

УДК 681.786.5: 616.711

В.Н. Сарнадский, А.И. Уберт

**СИСТЕМА ГРАФИКО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СРАВНЕНИЯ
РЕЗУЛЬТАТОВ ДИНАМИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ
МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОПОГРАФИИ**

Метод компьютерной оптической топографии, предназначенный для диагностики нарушений осанки и деформации позвоночника, обеспечивает восстановление 3D модели туловища. Он предоставляет пользователю большой объем информации о состоянии осанки в трех плоскостях. При использовании метода для мониторинга и контроля лечения возникает проблема сопоставления топографических данных. Для ее решения была разработана специальная система графико-параметрического сравнения, в которой используется наложение графических представлений двух состояний пациента и отображение разности топографических параметров с цветной раскраской динамики их изменения, как по величине, так и по направленности (в сторону улучшения или ухудшения состояния осанки).

Компьютерная оптическая топография; сравнение результатов наблюдений.

V.N. Sarnadsky, A.I. Ubert

**TECHNIQUE OF GRAPHIC-PARAMETRIC COMPARISON OF PATIENT'S
FOLLOW-UP RESULTS BY A COMPUTER OPTICAL TOPOGRAPHY**

The computer optical topography method for diagnostic of postural disorders and spinal deformity provides a 3D model reconstruction of the body surface. It gives the user a large volume of information about postural state in three dimensions. While using the method for monitoring and treatment control a problem of topographic data comparison occurs. To solve this problem the special technique of graphic-parametric comparison was developed. It uses the graphic representations overlay of two patient states and colored difference of topographical parameters depending on their change in magnitude and direction (improvement or declining of postural state).

Computer optical topography; graphic-parametric comparison technique.

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 240 ТОДП работают в 67 городах РФ. Основное назначение таких систем – это мониторинг состояния больных со сколиозами и кифозами, а также контроль результатов лечения. Так как топографическое обследование абсолютно безвредно, 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. Основным недостатком данного подхода, на наш взгляд, множественность выходных форм сравнения и ограничение набора 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. 1,а 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 РТИ, 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. 1,а 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 результата лечения больных сколиозом. Система графико-параметрического сравнения сохраняет концепцию одной выходной формы и представляет собой видоизмененную основную форму (рис. 1,б), 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.

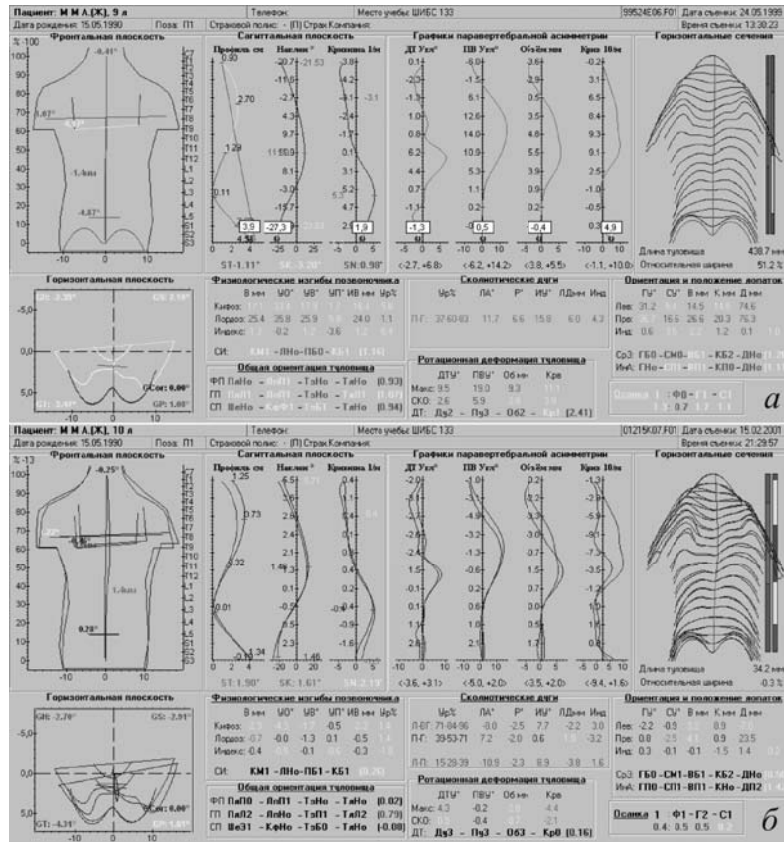


Рис. 1. Мониторинг состояния больной М. с идиопатическим сколиозом: а – основная экранная форма (9 лет); б – форма сравнения 2-х состояний (9 и 10 лет)

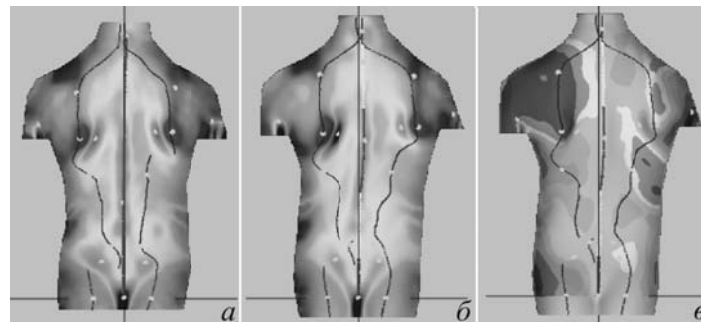


Рис. 2. 3D модель дорзальной поверхности туловища больной М.: а, б – с раскраской по суммарной кривизне (для возраста 9 и 10 лет); в – с раскраской изменений формы по предложенному способу

В форме сравнения (рис. 1,б) 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 значений 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. 1,б 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, наиболее наглядно представляющая состояние осанки пациента. Эта 3D модель может дополнительно раскрашиваться, например, как показано на рис. 2,а,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: $\Delta < \pm 1$ 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. 2,в 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. 3,а, на рис. 3,б – через год после хирургического лечения сколиоза, а на рис. 3,в – 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. 4,а,б.

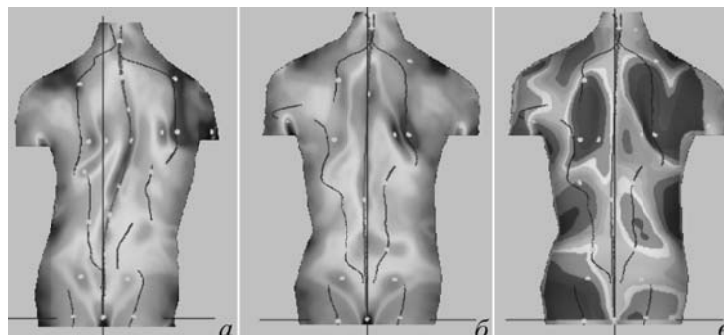


Рис. 3. 3D модель дорзальной поверхности туловища больной М.: а до и б после операции с раскраской по суммарной кривизне; в – с раскраской изменений формы туловища в результате хирургического лечения сколиоза

Описанная система графико-параметрического сравнения результатов динамического наблюдения пациентов интегрирована в ПО системы ТОДП в 2010 году (версия WTOPO 3.7). Ее применение в клинической практике позволяет существенно повысить эффективность использования системы ТОДП для задач мониторинга и контроля лечения.

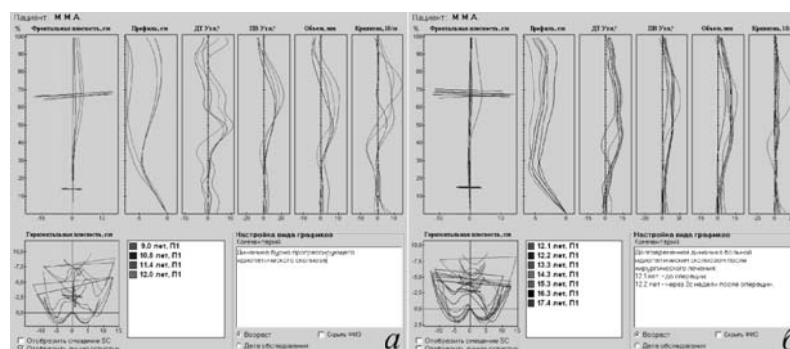


Рис. 4. Форма графического сравнения нескольких состояний пациента для больной М.: а – при мониторинге в возрасте с 9 до 12 л.; б – при контроле результатов оперативного лечения в ближайшем и отдаленном периодах (в пределах 5 лет)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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. – 1994. – Vol. 27. – 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. – 2008. – Vol. 17. – P. 663-672.
4. Kozłowski J., Merolli A., Monni G. User friendly computer profilometry // Research into Spinal Deformities. – 2002. – Vol. 88, № 3 – 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. – 2006. – № 5. – P. 213-217.

Статью рекомендовала к опубликованию к.м.н. И.Л. Трегубова.

Сарнадский Владимир Николаевич – ООО «Метос»; e-mail: metos.org@gmail.com; 630091, г. Новосибирск, ул. Крылова, 31; тел.: 83833254152; генеральный директор; к.т.н.

Уберт Алексей Игоревич – Новосибирский государственный технический университет; e-mail: aleksey.ubert@gmail.com; 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20; тел.: 89139050684; кафедра автоматизики; аспирант.

Sarnadsky Vladimir Nikolaevich – LLC Metos; e-mail: metos.org@gmail.com; 31, Krylova street, Novosibirsk, 630091, Russia; phone: +73833254152; DG; cand. of eng. sc.

Uberty Aleksey Igorevich – Novosibirsk State Technical University; e-mail: aleksey.ubert@gmail.com; 20, K. Marx avenue, Novosibirsk, 630092, Russia; phone: +79139050684; the department of automation; postgraduate student.

УДК 612.822.3+612.825.54

**В.Н. Анисимов, Н.С. Ермаченко, А.А. Ермаченко, Л.В. Терещенко,
А.В. Латанов**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ И ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ

Разработан аппаратный комплекс для синхронной регистрации движений глаз и ЭЭГ. Комплекс включает быструю цифровую камеру (250 Гц) и стандартный электроэнцефалограф. Видеозапись движений глаз с высоким временным разрешением позволяет точно определить положение взора в любой момент времени, при этом по амплитудно-частотным характеристикам ЭЭГ можно оценить текущее функциональное состояние ЦНС при выполнении какой-либо ментальной деятельности. В экспериментах исследовали параметры движений глаз и динамику амплитуды ЭЭГ в альфа-диапазоне, сопровождающие различную когнитивную деятельность – перцептивную и лингвистическую. Использовали две парадигмы, вовлекающие различные когнитивные процессы – произвольный зрительный поиск и чтение предложений с синтаксической неоднозначностью. При выполнении различной когнитивной деятельности параметры движений глаз и динамика амплитуды ЭЭГ в альфа-диапазоне отражали эффективность решения задач и степень вовлечения различных процессов внимания.

ЭЭГ; движения глаз; видеоокулография; чтение; внимание; зрительный поиск.

**V.N. Anisimov, N.S. Ermachenko, A.A. Ermachenko, L.V. Tereschenko,
A.V. Latanov**

EXPERIMENTAL SETUP FOR SYNCHRONOUS RECORDING OF EYE MOVEMENTS AND EEG

We designed the experimental setup for synchronous recording of eye movements and EEG. This system consists of (или includes) aIt composes with fast digital camera (250 Hz) and a standard EEG-recorder. The high frequency video recording provides the detectionng of gaze direction at the every time moment, while the amplitude and temporal characteristics of EEG reflect functional state of the brain during any mental performance. In experiments we studied eye movement parameters and EEG alpha band amplitude dynamics that accompany different cognitive functioningfunctions (processes или activity?) – perceptual and linguistic. The two paradigms involved the different cognitive processes were conducted – guided visual search and syntactic disambiguation. In different mental executionThe eye movement parameters and EEG alpha band amplitude dynamics were related with task performance efficiency and involvement of different attentional subsystem processes during various mental strains. (или mental processes, mental states, activities) involvement.

EEG; eye movements; eye tracking; reading, attention; visual search.