателей ФЭ ПОНК P_a для класса a_s , к которому относится пациент. Обозначим это действие оператором D_3 , применяемым к унифицированной модели M_p , созданной на базе совокупного опыта специалистов в области ортезирования и про-

тезирования нижних конечностей и устанавливающей соответствия между всеми идентификационными классами A и всеми показателями P эффективности ПОНК:

$$P_a = D_3(a_s, P, M_P).$$

Показатели ФЭ ПОНК должны отражать те медико-биомеханические задачи, для решения которых ПОИ было назначено пациенту. Такой подход является более сложным, чем оценка качества ПОНК по приближению характеристик локомоций к «нормальной» — среднестатистической ходьбе, но более адекватным задачам протезно-ортопедического обеспечения.

При ортезировании пациента с патологией стопы такие задачи и соответственно показатели ФЭ ПОНК можно свести к шести группам, различающимся по характеру воздействия на опорно-двигательный аппарат (ОДА) и опорно-двигательную функцию (ОДФ) пациента:

- коррекция нефиксированной или частично фиксированной деформации;
- фиксация стопы для профилактики прогрессирования или рецидива первичной деформации и предупреждения развития вторичных нарушений;
- предотвращение травматизации тканей стопы или культи стопы;
- компенсация нарушений для нормализации структуры локомоции;
- компенсация асимметрии длины конечностей;
- общее улучшение ОДФ нижней конечности и пациента в целом.

Каждая из этих групп объединяет несколько частных медико-биомеханических задач. Показатели ФЭ ортезирования определяются уровнем выполнения этих задач.

Для оценки результатов протезирования показатели определяются задачами компенсации нарушений ОДФ, вызванных ампутацией.

Связанное с усечением конечности смещение общего центра масс пациента в сторону сохранной конечности и вверх приводит к дисбалансу в ОДА и компенсаторным движениям в сагиттальной и фронтальной плоскостях. Несоответствие тканей культи для возможности восприятия весовой нагрузки сопряжено с риском ее травматизации, дискомфортом и болевыми ощущениями, что нарушает опорную функцию протезированной конечности. Нарушение амортизационной функции протеза усугубляет перегрузки культи в различные фазы переката через искусственную стопу. Недостаточность сенсорной и балансирующей функции в искусственной стопе приводит к неустойчивости пациента и включению компенсаторных движений тела в поддержание равновесия. Утрата функции суставов усеченной конечности и недостаточная компенсация их в протезе сопровождается нарушением перенососпособности протезированной конечности. Такое нарушение ОДФ протезированной

конечности приводит к компенсаторной перегрузке сохранной конечности. Асимметрия, аритмия, нарушение автоматизма ходьбы, компенсаторные движения снижают эстетичность локомоций, увеличивают энергозатраты пациента и могут отрицательно влиять на состояние позвоночника. Перечисленные нарушения определяют соответствующие требования к протезированию и показатели его эффективности — устойчивость на протезе, энергозатраты на ходьбу, риск негативного воздействия протеза на ОДА, эстетичность ходьбы, общая комфортность протеза. Каждая из этих групп объединяет частные показатели ФЭ протезирования P , оценка которых должна проводиться при различных локомоторных тестах (в статике, при ходьбе и др.) с учетом планируемого двигательного режима использования протеза.

Четвертый этап заключается в определении инструментальных критериев K_a , которыми должны оцениваться показатели P_a эффективности ПОНК:

$$K_a = D_4(P_a, M_K),$$

где D_4 — оператор определения критериев K_a ; M_K — модель связи между показателями эффективности P и критериями оценки K .

Модель M_K должна устанавливать соответствия между показателями эффективности P и критериями их оценки K , охватывать все идентификационные классы пациентов. Ее содержание, безусловно, зависит и от современного уровня развития измерительных средств для оценки состояния БТС «пациент — ПОИ».

Пятый этап связан с выбором эталонных и браковочных значений $Z_{ст}$ и $Z_{бр}$ критериев, относительно которых будет определяться уровень качества тестируемых состояний БТС.

В медицине для определения подобных значений часто используется «медицинская норма» — среднестатистическая модель состояния здорового человека. Однако понятие такой «нормы» варьирует в большом диапазоне — 50–95 % [1], что затрудняет ее использование для оценки состояния «индивидуального» здоровья. Еще более проблематичным является определение «нормы в патологии». В протезировании и ортезировании ее потребовалось бы определять для множества различных классов A состояния БТС. Описание такой «нормы» для каждого класса заключалось бы в определении характеристик центральной тенденции группировки значений характеристик состояния БТС — вектора математического ожидания M_i , разброса этих значений (диагональных элементов матрицы ковариаций s_i) и их взаимосвязей (остальных элементов матрицы):

$$M_i = (M_{i1}, \dots, M_{ig}, \dots, M_{ir})^t;$$

$$s_i = \frac{1}{n_i - 1} \sum (Z - M_i)(Z - M_i)^t,$$

где $M_{i1}, \dots, M_{ig}, \dots, M_{ir}$ — выборочные средние характеристики класса состояния a_i ; t — символ транспонирования; Z — вектор реализации.

Вектор математического ожидания и матрица ковариаций определяют положение и конфигурацию области значений, соответствующих классу систем в r -мерном пространстве и описывающих его характеристики. Этим двух величин было бы достаточно для описания класса состояния БТС, если бы характеристики таких систем подчинялись закону нормального распределения. Однако это не соответствует реальности, так как БТС «пациент — ПОИ» является функциональной системой целенаправленного поведения, обеспечиваемого сложными взаимодействиями различной физической природы между совокупностью объединенных в этой системе биологических и технических элементов. Кроме того, компенсаторные и адаптационные механизмы, вызванные необходимостью формирования нового стереотипа локомоций в изменившихся условиях функционирования ОДА, а также усталость пациента при продолжительных обследованиях приводят к выраженной динамике характеристик состояния системы «пациент — ПОИ» и дрейфу ее биомеханических параметров. Это, безусловно, осложняет проведение биомеханических обследований и снижает точность их результатов, на которые влияют также различия в мотивации и степени осознанности стремления пациента к достижению определенного уровня качества ПОНК. Все это обуславливает нелинейность характеристик БТС «пациент — ПОИ», отличие закона их распределения от нормального и недетерминированность данной системы.

В математике известны решения, позволяющие приводить такие распределения к нормальному виду. Но проблема заключается в принципиальной невозможности накопления базы данных, достаточной для статистического определения «нормативных» значений для всего многообразия классов БТС «пациент — ПОИ» с учетом анатомо-функциональных особенностей пациентов, индивидуальных проявлений как основной, так и сопутствующей патологии. Это невозможно не только из-за большой трудоемкости проведения биомеханических экспериментальных исследований, но и по этическим нормам, поскольку такие исследования требуют участия в них пациентов с различной, в том числе выраженной, степенью нарушения способности к передвижению и сопровождаются усталостью, утомлением и даже болевыми ощущениями у пациентов.

Что касается «браковочных» значений критериев, то ими могут быть значения, наблюдаемые для пациента без ОИ (при оценке ортезирования) или со старым вариантом протеза (при оценке нового протеза). Однако такой подход не реализуем при первичном протезировании или в случае, если пациент не может передвигаться без ОИ. Поэтому

оценку ФЭ ПОНК приходится проводить в условиях отсутствия эталонных значений параметров состояния БТС «пациент—ПОИ», а иногда и браковочных. В этом случае задача оценки сводится к поиску лучшего из тестируемых вариантов БТС (но не к оценке качества работы специалиста, что, в принципе, не настолько актуально, так как может быть обеспечено другими способами управления качеством на производстве).

Однако даже при сравнительной оценке вариантов ПОНК необходимо знать хотя бы значения, к которым следует стремиться для повышения ФЭ ПОНК пациента соответствующего класса a_S . Проблема частично может быть решена использованием критериев, для которых теоретически обоснованными наилучшими значениями являются «максимум», «минимум», «ноль», «единица», например: плавность изменения нагрузки в одноопорную фазу переката через стопы; миграция квазиобщего центра масс при ходьбе в вертикальной плоскости; относительная локальная перегрузка идентификационной области стопы (культи); коэффициент медиолатеральной симметрии нагрузки в пяточной области стопы. Однако для некоторых критериев эталонное значение должно выражаться конкретным значением на числовой шкале с учетом класса пациента, например медиолатеральное отношение нагрузки в среднем отделе стопы. В этом случае решению проблемы разработки эталонных значений может помочь статистический анализ распределенной базы данных, накапливаемой по мере внедрения инструментальных методов оценки в протезно-ортопедической отрасли.

Определение эталонных $Z_{э\tau}$ и браковочных $Z_{б\pi}$ значений критериев K можно представить операторами D_{5a} и $D_{5б}$:

$$Z_{э\tau} = D_{5a}(a_S, K, M_{э\tau});$$

$$Z_{б\pi} = D_{5б}(a_S, K, M_{б\pi}),$$

где $M_{э\tau}$ и $M_{б\pi}$ — модель эталонного и браковочно-го состояний БТС.

Шестой этап выполняется тогда, когда количество критериев оценки K_a (всей совокупности критериев для класса a_S) необходимо сократить до числа n с минимальными потерями для точности оценки ФЭ ПОНК пациента, а в некоторых случаях даже с повышением точности. Это требуется для уменьшения количества биомеханических тестов в целях предотвращения усталости пациента и связанного с ней дрейфа измеряемых параметров состояния биотехнической системы, тем более при выраженных нарушениях ОДФ и тяжелых сопутствующих заболеваниях.

Возможность использования различных критериев для оценки ФЭ ПОНК зависит также от состава оборудования на предприятии T , поэтому процедуру определения перечня критериев K_n можно описать следующим оператором D_6 :

$$K_n = D_6(a_s, K_a, T, M_n),$$

где M_n — модель принятия решения при выборе критериев.

Во многих областях деятельности для принятия решения в условиях многокритериальной оценки используют методы, основанные на свертке ряда показателей в один суммарный индекс, что соответствует стратегии, направленной на достижение одной цели [2]. В области ПОНК такой подход не эффективен, так как многие показатели и критерии оценки определяются в разных шкалах измерения. Кроме того, при таком подходе может быть случайно проигнорирована важная для врача информация, касающаяся индивидуальных проявлений его состояния.

Основными требованиями для метода поддержки принятия решения в условиях многокритериальной оценки ФЭ ПОНК должны быть его простота и наглядность («прозрачность») для специалиста. Этим требованиям соответствует метод анализа иерархий [3]. Он, как и классические многокритериальные методы принятия решения, предоставляет эксперту структурированный подход к оценке стратегий в условиях неопределенности, но в отличие от них позволяет легко учитывать как объективные, так и субъективные факторы, имеющие отношение к принятию решения. Однако в области ортезирования и протезирования конечностей данный метод до сих пор не применялся.

Начальный этап этого метода — разработка иерархической модели процесса принятия решения посредством декомпозиции этого процесса и выявления уровней иерархии различных факторов, влияющих на решение. Такая модель имеет кластерную структуру, вершиной которой является цель процесса, основанием — альтернативные способы ее достижения. Между целью и способами — критерии отбора альтернатив. Для модели M_n (выбора критериев оценки K_n) в верхнем уровне иерархии процесса должны быть классы A , идентифицирующие пациентов в системе оценки, в основании — критерии оценки K , между ними — показатели P .

Если бы идентификацию нарушений, явившихся показаниями к назначению ПОИ, можно было всегда свести к одному из классов a_i , то включать уровень классов в модель не имело бы смысла и следовало бы разработать более простые для использования модели отдельно для каждого из классов. Однако у пациента может наблюдаться сочетание патологий, каждая из которых относится к разным классам. Поэтому для унификации модели целесообразно указывать в ней все классы, а при работе с моделью значимость классов, не имеющих отношения к пациенту, следует принимать равной нулю, удаляя, таким образом, ветви модели, относящиеся к этим классам, и упрощая ее.

Анализ проблемы после ее структурирования заключается в определении относительной значи-

мости альтернатив каждого уровня по силе связи с альтернативами более высокого уровня. Для этого применяется метод парных сравнений альтернатив в численной шкале суждений, учитывающей психофизические возможности человека [4]. Последующим комбинированием полученной информации в глобальный индекс достигается характеристика значимости каждой альтернативы для достижения цели.

Определение рационального перечня критериев заключается в выполнении нескольких этапов.

Сначала должна быть определена значимость каждого из n идентификационных классов ($A = \{a_i\}$; $i = 1, 2, \dots, n$) в отношении E — оценки ФЭ ПОНК. Эта значимость будет определяться тяжестью патологии, соответствующей классу и опасности ее последствий. Сравнение пар классов задается в виде обратно симметричной матрицы A_{nn} в численной шкале суждений. Затем вычисляется главный собственный вектор матрицы. Этот вектор является геометрическим средним и получается перемножением элементов в каждой строке матрицы A_{nn} и извлечением корней n -й степени, где n — число элементов — классов. Нормализацией вектора получаем вектор приоритетов классов $W(EA)_n (w_{e, a_1}, \dots, w_{e, a_i}, \dots, w_{e, a_n})$.

Далее формируем n матриц парных сравнений P_{mm} множества показателей эффективности ($P_{mm} = \{p_{jj}\}$, $j = 1, 2, \dots, m$) в отношении их значимости для каждого идентифицированного класса (a_1, a_2 и т. д. до a_n). Для каждой из этих матриц определяется вектор приоритетов: $W(a_1, P), \dots, W(a_i, P), \dots, W(a_n, P)$.

Из этих векторов приоритетов формируется матрица: $W(AP)_{mn} = \{W(A, P)_{ji}\}$, ($j = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, n$). Чтобы получить глобальный вектор приоритетов показателей $W(EP)_m$, перемножим эту матрицу на вектор собственных приоритетов $W(EA)_n$:

$$W(EP)_m = W(AP)_{mn} \times W(EA)_n.$$

Затем формируются m матриц парных сравнений K_{ll} множества критериев ($K_{ll} = \{k_{tt}\}$, $t = 1, 2, \dots, l$) в отношении их информативности для оценки каждого показателя ($p_1, \dots, p_j, \dots, p_m$). Для каждой из m матриц определяется нормализованный вектор приоритетов $W(p_1, K)_l, \dots, W(p_j, K)_l, \dots, W(p_m, K)_l$. Из векторов приоритетов формируется матрица:

$$W(PK)_{ml} = \{W(P, K)_{jt}\}, (j = 1, 2, \dots, m; t = 1, 2, \dots, l),$$

где l — количество критериев оценки.

Чтобы получить глобальный вектор приоритетов критериев $W(EK)_l$, надо перемножить эту матрицу на вектор приоритетов показателей $W(EP)_m$:

$$W(EK)_l = W(PK)_{ml} \times W(EP)_m.$$

Информация о глобальных приоритетах критериев является основой для принятия решения при выборе критериев оценки ФЭ ПОНК и построения плана обследования.

С е д ь м о й э т а п — самый продолжительный. Он заключается в измерении текущих значе-

ний биомеханических параметров Y_S , характеризующих состояние БТС и используемых для расчета значений критериев оценки K_n . Данный этап можно представить оператором D_7 :

$$Y_S = D_7(S, K_n, T, \varphi_2),$$

где φ_2 — биомеханические методы извлечения параметров Y_S состояния БТС (с разными ПОИ, вариантами их настройки); T — инструментальные средства.

В о с ь м о й э т а п — расчет текущих значений Z_S критериев K_n по результатам измерения параметров Y_S , представленный оператором D_8 :

$$Z_S = D_8(Y_S, \varphi_3),$$

где φ_3 — совокупность методов обработки результатов измерения и расчета значений критериев оценки.

Д е в я т ы й э т а п — принятие решения об уровне качества тестируемых вариантов состояния БТС «пациент — ПОИ», представленный оператором D_9 :

$$E = D_9(Z_S, Z_{эп}, Z_{бп}, M_E),$$

где M_E — модель принятия решения.

Модель M_E является моделью иерархического процесса оценки ФЭ ПОНК и получается модификацией уже рассмотренной модели M_n путем добавления в нее еще одного уровня альтернатив — состояний U БТС «пациент — ПОИ». Такими состояниями ($U = \{u_q\}$, $q = 1, 2, \dots, h$) могут быть варианты протезирования и ортезирования разными конструкциями ПОИ, варианты их настройки.

Для оценки уровня ФЭ тестируемых вариантов протезирования или ортезирования необходимо сформировать l матриц парных сравнений U_{ll} всех тестируемых вариантов ($U_{hh} = \{u_{qq}\}$, $q = 1, 2, \dots, h$) по критериям k_1, k_2, k_l по шкале Z (с учетом $Z_{эп}$ и $Z_{бп}$).

Для каждой из l матриц определяется нормализованный вектор приоритетов $W(k_1, U)_h, \dots, W(k_l, U)_h, \dots, W(k_l, U)_h$. Далее из этих векторов формируется матрица:

$$W(KU)_{lh} = \{W(K, U)_{tq}\}, t = 1, 2, \dots, l; q = 1, 2, \dots, h,$$

где h — количество учитываемых состояний БТС.

Чтобы получить глобальный вектор приоритетов состояний БТС $W(EU)_h$, надо перемножить эту матрицу на вектор приоритетов критериев $W(EK)_l$:

$$W(EU)_h = W(KU)_{hl} \times W(EK)_l.$$

Компоненты вектора $W(EU)_h$ являются оценками h тестируемых состояний БТС «пациент — ПОИ». Компонент w_{E, U_1} будет оценкой первого состояния БТС, w_{E, U_2} — второго, w_{E, U_3} — третьего и т. д.

Более эффективной по совокупной оценке будет вариант БТС, которому соответствует большее значение глобального вектора. Однако надо отметить, что по отдельным показателям $\{p_j\}$ эта БТС может иметь уровень ФЭ ниже, чем другие варианты. Благодаря «прозрачности» применяемого метода анализа иерархий это не должно остаться незамеченным для эксперта. В этом случае в зависимости от тех полномочий, которыми он наделен со стороны администрации предприятия, эксперт должен либо принять собственное решение об уровне качества ПОНК с учетом уточнения значимости показателей для текущей клинической ситуации, либо вынести результаты на коллегиальное обсуждение медико-технической комиссии.

Большое значение для адекватности принятия решения имеет визуализация логики, заложенной в модель иерархического процесса. Классически такую модель представляют отображением уровней сверху — вниз, а альтернатив слева — направо — на этих уровнях, указывая связи между альтернативами соседних уровней соединяющими их линиями. При большом количестве уровней и альтернатив визуализация количества и значимости связей между ними теряется.

Для повышения информативности этой модели целесообразно модифицировать ее в матричную модель [5]. В таком варианте наименования всех альтернатив и всех уровней указываются в виде заголовков строк и столбцов единой таблицы, а связь альтернатив соседних уровней иерархии отображается маркированием ячейки (символом или цветом) на пересечении соответствующих строк и столбцов матрицы с наименованием этих уровней — категорий. Такая форма представления модели интуитивно понятна и не теряет информативности даже при большом количестве элементов и связей. Риск случайной ошибки (по невнимательности) при ее использовании снижается.

Кодирование значимости альтернатив цветом еще более облегчит визуальное восприятие модели. Ячейкам матричной модели может быть присвоен визуально понятный код: например, более насыщенный тон или теплый цвет для большей значимости альтернативы.

Модель M_E иерархического процесса данного вида контроля строится «заочно» для пациента и учитывает совокупный опыт в области ПОНК. Однако в процессе обследования может потребоваться ее уточнение изменением значимости альтернатив любого уровня. Особенно это касается унифицированной модели, включающей все множество идентификационных классов состояний A пациентов, так как в этом случае заранее невозможно указать значимость альтернатив данного уровня для обследуемого пациента. Это может быть достигнуто созданием программного обеспечения, обеспечивающего быструю модификацию модели при обследовании.

Изменяя значимость альтернатив показателей эффективности, эксперт может адаптировать модель к клинической ситуации, которая не могла быть учтена при ее разработке. Кроме того, эта модель может быть адаптирована к различному уровню развития измерительно-информационных средств оценки состояния БТС «пациент — ПОИ», что достигается изменением значимости альтернативных критериев одного и того же показателя с учетом точности метода и оборудования, используемых при измерении параметров состояния БТС для расчета значений этих критериев. Индивидуальный подход к пациенту при такой унифицированной оценке достигается его опосредованным участием в коррекции иерархической модели M_E через предъявление жалоб, анамнез, мотивации к выбору режима использования протеза, которые учитываются врачом при выборе класса a_S , идентифицирующего пациента в системе оценки ФЭ ПОНК.

Модель инструментальной оценки ФЭ ПОНК представлена на рис. 1.

Выводы

1. Инструментальная оценка функциональной эффективности протезирования пациентов после ампутации нижних конечностей и ортезирования при патологии стопы включает извлечение исходной БМИ о пациенте и идентификацию его (на основе этой информации) в системе оценки, определение перечня показателей эффективности и критериев оценки и при необходимости, рационального сокращения их для предотвращения усталости пациента при обследовании, измерение биомеханических параметров состояния системы «пациент — ПОИ» и расчет по ним текущих значений критериев, принятие решения об уровне ФЭ тестируемых вариантов ПОИ.

2. При ортезировании пациентов с патологией стопы идентификацию пациентов в системе оценки ФЭ ортезирования целесообразно выполнять на основе симптомо-комплексов, являющихся показателями к назначению ортезов стопы, а при протезировании после ампутации нижних конечностей —

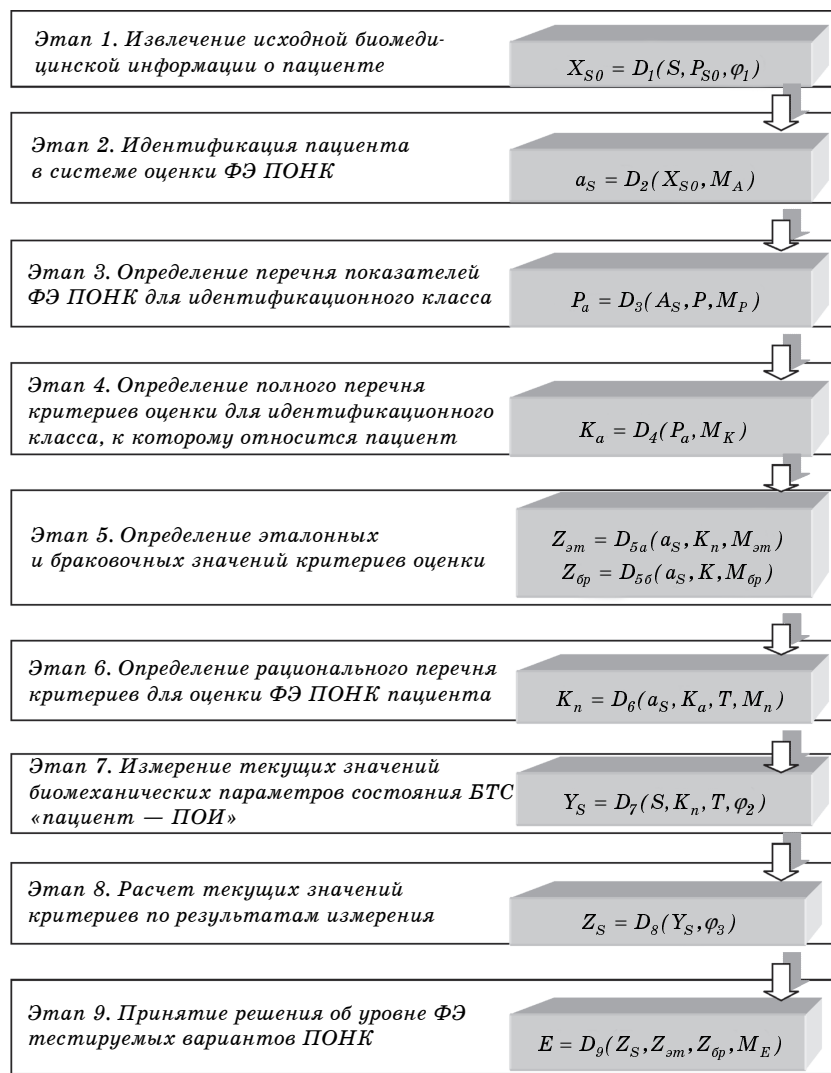


Рис. 1 Алгоритм оценки функциональной эффективности протезирования и ортезирования при патологии нижних конечностей

на основе выбора двигательных режимов использования протеза с учетом реабилитационного потенциала пациента.

3. Показатели ФЭ ортезирования при патологии стопы должны отражать медико-биомеханические задачи, для решения которых назначается ортез с учетом идентификационного класса пациента, а показатели ФЭ протезирования — задачи компенсации нарушений ОДФ, вызванных ампутацией.

4. Для поддержки принятия решения в условиях многокритериальной оценки ФЭ ПОНК обосновано применение метода анализа иерархий, позволяющего разработать «прозрачную» для клинициста модель оценки ФЭ ПОНК. Для облегчения восприятия структуры и содержания этой модели врачом (экспертом) предложена ее визуализация в матричной форме.

5. Адаптивность модели оценки к клинической ситуации достигается созданием программного

обеспечения, позволяющего модифицировать эту модель изменением значимости входящих в нее альтернатив в процессе обследования.

Литература

1. Богомолов А. В., Гридин Л. А., Кукушкин Ю. А., Ушаков И. Б. Диагностика состояния человека: математические подходы. М.: Медицина, 2003. С. 16.
2. Плавинский С. Л. Биостатистика: Планирование, обработка и представление результатов биомедицинских исследований при помощи системы SAS. СПб.: СПбМАПО, 2005. С. 513–518.
3. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
4. Пфанцгаль И. Теория измерений. М.: Мир, 1976. С. 84.
5. Смирнова Л. М., Юлдашев З. М. Матричное моделирование выбора критериев оценки функциональной эффективности ортезирования стопы // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2010. № 1. С. 52–56.



В издательстве «ПОЛИТЕХНИКА» в сентябре 2010 г. выйдет в свет

Бегун П. И. Биомеханическое моделирование объектов протезирования: учебное пособие. — СПб.: Политехника, 2010. — 464 с.: ил.
ISBN 978-5-7325-0914-4

Учебное пособие написано Петром Иосифовичем Бегуном, доктором технических наук, профессором Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», академиком Академии медико-технических наук Российской Федерации, руководителем секции «Биомеханика человека».

Изложены теоретические основы математического моделирования объектов протезирования и методы их моделирования с использованием пакетов прикладных программ (CosmosWorks, ANSYS, Solid Works, Mimics и т. д.) в различных областях медицинской деятельности: кардиологии, ортопедии, отоларингологии, стоматологии и т. д. Последовательно прослеживаются пути построения моделей: от реальных объектов к содержательным моделям, от содержательных моделей к математическим и далее к их компьютерным реализациям. Пособие служит основой для изучения смежных дисциплин, способствует установлению междисциплинарных связей и формирует навыки системного подхода к постановке и решению прикладных задач.

«Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 200400 (653900) «Биомедицинская техника» по специальностям 200401 (190500) «Биотехнические и медицинские аппараты и системы», 200402 (190600) «Инженерное дело в медико-биологической практике» и направлению подготовки бакалавров и магистров 200300 (553400) «Биомедицинская инженерия».

Книгу можно приобрести в издательстве по адресу:
191023, Санкт-Петербург, Инженерная ул., д. 6, 3-й этаж.

Тел./факс: **312-44-95, 312-53-90**, тел.: **571-61-44**

E-mail: sales@polytechnics.ru, masha@polytechnics.ru, gfm@polytechnics.spb.ru

Возможна отправка книг «Книга—почтой». Книги рассылаются покупателям в России наложенным платежом (без задатка). Почтовые расходы составляют 40 % и выше от стоимости заказанных Вами книг.

