

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ТОПОГРАФИЯ – НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ ЛЕЧЕНИЯ

Сарнадский В. Н., Уберт А. И.

ООО «МЕТОС», г. Новосибирск, Генеральный директор – В. Н. Сарнадский

В последние годы в медицинскую практику в области ортопедии стали внедряться инструментальные методы на основе оптической топографии, позволяющие бесконтактно регистрировать 3D форму туловища человека. Среди известных зарубежных систем топографии можно назвать немецкую Formetric [1], английские Quantec [2] и ISIS2 [3], итальянскую Surfacer [4] и канадскую InSpeck [5]. В России в 1994 году была разработана медицинская топографическая система ТОДП [6], не уступающая зарубежным аналогам и получившая к настоящему времени широкое распространение – более 265 ТОДП работают в 70 городах РФ. Основное назначение таких топографических систем – мониторинг состояния больных со сколиозами и кифозами, а также контроль результатов лечения. Так как топографическое обследование абсолютно безвредно, то оно используется для уменьшения лучевой нагрузки как альтернатива рентгену.

При решении задач мониторинга и контроля лечения деформаций позвоночника важной проблемой является представление результатов обследования в удобном для восприятия виде и создание такой же наглядной системы сравнения этих результатов. Зарубежные топографы, как правило, имеют несколько экранных форм с возможностью их распечатки в виде твердых копий, при этом специальные средства сравнения результатов проработаны недостаточно. В работе [7] Mitchell предложил построение разности рельефа поверхности двух состояний пациента после совмещения сравниваемых поверхностей по критерию минимума среднеквадратичного отклонения одной поверхности от другой. После совмещения 3D модель поверхности раскрашивается в соответствии с величиной разности рельефа в каждой точке. Такой подход может хорошо работать при небольших изменениях рельефа поверхности туловища и давать неприемлемые результаты для грубых изменений, которые возникают у больных с тяжелыми формами сколиоза.

Другой подход использован в системе Formetric, у которой имеются специальные режимы сравнения двух и четырех состояний

пациента. В первом режиме строятся экранные формы с совмещенными для двух состояний пациента графиками и ограниченным набором параметров, для которых в виде трех столбцов выводится их значения и разность. Во втором режиме имеется возможность только графического сравнения четырех состояний пациента. Основной недостаток данного подхода, на наш взгляд, множественность выходных форм сравнения и ограниченный набор количественно сравниваемых параметров.

Система ТОДП была создана для массовых обследований детского населения с целью раннего выявления сколиоза и других деформаций позвоночника. Поэтому при разработке системы отображения и регистрации топографических данных для ТОДП мы руководствовались концепцией «одно обследование (снимок) – одна выходная форма», что позволило при проведении скрининга экономить расходные материалы, снизить трудоемкость и повысить эффективность скрининга. На рис. 1а приведен пример основной экранной формы топографического обследования на системе ТОДП с версией программного обеспечения WTOPO 3.9, которая может быть распечатана в виде твердой копии и является основной отчетной формой системы ТОДП. На этой форме выводятся графические представления формы туловища и набор топографических параметров, которые описывают состояние осанки в трех плоскостях: фронтальной, горизонтальной и сагиттальной. Для оценки состояния осанки также используется иерархическая система интегральных индексов с общим интегральным индексом РТІ, которые характеризуют выраженность отклонений в форме и ориентации туловища от гармоничного состояния [6].

Для облегчения интерпретации при построении основной формы используется принцип светофора. Элементы графических представлений и топографические параметры раскрашиваются: в зеленый цвет, если они соответствуют норме или по ним имеются слабовыраженные отклонения; в желтый – при умеренно выраженных отклонениях; в красный – при выраженных или

значительных отклонениях, соответствующих патологическому состоянию.

На рис. 1а приведена основная выходная форма больной М. в возрасте 9 лет с диагнозом идиопатический сколиоз I степени, который при дальнейшем наблюдении пациентки проявил бурное прогрессирование, и, несмотря на консервативное лечение, привел к необходимости хирургической операции в возрасте 12 лет. На примере этой больной мы продемонстрируем возможности системы графико-параметрического сравнения результатов топографических обследований, которая была разработана нами для задач мониторинга и оценки результатов лечения больных сколиозом. Система графико-параметрического сравнения сохраняет концепцию одной выходной формы и представляет собой видоизмененную основную форму (рис. 1б), в которой наложены графические представления двух состояний пациента, а вместо значений топографических параметров выводится их разность, что обеспечивает возможность сравнения по всем параметрам сразу.

В отличие от Formetric, в которой графические представления совмещаются в вершине остистого отростка С7 (что мы считаем ошибочным решением), в системе ТОДП графические представления совмещаются в точке SC, соответствующей вершине межъягодичной складки и являющейся нулевой точкой системы координат связанной с туловищем пациента [6]. Так как в нашу систему сравнения заложена возможность сравнения пациентов в процессе их роста, то, помимо совмещения поверхностей в точке SC, производится масштабирование совмещаемой поверхности так, чтобы точки С7 (вершины остистого отростка 7-го шейного позвонка) двух поверхностей попали на уровень 100% процентной шкалы.

В форме сравнения (рис. 1б) графические элементы теряют окраску по принципу светофора и выводятся красно-коричневым цветом для состояния пациента, выбранного в качестве базового (с чем сравнивают), а синим цветом – графические элементы для текущего состояния (которое сравнивают). При построении в форме сравнения

графического представления «Горизонтальные сечения», содержащего набор сечений с шагом 5% по процентной шкале, производится дополнительное совмещение в латеральном направлении сечений двух состояний в точках линии остистых отростков. При этом сечения совмещаются по линии остистых отростков для текущего состояния пациента. Такой подход, в отличие от Mitchell [7], позволяет производить сравнение при сильно выраженных боковых искривлениях позвоночника и анализировать изменения величины ротационной деформации позвоночника и связанной с ними величины паравертебральной асимметрии.

Для облегчения анализа изменения значенй топографических параметров, выводимых в форме сравнения в виде разности значения текущего и базового состояния пациента, их раскраска также отличается от раскраски основной формы по принципу светофора. Разность параметров раскрашивается в 6 цветов исходя из ее величины, нормированной на среднеквадратичное отклонение (σ) этих параметров, полученное при массовых обследованиях детского населения в возрасте от 5 до 17 лет. Если σ -нормированная разность находится в пределах $\pm 1/3$, то параметр раскрашивается в темно-синий цвет, что соответствует состоянию «без изменений»; при значении этой разности в пределах ± 1 параметр раскрашивается в голубой цвет, соответствующий состоянию «незначительное улучшение» (если текущее состояние ближе к гармоничному, чем базовое), или в желтый – «незначительное ухудшение» (если базовое состояние ближе к гармоничному, чем текущее); аналогично этому при значениях модуля σ -нормированной разности больших 1 используется зеленый цвет – «значительное улучшение» или красный – «значительное ухудшение».

Для возможного варианта изменения состояния параметра, когда меняется направление отклонения от нормы (например, уплощение лордоза переходит в усиление или перекос таза меняет сторону) и текущее состояние параметра становится умеренно выраженным или хуже (отклонение от нормы параметра текущего состояния больше σ), предусмотрена раскраска в пурпурный цвет, что соответствует состоянию «инверсия». В приведенном примере формы сравнения на рис. 1б в качестве базового выступает состояние больной М. в 9 лет, а в качестве текущего – через год и 8 месяцев. За этот период сколиоз прогрессировал у больной с I до II степени и по многим параметрам наблюдается ухудшение ее состояния.

В системе ТОДП для визуального анализа используется 3D модель поверхности туловища,

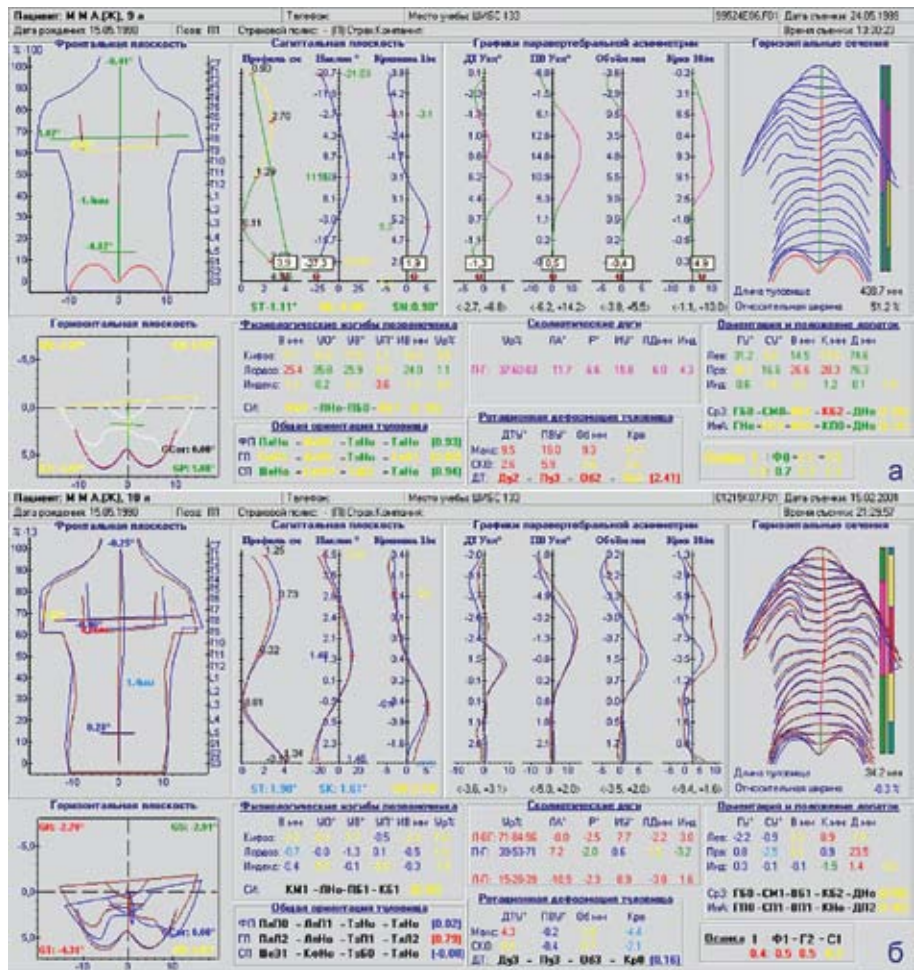


Рис.1. Мониторинг состояния больной М. с идиопатическим сколиозом: а – основная экранная форма (9 лет); б – форма сравнения 2-х состояний (9 и 10 лет)

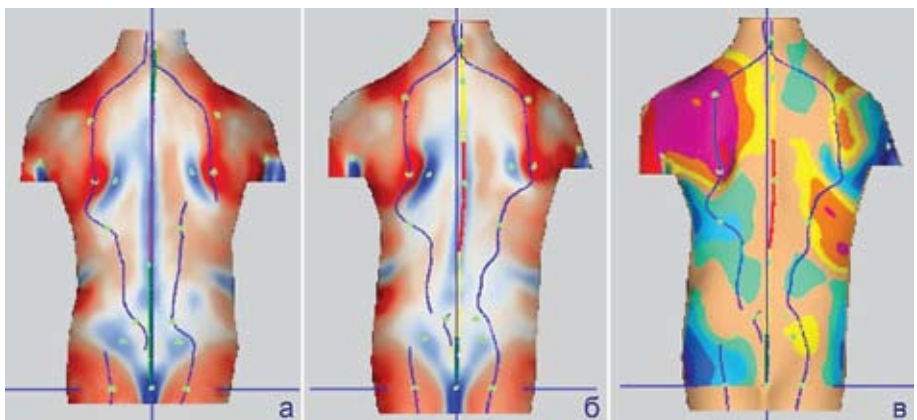


Рис. 2. 3D модель дорсальной поверхности туловища больной М. а, б – с раскраской по суммарной кривизне (для возраста 9 и 10 лет); в – с раскраской изменений формы по предложенному способу

наиболее наглядно представляющая состояние осанки пациента. Эта 3D модель может дополнительно раскрашиваться, например, как показано на рис. 2а, б, где раскраска соответствует величине средней кривизны поверхности (красный цвет – для выпуклых участков, синий – для вогнутых). При построении формы сравнения 3D модель для текущего состояния раскрашивается специальным образом с использованием совмещения горизонтальных сечений по линии остистых отростков позвоночника и расчетом разности высоты рельефа для текущего и базового состояния в каждой точке сечения способом аналогичным тому, который используется при построении представления «горизонтальные сечения». В зависимости от величины этой разности (Δ) точки 3D модели раскрашиваются в соответствии со следующей шкалой: $\Delta < 1$ мм – телесный цвет; $\Delta > 1$ мм – желтый; $\Delta > 2,5$ мм – оранжевый; $\Delta > 5$ мм – пурпурный; $\Delta > 10$ мм – красный; $\Delta < -1$ мм – бирюзовый; $\Delta < -2,5$ мм – голубой; $\Delta < -5$ мм – светло-синий; $\Delta < -10$ мм – синий. На рис. 2в представлена 3D модель больной М., раскрашенная в режиме сравнения. 3D модель той же больной в возрасте 12 лет до операции (сколиоз прогрессировал до IV степени) показана на рис. 3а, на рис. 3б – через год после хирургического лечения сколиоза, а на рис. 3в – 3D модель, раскрашенная в режиме сравнения.

В ПО системы ТОДП также предусмотрена возможность графического сравнения осанки для нескольких снимков пациента (до 10), как показано на рис. 4а, б.

Описанная система графико-параметрического сравнения результатов динамического наблюдения пациентов интегрирована в программное обеспечение системы ТОДП. Эта система позволяет детально по отдельным плоскостям и в целом наглядно визуализировать все (даже самые минимальные) изменения в состоянии осанки пациента, а также количественно оценивать динамику изменений с выдачей формализованного заключения об ухудшении или улучшении состояния ОДА, что значительно облегчает задачу врачебной интерпретации. Применение в клинической практике системы графико-параметрического сравнения позволит существенно повысить эффективность использования системы ТОДП для задач мониторинга и контроля лечения.

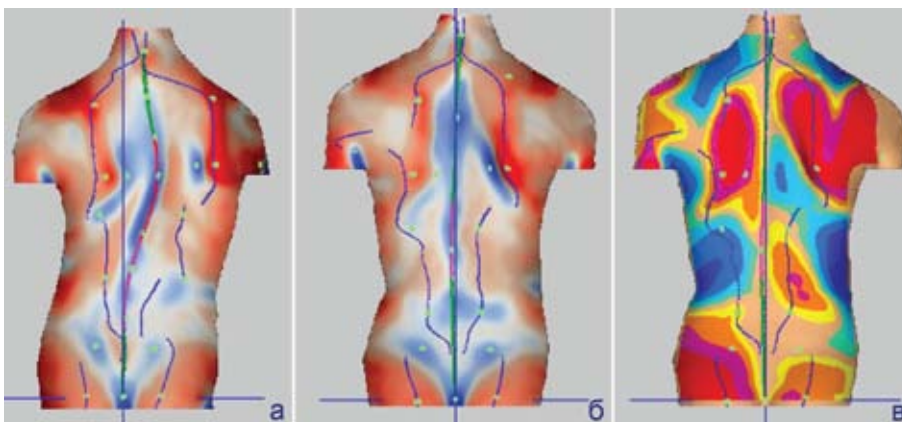


Рис. 3. 3D модель дорзальной поверхности туловища больной М. а – до и б – после операции с раскраской по суммарной кривизне; в – с раскраской изменений формы туловища в результате хирургического лечения сколиоза

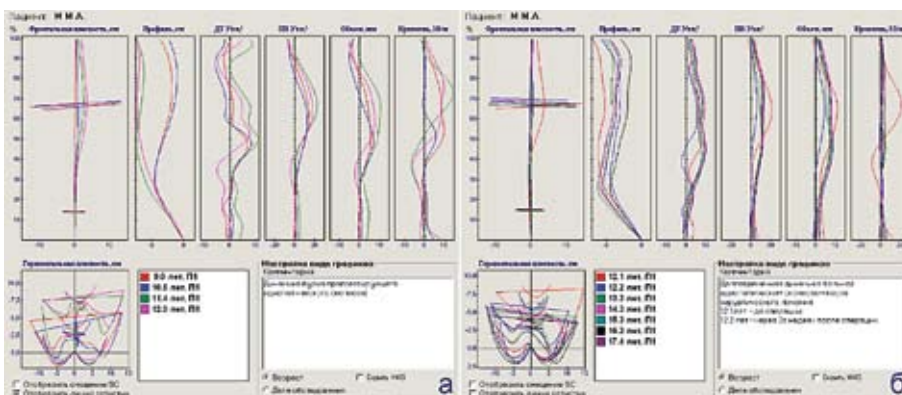


Рис. 4. Форма графического сравнения нескольких состояний пациента для больной М. а – при мониторинге в возрасте с 9 до 12 лет; б – при контроле результатов оперативного лечения в ближайшем и отдаленном периодах (в пределах 5 лет)

ЛИТЕРАТУРА

1. Хюбнер Й. Руководство formetric III 3D/4D //Выпущено 01.02.2007, ревизия 2.
2. Wojcik A., Mehta M. H., Philips G. Surface imaging of body and spinal shape by the Quantec system //Journal of Bone & Joint Surgery, Vol.27, 1994, P.328-333.
3. Berryman F., Pynsent P., Fairbank J. et al. A new system for measuring three-dimensional back shape in scoliosis //Eur Spine J, Vol.17, 2008, P.663-672.
4. Kozlowski J., Merolli A., Monni G. User friendly computer profilometry //Research into Spinal Deformities 3, Vol.88, 2002, P.110-115.
5. <http://www.creaform3d.com/en/3d-body-digitizer/mega-capturor.aspx>
6. <http://www.metos.org>
7. Mitchell H., Pritchard S., Hill D. Surface Alignment to unmask scoliotic deformity in surface topography //Research into Spinal Deformities 5, 2006, P.213-217.

Адрес для переписки:

Россия, 630091, г. Новосибирск, ул. Крылова, д. 31, офис 54,
генеральному директору ООО «МЕТОС» Сарнадскому В. Н.
Тел.: (383) 325-41-52, 325-41-50 • e-mail: metos.org@gmail.com