

- Neurol Neurosurg Psychiatry.–1988.–V.51.–P.1005.–6.
4. Dodson EE, Gross CW, Swerdlhoff JL, et al. Transnasal endoscopic repair of cerebrospinal fluid rhinorrhea and skull base defects: a review of twenty-nine cases // Otolaryngol Head Neck Surg.–1994.–V.111.–P.600–5.
 5. Frankel M, Faley D, Alker G. Otogenic pneumocephalus secondary to chronic otitis media // Arch Otolaryngol.–1980.–V.196.–P.437–9.
 6. Gay-Lussac, L.J., A. von Humboldt. Expérience sur les moyens oediométriques et sur la proportion des principes constituents de l'atmosphère // J. Phys.–Paris LX.
 7. Markham JW. The clinical features of pneumocephalus based upon a survey of 284 cases with report of 11 additional cases // Acta Neurochir.–1967.–V.16.–P.1–78.
 8. Orebaugh SL, Margolis JH. Post-traumatic intracerebral pneumatocele: case report // J Trauma.–1990.–V.30(1) .–P.577–80.
 9. Wilson Jr ES, Sheft DJ. Epidermoid tumor of the skull with intracranial pneumatocele: case report // J Neurosurg.–1986.–V.28.–P.600–2.

П.В.Кротенков, А.М.Киселев, И.В.Есин, О.В.Кротенкова*, Д.В.Д'соуза*

МИНИМАЛЬНО ИНВАЗИВНАЯ МЕТОДИКА ЛЕЧЕНИЯ НАПРЯЖЕННОЙ ВНУТРИЖЕЛУДОЧКОВОЙ ПНЕВМОЦЕФАЛИИ

Отделение нейрохирургии Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф.Владимирского, Москва

**Отделение рентгенологии и радиологии Смоленской государственной медицинской академии, Смоленск Россия*

АБСТРАКТ:

Напряженная внутрижелудочковая пневмоцефалия является причиной повышения внутричерепного давления, блокирует отток спинномозговой жидкости и вызывает резкое ухудшение неврологической симптоматики, что часто требует хирургического вмешательства. В представленном клиническом примере описан новый минимально инвазивный способ лечения пневмоцефалии, осложнившейся ассиметричной гидроцефалией, в свете особенностей динамики и патофизиологии спинномозговой жидкости.

Ключевые слова:

напряженная внутрижелудочковая пневмоцефалия, гидроцефалия, ликвородинамика

© P.V. Krotentkov, A.M. Kiselev, V.R. Krystalinsky et al., 2007

П.В.Кротенков, А.М.Киселев, В.Р.Кристаллинский, Р.Е.Кристаллинский, О.В.Кротенкова, Д.В.Д'соуза

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕДНЕБОКОВОЙ МИКРОДИСКЭКТОМИИ НА ГРУДНОМ ОТДЕЛЕ ПОЗВОНОЧНИКА

Отделение нейрохирургии Московского областного научно-исследовательского клинического института им. М.Ф.Владимирского, Москва

¹Кафедра математики и информатики Смоленского государственного педагогического университета, Смоленск

²Отделение рентгенологии и радиологии Смоленской государственной медицинской академии, Смоленск Россия

АБСТРАКТ

Цель: *Оценка переднебокового микрохирургического доступа к грудному отделу позвоночного канала для лечения грыж грудных межпозвонковых дисков, посредством экспериментального математического моделирования с алгоритмическим обоснованием целесообразности его выполнения.*

Методы: *Моделирование выполнено с учетом топографо-анатомических и биомеханических особенностей грудного отдела позвоночника, используя понятия графа, алгоритм Dijkstra и оригинальное программное обеспечение.*

Результат: *Создана экспериментальная математическая модель максимально безопасного и анатомически минимально травматичного хирургического доступа к грудному отделу позвоночного канала, для его вскрытия, удаления ГГМД и декомпрессии спинного мозга.*

Выводы: *Полученная экспериментальная модель имеет объективные недостатки, но представляет теоретическую ценность и является начальным шагом в симбиозе компьютерных и медицинских технологий, что в перспективе способно изменить методологию хирургических вмешательств.*

Ключевые слова:

математическая модель, микродискэктомия, грудной отдел позвоночника, грыжа грудного межпозвонкового диска

Введение

Выполнение микрохирургической дискэктомии на грудном уровне, при грыжах грудных межпозвонковых дисков (ГГМД), представляет собой трудную задачу вследствие особенностей анатомического строения

данного отдела позвоночника. Главной задачей хирурга при этом является выполнение полноценной декомпрессии спинного мозга и обеспечение стабильности позвоночника, посредством максимально безопасного доступа, не расширяя объема вмешательства и по возможности сокращая сроки ограничения физической активности и иммобилизации.

Операцией выбора при ГГМД традиционно считается дискэктомия из переднебокового трансторакального

Contact Information:

Dr. Pavel Krotentkov
E-Mail: krotentkov@mail.ru

доступа. Мы модифицировали переднебоковой экстраплевральный доступ к грудному отделу позвоночного канала и стали использовать его для удаления ГГМД и декомпрессии спинного мозга и его корешков [2]. Данный доступ выгодно отличается от известных прототипов минимально инвазивными характеристиками [4].

Цель работы

Для всесторонней оценки предложенной хирургической методики, помимо топографо-анатомического и биомеханического обоснования, нами впервые выполнено экспериментальное математическое моделирование доступа с алгоритмическим обоснованием целесообразности его выполнения. Моделирование выполняется с помощью широко известного понятия графа [1] и алгоритма Dijkstra [6, 7], и заключается в определении наиболее эффективного и анатомически минимально травматичного пути хирургического доступа к грудному отделу позвоночного канала, для его вскрытия, удаления ГГМД и декомпрессии спинного мозга. Дополнительными параметрами искомого в данном эксперименте доступа является его соответствие с биомеханическими концепциями Denis [5] и Benzel [3, 8].

Материал и методы

Для предоперационного моделирования доступа, пациенту выполняется магнитно-резонансная томограмма (МРТ) грудного отдела позвоночника. На аксиальной МРТ предполагаемого уровня оперативного вмешательства, посредством созданной компьютерной программы, выполняется разметка с помощью координатной сетки (графа) (Рис. 1 а, б). Множество узлов (вершин) на сетке и путей между ними (ребер) моделируется с помощью широко применяемого в математике понятия графа [1].

Графом называется совокупность двух множеств – множества вершин и множества неупорядоченного множества пар различных элементов (ребер). Пусть v_1 и v_2 – вершины, $e = (v_1, v_2)$ – соединяющее их ребро. Тогда вершина v_1 и ребро e инцидентны, вершина v_2 и ребро e также инцидентны. Два ребра, инцидентные одной вершине, называются смежными; две вершины, инцидентные одному ребру, также называются смежными. Множество вершин, смежных с вершиной v , называется множеством смежности вершины v . Если элементами множества ребер являются упорядоченные пары, то есть указана вершина, из которой ребро выходит, и в которую оно входит, то граф называется ориентированным. В этом случае вершины называются узлами, а ребра – дугами.

После разметки аксиальной МРТ с помощью графа, анатомическим образованиям и структурам, находящимся на пути предполагаемого доступа присваиваются качественные значения, разделенные на 3 группы. Группа 1 (хорошее качество) – анатомические структуры, повреждение которых возможно, и не приведет к серьезным неврологическим и ортопедическим осложнениям; группа 2 (среднее качество) – анатомические структуры, повреждение которых условно разрешено, но не желательно; группа 3 (низкое качество) – анатомические структуры, повреждение которых запрещено. Качественная градация анатомических структур выполнялась на основании их топографо-анатомической и клинической значимости и биомеханических особенностей оперируемого сегмента в соответствии с концепциями Denis [5] и Benzel [3, 8].

Если каждому ребру поставлено в соответствие некоторое целое число, то граф называется помеченным (или

нагруженным), а само множество этих чисел – множеством пометок (или длин дуг). В нашем случае мы имеем нагруженный ориентированный граф, причем ребрам, моделирующим пути хорошего качества, соответствует метка 1, пути среднего качества – метка 10, пути низкого качества – метка 1000. Маршрутом в графе называется чередующаяся последовательность вершин и ребер, в которой любые два соседних элемента инцидентны. Если все ребра различны, то маршрут называется цепью. Для ориентированных графов цепь называется путем.

Поставленная задача определения наиболее эффективного пути хирургического доступа может быть сформулирована математически, как задача поиска кратчайшего пути между двумя данными вершинами нагруженного графа, если длины дуг неотрицательны. Эта задача решается с помощью широко известного алгоритма Dijkstra [6, 7].

Суть алгоритма Dijkstra заключается в том, что на каждом шаге анализируются все вершины графа, смежные с некоторой вершиной v , и если для некоторой вершины u , смежной с v , находится более короткий путь из начальной вершины s через v , то мы включаем этот путь в формируемую последовательность дуг, лежащих на кратчайшем пути. Таким образом, мы получаем последовательности дуг и вершин, задающие кратчайший путь от начальной вершины к конечной.

Разработанная нами программа, на языке программирования Delphi [1], по найденной последовательности вершин аксиальной МРТ грудного отдела позвоночника, строит вектор, демонстрирующий кратчайший путь от одной вершины к другой на координатной сетке. Программа запоминает номера вершин, лежащих на кратчайшем пути в массиве r , и затем соединяет эти вершины линиями (Рис. 1 а, б).

Таким образом, построенный вектор служит ориентиром для выполнения доступа: максимально экономичной резекции тела позвонка, безопасного вскрытия грудного отдела позвоночного канала и декомпрессии спинного мозга и удаления ГГМД.

Результаты и обсуждение

Данные топографо-анатомических и биомеханических особенностей грудного отдела позвоночника, обработанные математическими инструментами (понятие графа и алгоритм Dijkstra) с помощью оригинального программного обеспечения (на языке программирования Delphi), позволили нам создать экспериментальную модель максимально безопасного и минимально травматичного хирургического доступа к грудному отделу позво-

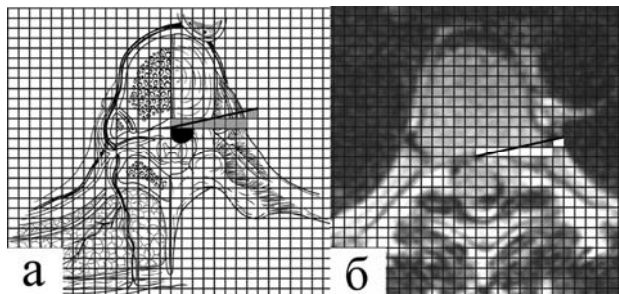


Рис. 1. Математическое моделирование доступа: а – схема; б – аксиальная МРТ грудного отдела позвоночника с изображением ГГМД сдавливающей спинной мозг спереди. Направление вектора указывает наиболее выгодную траекторию доступа к позвоночному каналу

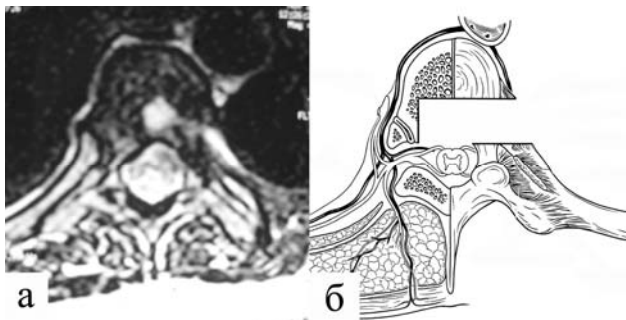


Рис. 2. Переднебоковая микродискэктомия: а – аксиальная МРТ грудного отдела позвоночника после операции. Удалена задняя 1/3 тела позвонка, вскрыт позвоночный канал, удалена ГГМД; б – схема микродискэктомии

ночного канала для удаления ГГМД (Рис. 2 а, б). Используемый нами модифицированный переднебоковой экстраплевральный доступ к грудному отделу позвоночного канала по своим характеристикам соответствует экспериментально полученным параметрам.

Полученная нами экспериментальная модель имеет два объективных недостатка: во-первых, определение наиболее эффективного пути хирургического доступа проводится на двухмерном МРТ изображении, тогда как в ходе реального оперативного вмешательства хирург манипулирует в трехмерном пространстве; во-вторых, экспериментальная модель доступа не может быть использована в режиме реального времени во время опера-

ции, а лишь для предоперационного планирования предполагаемого вмешательства. Тем не менее проведенный нами эксперимент, по нашему мнению, представляет теоретическую ценность и является начальным шагом в симбиозе компьютерных и медицинских технологий, что в перспективе способно изменить методологию хирургических вмешательств.

Список литературы

1. Бондарев В.М., Рублинецкий В.И., Качко Е.Г. Основы программирования // Харьков/Ростов-на-Дону.–1997.–С. 150-178.
2. Кротенков П.В., Киселев А.М., Есин И.В. Модифицированный переднебоковой экстраплевральный доступ для хирургического лечения грыж грудных межпозвоночных дисков // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН.–2006.–№4(50).– С.140-144.
3. Benzel EC. Biomechanics of Spine Stabilization: Principles and Clinical Practice // New York: McGraw-Hill.–1995.–P. 97-102.
4. Bohlman HH, Zdeblick TA. Anterior excision of herniated thoracic discs // J Bone Joint Surg.–1988.–V.70.–P.1038-47.
5. Denis F: The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries // Spine.–1983.–V.8.–P.817-831.
6. Dijkstra EW. A method of programming // Addison Wesley.–1988.
7. Dijkstra EW. Selected writings on computing: a personal perspective // Texts and monographs in computer science // Springer-Verlag.–1982.–V. 5.–P. 45-70.
8. Wakefield AE, Steinmetz MP, Benzel EC. Biomechanics of thoracic discectomy. Neurosurg Focus 2001; 11(3):45-52.

P.V. Krotenkov, A.M. Kiselev, V.R. Krystalinsky¹, R.E. Krystalinsky¹, O.V. Krotenkova², J.W. D'souza²
MATHEMATICAL MODELING AND EVALUATION OF ANTEROLATERAL MICRODISCECTOMY IN THORACIC SPINE

Department of neurosurgery Moscow regional scientific-research clinical institution, Moscow, Russia

¹*Department of mathematics and informatics Smolensk state pedagogical university, Smolensk, Russia*

²*Department of radiology Smolensk state medical academy, Smolensk, Russia*

ABSTRACT:

Objectives: Mathematical modeling and algorithmic evaluation of microsurgical approach to thoracic spinal channel for thoracic disc herniation.

Methods: Modeling was performed with consideration of anatomical and biomechanical properties of the thoracic spine, using the Graph concept, Dijkstra algorithm and original software.

Results: We obtained experimental mathematical model of maximally safe and anatomically minimally invasive approach to thoracic spinal channel, extirpation of thoracic disc herniation and spinal cord decompression.

Conclusions: Obtained experimental model, despite obvious demerits, has theoretical value and represent the initial step of combining computer technology with surgical procedures which may ultimately change customary surgical methodologies.

Key words:

Mathematical model, microdiscectomy, thoracic spine, thoracic disc herniation.

© П.А.Кручинин, О.Кудряшов, А.Ю.Мищанов, З.Паваре, 2007

П.А.Кручинин¹, О.Э. Кудряшов², А.Ю.Мищанов¹, З.Паваре²
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОАНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗМЕРЕНИЙ НОРМАЛЬНОЙ РЕАКЦИИ ОПОРЫ

¹*МГУ им. Ломоносова, Москва, Россия*

²*Рижский Университет им.Страдины, Рига, Латвия*

АБСТРАКТ

Показана возможность восстановления утерянной информации системы видеоанализа движений по измерениям нормальной реакции опоры. Предложен алгоритм восстановления значений углов, основанный на использовании математической модели движения. Алгоритм применен для задачи восстановления утерянных значений угла наклона туловища при приседаниях человека.

Ключевые слова:

система видеоанализа, силовая платформа, комплексирование информации