

Таблица 4 — Шкала Чеддока

Критическое значение коэффициента	Показатель связи
0,1–0,3	Слабая корреляционная связь
0,3–0,5	Умеренная корреляционная связь
0,5–0,7	Заметная корреляционная связь
0,7–0,9	Высокая корреляционная связь
0,9–1,0	Весьма высокая корреляционная связь

Выявлена заметная положительная корреляционная связь степени травматического стеноза и индекса стабильности, заметная отрицательная корреляционная связь травматического стеноза и индекса травматического стеноза позвоночного канала и индекса нарушений жизнедеятельности, а также весьма высокая положительная корреляционная связь травматического стеноза и степени компенсации стеноза. Выявленные доли объясняемой дисперсии подтверждают высокую клиническую значимость ассоциации степени травматического стеноза и степени компенсации стеноза (81%), степени неврологических нарушений по ASIA и индекса нарушения жизнедеятельности по JOA (80%).

Выводы

1. Рентгенологические признаки, определяемые при повреждениях нижнешейного отдела позвоночника в общепринятых классификациях, заметно коррелируют со степенью травматического стеноза.

2. Степень травматического стеноза определяет неврологическую компенсацию пациентов с повреждениями нижнешейного отдела позвоночника.

3. Клинически определяемые нарушения функций жизнедеятельности заметно зависят от степени возникшего при повреждении нижнешейного отдела позвоночника травматического стеноза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Некоторые итоги работы Республиканского центра спинальной травмы БелНИИТО / И. Р. Воронович [и др.] // Организация оказания нейротравматологической помощи при спинальной

травме: матер. Респ. науч.-практич. конф., посвящ. 20-летию Центра спинальной травмы ГУ БелНИИТО, Минск, 4 июня 2004г. / ГУ БелНИИТО; редкол.: И. Р. Воронович [и др.]. — Мн., 2004. — С. 7–12.

2. Гладков, А. В. Возможности математического моделирования в изучении биомеханики позвоночника / А. В. Гладков // Патология позвоночника: сб. науч. ст. / Ленинградский науч.-исслед. инстит. травм. и ортоп. — Л., 1990. — С. 78–83.

3. Гланц С. Медико-биологическая статистика. — М.: «Практика», 1999. — 459 с.

4. Кириленко С. И. Лечение нестабильных дислокаций нижнешейных позвонков, сопровождающихся деформацией позвоночного канала / С. И. Кириленко, А. М. Петренко, М. М. Дятлов // Здравоохранение. — 2005. — № 7. — С. 30–34.

5. Косичкин, М. М. Инвалидность вследствие травматического поражения спинного мозга, медико-социальная экспертиза и реабилитация / М. М. Косичкин, Л. П. Гришин, Д. М. Шапиро // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. — 1999. — № 1. — С. 9–15.

6. Traumatic rotatory displacement of the lower cervical spine / C. Argenson [et al.] // Bull. Hosp. Jt. Dis. — 2000. — Vol. 59. — P. 52–60.

7. Charles, R. Clark. Cervical Spondylotic Myelopathy: History and Physical Findings / R. Clark, Charles // Spine. — 1988. — Vol. 13, № 7. — P. 847–848.

8. The International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury: reliability of data when applied to children and youths / M. J. Mulcahey [et al.] // Spinal Cord. — 2007. — Vol. 45 (6). — P. 452–459.

9. Pavlov, H. The Relationship of Developmental Narrowing of the Cervical Spinal Canal to Reversible and Irreversible Injury of the Cervical Spinal Cord in Football Players / H. Pavlov, J. S. Torg // The Journal of Bone and Joint Surgery. — 1996. — Vol. 78A, № 9. — P. 1308–13014.

10. White, A. A. Clinical biomechanics of the spine / A. A. White, M. M. Punjabi. — Philadelphia, Toronto: J. B. Lippincott Co, 1978. — 534 p.

Поступила 07.05.2008

УДК 616.711-83.75:616.711-007.55

РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СКОЛИОТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПОЗВОНОЧНИКА В САГИТТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Д. К. Тесаков¹, Д. Д. Тесакова²

¹Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии, г. Минск

²Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

Представлена разработанная методика рентгенологической оценки сколиотической деформации позвоночника в сагиттальной плоскости. На основе характеристики нормального сагиттального баланса позвоночника определены три формы его поражения: компенсированная, субкомпенсированная и декомпенсированная. Данные формы целесообразно учитывать как объективный критерий в диагностике патологии, оценке динамики его развития и эффективности проводимого корригирующего лечения.

Ключевые слова: сколиоз, деформация позвоночника, сагиттальная плоскость, рентгенологическая диагностика.

ROENTGENOLOGICAL ESTIMATION OF SPINE SAGITAL PLANE WITH SCOLIOTIC DEFORMITY**D. K. Tesakov¹, D. D. Tesakova²**¹**Belarusian scientific-research institute of traumatology and orthopedic surgery, Minsk**²**Belarusian state medical university, Minsk**

The devised method of roentgenological estimation of spine sagital plane with scoliotic deformity is represented. Using the characteristic of normal sagital spine balance three forms of its lesion was determined: compensated, subcompensated, decompensated. These forms are expedient to serve as an objective criterion for pathology diagnosis, for estimation of its progress in dynamics and estimation of carried out corrective treatment effectiveness.

Key words: scoliosis, spine deformity, sagital plane, roentgenological diagnosis.

Введение

Анатомо-биомеханической особенностью строения позвоночника является его форма в сагиттальной плоскости, в которой выделяют физиологические изгибы — шейный и поясничный лордоз, грудной и крестцовый кифоз. Данные изгибы выполняют функцию своеобразных амортизаторов по типу рессорных пружин, поставленных в вертикальное положение, и своей формой и параметрами отражают состояние сагиттальной уравновешенности или баланса позвоночника [4, 6, 10, 11].

Ведущим ортопедическим симптомокомплексом сколиоза является развивающаяся специфическая деформация позвоночника. При этом специфичность сколиотического деформационного процесса заключается в ротационно-торсионном компоненте; он и вызывает изменение формы, пространственного положения и параметров позвоночника, структуральность анатомо-биомеханического поражения которого наиболее проявляется на уровне грудного и поясничного отделов [1, 2, 4, 6, 7, 8, 11, 12].

В общепринятой ортопедической клинко-рентгенологической диагностике сколиотической деформации основное внимание уделяется оценке состояния позвоночника во фронтальной плоскости по прямой рентгенограмме, которая предоставляет информацию о локализации дуг искривления, их особенностях и угловой величине, что позволяет уточнить анатомический тип деформации и степень ее тяжести. О характере изменений формы позвоночника при сколиозе в сагиттальной плоскости в большинстве случаев судят только по клиническим данным [2, 3, 7, 8], не объективизируя рентгенологическим обследованием.

Целью работы явилась разработка диагностического алгоритма рентгенологической оценки сколиотической деформации позвоночника в сагиттальной плоскости.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования явились переднезадние и боковые вертикальные рентгенограммы позвоночника 142 пациентов с идиопатическим (диспластическим) сколиозом. Возраст больных на момент обследования составлял от 8 до 16 лет. При клиническом осмотре у всех пациентов отсутствовала патологическая анатомическая разница длины ног.

Все рентгенограммы были выполнены на кассетах форматом 30×40 см, на которых позвоночник проецировался от каудального уровня S₁ позвонка с захватом крыльев подвздошных костей и реберного каркаса грудной клетки; краниальный уровень позвоночника при этом располагался не ниже Th₃ позвонка. В процессе выполнения снимков пациент находился на выпрямленных в коленях и ровно установленных ногах в позе обязательного самоконтроля за осанкой. При проведении передне-задней рентгенографии руки у больного были выпрямлены и опущены вдоль туловища, а при боковой — укладывались на подставку на уровне груди, что представлено на рисунке 1.

Величина основных дуг искривления позвоночника по переднезадней рентгенограмме у рассматриваемых больных составила от 3 до 84 градусов при измерении по Коббу [9]. При этом деформации I степени тяжести согласно классификации В. Д. Чаклина [8] отмечены у 9 пациентов (6,3%), II степени — у 35 (24,6%), III степени — у 48 (33,8%) и IV степени — у 50 (35,2%).

Состояние позвоночника в сагиттальной плоскости оценивалось на уровне грудного и поясничного отделов по боковой рентгенограмме. Основным диагностическим критерием была определена форма зоны грудного кифоза и поясничного лордоза и их угловая величина, измеренная по методике Кобба.

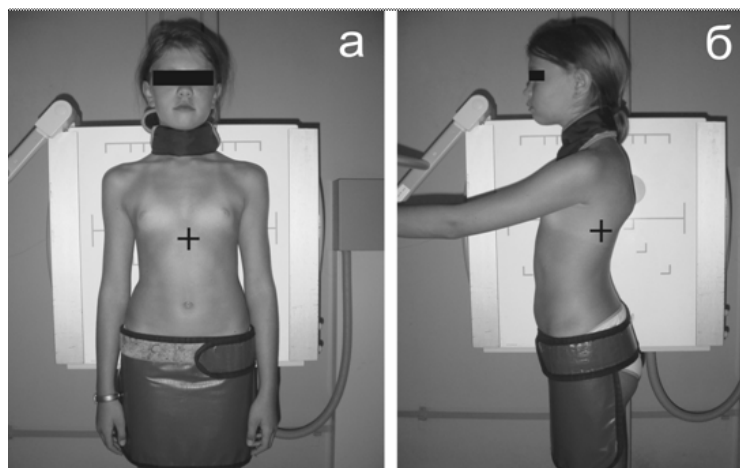


Рисунок 1 — Положение пациента при передне-задней (а) и боковой (б) рентгенографии позвоночника. Крестиком обозначено место центрирования луча

В связи с наличием переходного шейногрудного отдела, локализирующегося на уровне С₆-Th₃ сегментов, и грудопоясничного отдела, локализирующегося на уровне Th₁₁-L₂ сегментов, грудной кифоз оценивался между краниальным сегментом, взятым на уровне Th₁-Th₃ позвонков, и каудальным, взятым на уровне Th₁₁-Th₁₂. Поясничный лордоз оценивался на уровне каудального сегмента грудного кифоза (Th₁₁-Th₁₂ позвонки) и L₅ позвонком. Само измерение угловых параметров дуг грудного кифоза и поясничного лордоза осуществлено следующим образом.

На боковой вертикальной рентгенограмме определялся краниальный и каудальный позвонки грудного кифоза. Учитывая, что тела данных сегментов в боковой проекции могли иметь клиновидную деформацию, для измерения брались линии, проводившиеся параллельно замыкательным пластинкам, которые имели наибольший наклон в сторону дуги кифоза. Далее определяли позвонки, являющиеся краниальным и каудаль-

ным сегментами поясничного лордоза; при этом в сегментах Th₁₁-Th₁₂ бралась линия, используемая для измерения грудного кифоза. В позвонке L₅ бралась линия, проводимая параллельно только верхней замыкательной пластинке. Это связано с тем, что тело данного сегмента в сагиттальной плоскости в норме имеет форму определенного клина, обращенного основанием кпереди и вершиной кзади, что характеризует, в свою очередь, параметры отклонения крестца и таза, которые имеют свой диапазон угловых величин [10, 11] и могли вносить дополнительные погрешности при измерении. Углы пересечения указанных линий отражали величину сагиттальных дуг грудного и поясничного отделов позвоночника, которые сопоставляли с физиологическими параметрами кифоза и лордоза соответственно. Схема примененной методики измерения дуги грудного кифоза и поясничного лордоза в сагиттальной плоскости проиллюстрирована на рисунке 2.

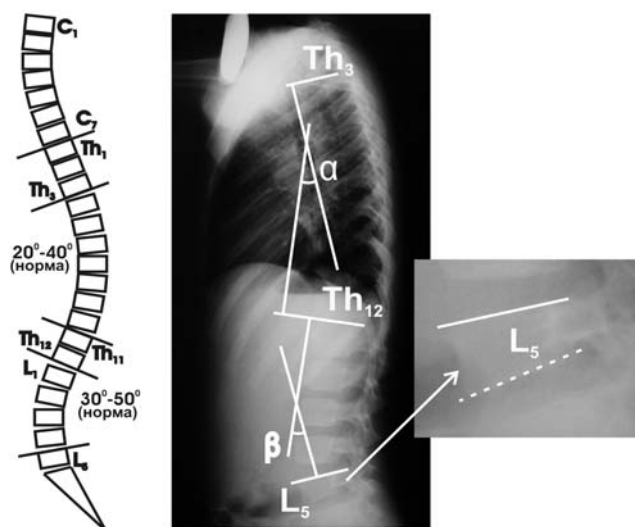


Рисунок 2 — Схема методики измерения угловой величины дуг грудного кифоза (α) и поясничного лордоза (β). Стрелка указывает на выделенный фрагмент, где показана клиновидность формы тела L₅ позвонка

Анализ рентгенограмм в работе выполнен с использованием компьютерных программ: «DICOM», «DICOM Eye», «CorelDRAW 10», Microsoft Excel и Статистика 5,0.

Результаты и обсуждение

При оценке позвоночника в сагиттальной плоскости учитывалась физиологическая норма, которая на боковой рентгенограмме характеризовалась совокупностью следующих показателей:

— четкая визуализация формы физиологического профиля позвоночника на уровне грудного и поясничного отделов;

— отсутствие патологических дегенеративно-дистрофических признаков деформации, деструкции (явления остеохондроза) и транспозиции позвоночных сегментов;

— измеряемые по Коббу величины дуг находятся в интервале физиологических параметров, который для грудного кифоза составляет 20–40 градусов, а для поясничного лордоза — 30–50 градусов [5, 6, 10, 11].

Результаты оценки позвоночника у анализируемых пациентов с учетом степени тяжести деформации по В. Д. Чаклину [8] представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Показатели сагиттальной плоскости позвоночника у больных сколиозом в зависимости от степени тяжести деформации

Показатели	Степени тяжести по В. Д. Чаклину			
	I ст. ($\geq 10^\circ$), n = 9	II ст. (11–25°), n = 35	III ст. (26–40°), n = 48	IV ст. ($\leq 41^\circ$), n = 50
Качество визуализации изгибов позвоночника	Хорошее	Относительно хорошее	Плохое	Очень плохое
Возможность измерения угловой величины	Не затруднено	Не затруднено	Затруднено	Значительно затруднено
Величина грудного кифоза (градусы):				
min	17	8	2	0
max	38	36	38	49
среднее	26	20,5	17,4	13,2
Величина поясничного лордоза (градусы):				
min	27	20	14	0
max	58	45	58	62
среднее	37,5	31,2	33,4	27
Наличие признаков деформации, деструкции (остеохондроза) и транспозиции сегментов	Не выявлено	Не выявлено	Выявлены признаки остеохондроза	Выявлены признаки остеохондроза и транспозиции сегментов

В норме сагиттальная плоскость иллюстрирует баланс или анатомо-биомеханическую устойчивость позвоночника. Следовательно, само понятие анатомо-биомеханической устойчивости как термина разрешает определять его отклонения, изменения или нарушения, используя критерий компенсированности, который предусматривает в своей выраженности соответствующие изменения перечисленных выше показателей нормы. Данный подход позволил определить три патологических формы, объективно отражающих выраженность деформационного поражения в сагиттальной плоскости: относительно компенсированная, субкомпенсированная и декомпенсированная форма.

К *относительно компенсированной форме* деформационного поражения позвоночника отнесены случаи, когда на боковой вертикальной рентгенограмме визуально определялось сохранение формы физиологических изгибов — грудного кифоза и поясничного лордоза.

Измеряемая угловая величина дуг данных изгибов находилась в интервале нормы. Сами позвоночные сегменты не имели визуализируемых признаков деформирования, дегенерации или транспозиции. На рисунке 3 представлен рентгенологический пример данной формы состояния позвоночника при сколиозе.

Субкомпенсированной формой считались варианты, при которых на снимке визуально сохранялся профиль изображений тел позвонков на уровне грудного и поясничного отделов, но измеряемые угловые параметры практически вышли за предел нижней границы интервала нормы. Визуально на снимках встречались позвоночные сегменты с признаками их дегенерации (явления ювенильного остеохондроза). На рисунке 4 представлен рентгенологический пример указанной формы состояния позвоночника при сколиозе.

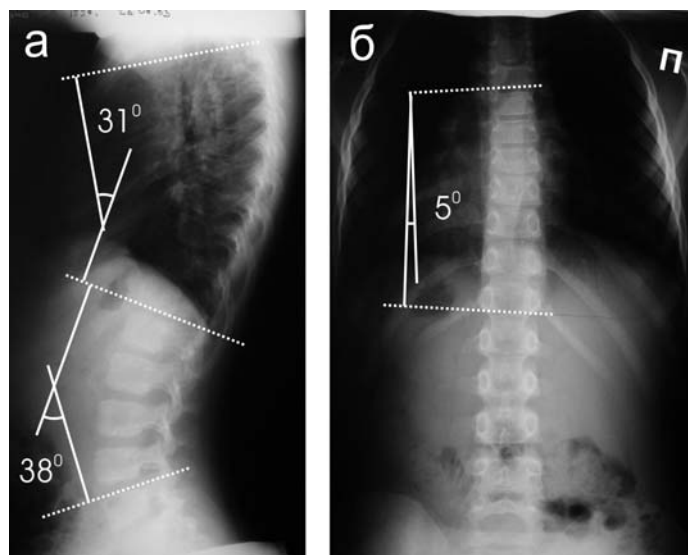


Рисунок 3 — Пример относительно компенсированного состояния позвоночника в сагиттальной плоскости при сколиотической деформации: (а) — боковая проекция (позвоночник сохраняет свою физиологическую форму и параметры грудного и поясничного отдела); (б) — прямая проекция (определена деформация с основной дугой в грудном отделе справа I степени тяжести)

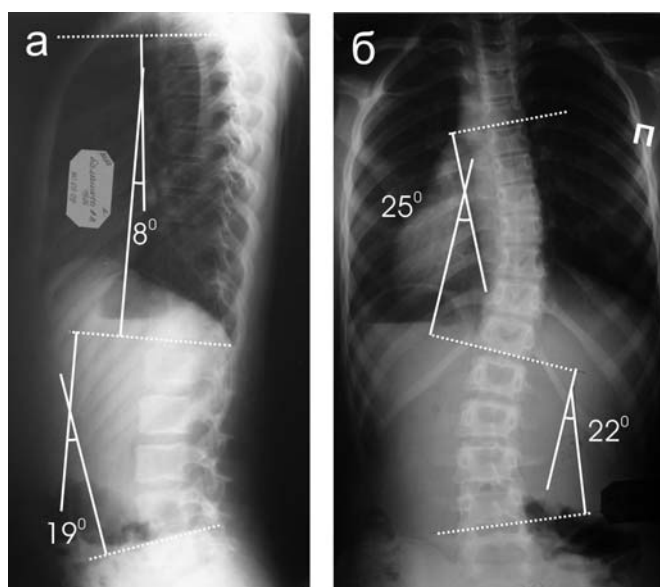


Рисунок 4 — Пример субкомпенсированного состояния позвоночника в сагиттальной плоскости при сколиотической деформации: (а) — боковая проекция (сохраняется возможность визуализации профиля позвоночных сегментов, величина грудного кифоза и поясничного лордоза находится за пределами нижней границы интервала нормы); (б) — прямая проекция (определена деформация с основными дугами в грудном отделе справа и поясничном отделе слева II степени тяжести)

К *декомпенсированной форме* отнесены случаи, когда позвоночник в сагиттальной плоскости выглядел в виде наслаивающихся друг на друга позвонков, что объективно затрудняло сам поиск и дифференцировку грудного и поясничного отделов. Получаемые угловые параметры при измерении по Коббу могли иметь самые различные показатели. На снимках определялись позвоночные сегменты с признаками их собственной деформации, дегенерации и патологической транспозиции. На рисунке 5 представлен соответ-

ствующий рентгенологический пример формы поражения позвоночника при сколиозе.

Согласно указанным критериям оценки позвоночника по боковой рентгенограмме, относительно компенсированная форма сагиттального поражения определена у 39 больных (27,5%), субкомпенсированная — у 86 (60,5%), декомпенсированная — у 17 (12,0%). Распределение показателей в зависимости от степени тяжести деформации во фронтальной плоскости представлено диаграммой на рисунке 6.

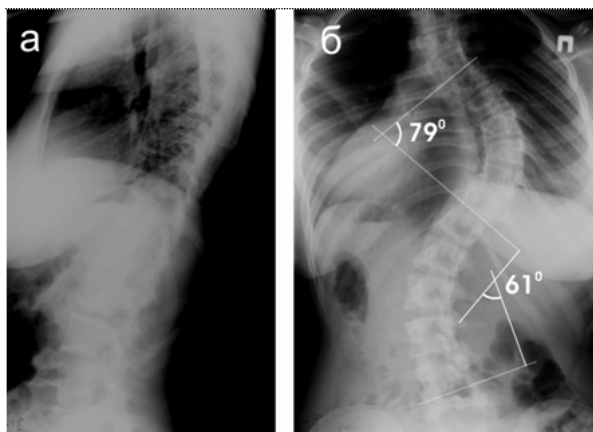


Рисунок 5 — Пример декомпенсированного состояния позвоночника в сагиттальной плоскости при сколиотической деформации: (а) — боковая проекция (визуально определяется значительное изменение формы позвоночника и затрудненность в дифференциации и измерении параметров грудного и поясничного отделов); (б) — прямая проекция (определена деформация с основными дугами в грудном отделе справа и поясничном отделе слева IV степени тяжести)

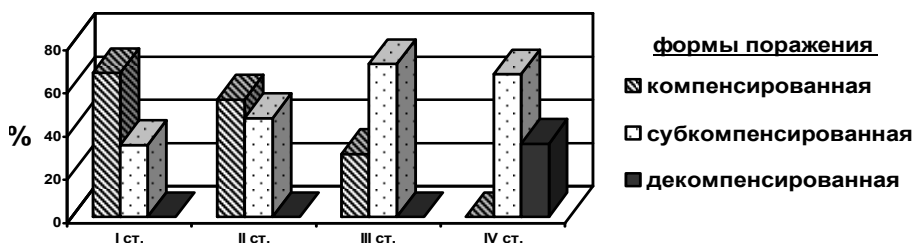


Рисунок 6 — Распределение показателей сагиттального поражения позвоночника в зависимости от степени тяжести деформации во фронтальной плоскости

Полученные данные указывают, что состояние сагиттального баланса позвоночника динамически прямопропорционально зависит от выраженности поражения во фронтальной плоскости. С нарастанием величины патологических дуг на прямой рентгенограмме, т. е. степени тяжести деформации, происходит соответствующее перераспределение изменений в сагиттальной плоскости. При этом декомпенсированная форма сагиттального баланса позвоночника проявилась только у больных с деформациями IV степени тяжести, у которых стартовая величина основной дуги искривления перешла рубеж 40 градусов; в данной группе наблюдений также не выявлено ни одного случая с относительно компенсированной формой.

Учитывая, что с увеличением степени тяжести искривления снижается устойчивость позвоночника, представленные рентгенологические критерии и выделенные формы компенсированности также отражают выраженность сколиотического деформационного процесса. Сопоставление между собой параметров деформации во фронтальной плоскости и полученных параллельно характеристик сагиттального баланса подтверждает наличие ротационно-торсионного механизма в развитии сколиотического пораже-

ния позвоночника, который, специфически вращая позвоночный столб, приводит к анатомической транспозиции его отделов. Поэтому наличие на прямой рентгенограмме визуализируемого бокового отклонения позвоночника в определенных отделах и изменения сагиттального баланса на боковом снимке являются отражением указанного специфического патологического процесса. Следовательно, получаемые рентгенологические данные по боковой проекции о состоянии позвоночника в сагиттальной плоскости являются диагностической информацией, которая объективно иллюстрирует его поражение при сколиозе и в сочетании с результатами оценки во фронтальной плоскости указывает на реальный прогноз дальнейшего самостоятельного развития патологии.

Заключение

Выявленные изменения позвоночника в сагиттальной плоскости при его сколиотическом поражении подтверждают специфический ротационно-торсионный характер патологического деформационного процесса. Представленные критерии и выделенные формы изменения компенсированности сагиттального баланса позвоночника рекомендуются как компонент стандарта рентгенологического обследования и наблюдения за ди-

намикой развития деформации. Их применение в совокупности с основными характеристиками фронтальной плоскости обеспечивает постановку расширенного клинического диагноза, что позволяет определить программу адекватного корригирующего лечения и осуществлять соответствующий объективный контроль над ее эффективностью для конкретного больного сколиозом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Деформации позвоночника: учеб. пособие / В. М. Шаповалов [и др.]. — СПб: «МОРСАР АВ», 2000. — 96 с.
2. Казьмин, А. И. Сколиоз / А. И. Казьмин, И. И. Кон, В. Е. Бельский. — М.: Медицина, 1981. — 271 с.
3. Маркс, В. О. Ортопедическая диагностика / В. О. Маркс. — Мн.: Наука и техника, 1978. — 511 с.
4. Михайловский, М. В. Хирургия деформаций позвоночника / М. В. Михайловский, Н. Г. Фомичев. — Новосибирск: Сибирское университет. изд-во, 2002. — 430 с.

5. Садофьева, В. И. Нормальная рентгеноанатомия костно-суставной системы детей / В. И. Садофьева. — Л.: Медицина, 1990. — 216 с.
6. Ульрих, Э. В. Вертебрология в терминах, цифрах, рисунках / Э. В. Ульрих, А. Ю. Мушкин. — СПб.: «ЭЛБИ-СПб», 2002. — 187 с.
7. Фищенко, В. Я. Сколиоз / В. Я. Фищенко. — Макеевка, 2005. — 558 с.
8. Чаклин, В. Д. Ортопедия / В. Д. Чаклин. — М.: Медгиз, 1957. — Кн. 2. — 798 с.
9. Cobb, J. R. Outline for the study of scoliosis / J. R. Cobb // Am. Acad. Orthopaedic Surg. — 1948. — Vol. 5. — P. 261–275.
10. Cotrel, Y. C-D Instrumentation en Chirurgie Rachidienne. Principes, Technique, Erreurs et Pieges / Y. Cotrel, J. Dubousset. — Sauramps medical, 1992. — 159 p.
11. Marty, C. Normal sagittal equilibrium of the spine. Its relations with the pelvic parameters. Its dysfunctions: origin of low-back pain / C. Marty, J. Legave, G. Duval-Beaupère // Europ. Spinal Res. — 1997. — № 15. — P. 21–28.
12. Moe's textbook of scoliosis and other spinal deformities / D. S. Bradford [et al.]. — N.Y.: W.B.Saunders Company, 1987. — 651 p.

Поступила 17.04.2008

УДК 616.72 – 008.1/.8.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ТРЕНИЯ СИНОВИАЛЬНЫХ СУСТАВОВ

В. И. Николаев¹, А. В. Белецкий², Д. В. Чарнаштан¹, С. Ф. Ермаков³

¹Гомельский государственный медицинский университет

²Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии, г. Минск

³Институт механики металлополимерных систем НАН Беларуси им. В. А. Белого, г. Гомель

Исследованы трибологические характеристики модельной пары трения «хрящ – хрящ» в присутствии различных смазочных сред. Предложен компьютеризированный маятниковый трибометр для оценки процессов трения в суставах. Показана эффективность созданного прецизионного маятникового прибора на примере исследования смазочных свойств натуральной синовиальной жидкости и ее заменителей на основе сыворотки крови.

Ключевые слова: модель трибосистемы «хрящ – хрящ», электронно-счетный маятниковый трибометр, заменители синовиальной жидкости.

MODELING AND ESTIMATION OF SYNOVIAL JOINT FRICTION PROCESS

V. I. Nikolaev¹, A. V. Beletzky², D. V. Charnashtan¹, S. F. Ermakov³

¹Gomel State Medical University

²Republic's Scientifically-practical Centre of traumatology and orthopedy, Minsk

³The metal-polymeric systems mechanics Institution named after V.A.Belyi of Belarus NAC, Gomel

The tribological characteristics of a model «cartilage-cartilage» pair friction at presence of various lubricating medium has been investigated. A computerized pendular tribometer for an estimation of the friction processes in the joints of living organisms has been proposed. It is shown an effectiveness of a made precise pendular device by the example of investigation of lubricating behaviour of natural synovial fluid and it substitute on the base of blood serum.

Key words: tribosystem «cartilage – cartilage» model, data processing pendular tribometer, substitutes of synovial fluid.

Введение

Разработка заменителей синовиальной жидкости для лечебной коррекции трибологических параметров в суставах при дегенеративно-дистрофических заболеваниях имеет сравнительно непродолжительную историю. Моделирование

и оценка процессов трения в синовиальных суставах живых организмов представляет значительный научно-практический интерес. Прежде всего, в связи с тем, что до настоящего времени недостаточно изучены механизмы феномена аномально низкого трения в суставах человека