

Как видно из таблиц и гистограмм, скорость пролиферации клеток, подвергшихся воздействию магнитного поля, значительно снижается по сравнению с контрольными образцами, начиная с 6-9 суток культивирования. При этом увеличение индукции магнитного поля с 28 до 182 мкТл ведет к усилению угнетающего действия поля на пролиферацию экспериментальных образцов. Заметим также, что на 12-14 сутки культивирования (т.е. через 9-11 суток после магнитного воздействия) угнетающее действие поля на пролиферацию несколько ослабевает.

Для выявления хондрогенного действия магнитного поля на МСК были проведены молекулярно-биологические исследования образцов на наличие генетических маркеров дифференцировки (SOX9, Aggrecan) с использованием полимеразной цепной реакции (ПЦР), при этом для положительного контроля использовали биоптаты хрящевой ткани.

Изучение электрофореграмм биоптатов хрящевой ткани (контрольных образцов) и экспериментальных клеток, культивируемых в полной питательной среде без дифференцировочных факторов и подвергшихся воздействию магнитного поля, показало наличие в экспериментальных образцах маркеров хондрогенеза, что свидетельствует о хондрогенной дифференцировке МСК в переменном магнитном поле.

Таким образом, нами показано, что воздействие слабым переменным магнитным полем частотой 50 Гц значительно снижает скорость пролиферации мезенхимальных стволовых клеток начиная с 6-9 суток культивирования по сравнению с контрольными образцами. Увеличение индукции магнитного поля с 28 до 182 мкТл ведет к усилению угнетающего действия магнитного поля на пролиферацию мезенхимальных стволовых клеток.

Исследования также подтвердили показанную в [1] хондрогенную направленность дифференцировки МСК, культивируемых в полной питательной среде, под действием слабого переменного магнитного поля.

#### *Литература*

1. **Ермоленко, Е.М.** / Влияние переменного магнитного поля на хондрогенную дифференцировку мезенхимальных стволовых клеток / Ермоленко, Е.М. Ибрагимова Ж.А., Колесникова Т.С., Ходосовская Е.В., Марчук СИ., Семерихина С.Е., Лещенко В.Г. // Международная научная конференция «Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем», 17-20 июня 2014 г, Минск, Беларусь, Сборник статей, ч.2, с. 197-199.

### **МЕТОД ОЦЕНКИ БИОМЕХАНИКИ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОАНАЛИЗА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

**С.А. Лихачёв<sup>1</sup>, В.В. Ващилин<sup>1</sup>, И.С. Гурский<sup>1</sup>, С.В. Еленская<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ГУ «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии» МЗ РБ, [ninh@mail.ru](mailto:ninh@mail.ru)

<sup>2</sup>ГУ «Республиканский госпиталь Департамента финансов и тыла МВД Республики Беларусь»

**Abstract.** The objective of the research was to develop the method for lumbar spine biomechanics evaluation by means of real-time videomotion analysis. The software developed allows to perform real-time tracking of color markers placed over the key anatomic landmarks (spinous processes of Th12-S1 vertebrae) and to calculate the desired angles. This provides feedback while performing exercises, which facilitates effective training.

У человека по мере развития костно-мышечной системы формируется индивидуальный двигательный стереотип. Неправильная координация мышечных движений, возникающая как следствие неадекватных статических и динамических нагрузок, развития дегенеративно-дистрофических изменений позвоночника, вызывает нарушение двигательного стереотипа с формированием болей, мышечных напряжений. Основным методом восста-

новления нормального двигательного стереотипа позвоночника в комплексном лечении мышечно-тонического и болевого синдрома является выполняемый пациентом комплекс упражнений, формирующих адекватную индивидуальную модель движения.

Необходимость проводить постоянный контроль и коррекцию движений в процессе занятий требует наличия простого и вместе с тем информативного инструмента, позволяющего осуществлять анализ биомеханики позвоночника в режиме реального времени.

Целью исследования явилась разработка метода оценки биомеханики поясничного отдела позвоночника с помощью видеонализа в режиме реального времени.

Ранее нами был разработан метод анализа биомеханики поясничного отдела позвоночника с использованием видеонализа и маркеров в виде окрашенных сфер [1]. К его недостаткам относится невозможность анализа в режиме реального времени. С учётом требования о получении данных в режиме реального времени, в вычислительные алгоритмы были внесены изменения, позволяющие решить поставленную задачу.

Для исследования биомеханики позвоночника в режиме реального времени используется подключенная к компьютеру через USB-интерфейс цифровая видеокамера. С целью упрощения отслеживания анатомических ориентиров на коже пациента над ключевыми анатомическими ориентирами (остистыми отростками Th12, L1, L2, L3, L4, L5, S1 позвонков) закрепляют маркеры в виде окрашенных в красный цвет сфер на плоском основании.

Данные с видеокamеры получаются с использованием соответствующего драйвера и программы mencoder, которая через конвейер передаёт данные программе обработки видеоизображений (ПОВ). На получаемых ПОВ изображениях цвет каждого пикселя задаётся тремя числами R, G, B, характеризующими интенсивность красного, зелёного и синего компонентов соответственно.

Для сравнения цвета пикселей изображения с известным цветом маркера изображение представляют в цветовом пространстве HSV.

Значение H («оттенок») рассчитывают по формуле:

$$H = \begin{cases} H_0 + \pi, \text{ при } (2R - G - B) = 0 \text{ AND } (G - B) = 0 \\ \arctan\left(\frac{0.866025404 \cdot (G - B)}{0.5 \cdot (2R - G - B)}\right), \text{ при } (2R - G - B) \neq 0 \text{ OR } (G - B) \neq 0 \end{cases}$$

где  $H_0$  — известный оттенок цвета маркера; R, G и B — интенсивность красного, зелёного и синего компонентов пикселя соответственно.

Значение S («насыщенность») рассчитывают по формуле:

$$S = \begin{cases} 0.0, \text{ при } \max(R, G, B) = 0 \\ \frac{(\max(R, G, B) - \min(R, G, B))}{\max(R, G, B)}, \text{ при } \max(R, G, B) \neq 0 \end{cases}$$

где R, G и B — интенсивность красного, зелёного и синего компонентов пикселя соответственно;  $\max(R, G, B)$  — наибольшее из значений R, G и B;  $\min(R, G, B)$  — наименьшее из значений R, G и B.

Величину D, характеризующую степень соответствия цвета пикселя известному цвету маркера, рассчитывают по формуле:

$$D = \frac{255 \cdot S}{1 + 4 \cdot (\sin(H_0) - \sin(H))^2 + 4 \cdot (\cos(H_0) - \cos(H))^2},$$

где  $S$  и  $H$  — значения насыщенности и оттенка цвета пикселя,  $H_0$  — значение оттенка цвета маркера. Чем больше величина  $D$ , тем больше цвет пикселя соответствует цвету маркера.

Для ускорения расчётов, по вышеприведенным формулам создаётся таблица значений величины  $D$  для всех возможных значений  $R$ ,  $G$  и  $B$  ( $256 \cdot 256 \cdot 256$  возможных сочетаний) при заданном цвете маркера.

Значение функции  $W(x,y,r)$ , характеризующей степень соответствия изображению маркера с координатами центра  $(x,y)$  и радиусом  $r$ , рассчитывают по формуле:

$$W(x, y, r) = r \cdot \left( \frac{s(x, y, r)}{(2r+1)^2} - \frac{s(x, y, 2r) - s(x, y, r)}{(4r+1)^2 - (2r+1)^2} \right).$$

Здесь  $s(x,y,\rho)$  — это сумма значений  $D$  в квадратной области изображения с координатами центра  $(x,y)$  и стороной, равной  $2\rho+1$ , определяемая как:

$$s(x, y, \rho) = \sum_{i=x-\rho}^{x+\rho} \sum_{j=y-\rho}^{y+\rho} D_{i,j},$$

где  $i, j$  — целые числа,  $D_{i,j}$  — значение величины  $D$  (характеризующей степень соответствия цвета пикселя известному цвету маркера) для пикселя с координатами  $i, j$ ;  $r$  — радиус маркера;  $x$  и  $y$  — координаты центра маркера.

Для быстрого вычисления значения  $s(x,y,\rho)$  используется формула:

$$s(x, y, \rho) = z_{x+\rho, y+\rho} - z_{x+\rho, y-\rho-1} - (z_{x-\rho-1, y+\rho} - z_{x-\rho-1, y-\rho-1}),$$

где

$$z_{i,j} = \sum_{k=0}^i \sum_{l=0}^j D_{k,l},$$

причём таблица значений  $z_{i,j}$  быстро рассчитывается за время порядка  $O(N)$ , где  $N$  — количество пикселей в области интереса, с использованием формул:

$$c_{i,j} = c_{i-1,j} + D_{i,j}, \quad c_{0,j} = D_{0,j}$$

$$z_{i,j} = z_{i,j-1} + c_{i,j}, \quad z_{i,0} = c_{i,0}$$

Координаты  $(x_m, y_m)$  центра маркера рассчитывают по формулам:

$$x_m = \arg \max_x W(x, y, r),$$

$$y_m = \arg \max_y W(x, y, r),$$

где  $W(x,y,r)$  — функция, характеризующая степень соответствия изображению маркера с координатами центра  $(x,y)$  и радиусом  $r$ . При этом  $x \in [x_{\min}, x_{\max}]$ ,  $y \in [y_{\min}, y_{\max}]$ ,  $r \in [r_{\min}, r_{\max}]$ , где  $x_{\min}$  и  $x_{\max}$  — минимальное и максимальное значение координаты  $x$ , задающие область поиска маркера на изображении,  $y_{\min}$  и  $y_{\max}$  — минимальное и максимальное значение координаты  $y$ , задающие область поиска маркера на изображении,  $r_{\min}$  и  $r_{\max}$  — минимальное и максимальное возможные значения радиуса маркера  $r$ .

Значения  $x_{\min}$  и  $x_{\max}$ ,  $y_{\min}$  и  $y_{\max}$  вычисляют по формулам:

$$x_{\min} = x_0 - d,$$

$$x_{\max} = x_0 + d,$$

$$y_{\min} = y_0 - d,$$

$$y_{\max}=y_0+d ,$$

где  $x_0$  и  $y_0$  – координаты маркера на предыдущем кадре,  $d$  – заданное пользователем число, показывающее максимальное смещение маркера по сравнению с предыдущим кадром.

По полученным данным о координатах маркеров рассчитываются и в режиме реального времени отображаются на экране компьютера углы, характеризующие движения в поясничном отделе позвоночника. Получаемая информация и ее графическое изображение на мониторе компьютера позволяет выполнять комплекс упражнений по формированию правильного двигательного стереотипа под постоянным объективным контролем.

Таким образом, разработанный метод видеоанализа позволяет проводить оценку биомеханики поясничного отдела позвоночника в режиме реального времени и осуществлять коррекцию имеющихся нарушений паттерна движений с формированием адекватного двигательного стереотипа.

#### *Литература*

1. **Лихачёв С.А.** Объективизация нарушений биомеханики поясничного отдела позвоночника по данным видеоанализа у пациентов с неврологическими проявлениями остеохондроза / С.А. Лихачёв, С.В. Еленская, В.В. Ващилин, И.С. Гурский // Доклады БГУИР. - 2014. - № 3 (81). - С. 106 - 111.

### **ХРОНИЧЕСКАЯ ИНТРАТЕКАЛЬНАЯ ТЕРАПИЯ БАКЛОФЕНОМ, ПЕРВЫЙ ОПЫТ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.**

**С.А. Лихачев, С.Л. Куликова, Ю.Н. Рушкевич, В.В. Алексеев,  
А.П. Корень, В.С. Терехов**

*РНПЦ неврологии и нейрохирургии, ул. Ф.Скорины, 24, Минск, Республика Беларусь, Sviatlana.Kulikova@gmail.com*

Abstract. The thesis describes a method of treatment of spasticity using baklofen pump. Authors reported the first experience of chronic intrathecal baclofen therapy in spastic syndrome in two patients with cerebral palsy and two with spinal cord injury.

Расстройства мышечного тонуса являются одним из наиболее часто встречающихся неврологических синдромов, при этом повышение тонуса по спастическому типу имеет исключительно широкую распространенность. Спастичность не является синдромом, специфичным для какого-либо заболевания и отмечается при самых различных органических поражениях головного и спинного мозга – расстройствах мозгового кровообращения, травматических, воспалительных и демиелинизирующих поражениях центральной нервной системы, нейродегенерациях, перинатальной энцефалопатии (детском церебральном параличе), опухолях и др.[1,4] Так, спастический синдром присутствует у 19-65% пациентов после перенесенного нарушения мозгового кровообращения, у 30-63% после черепно-мозговой и у 65-78% после спинальной травмы. В детском возрасте наиболее частой причиной спастического синдрома является детский церебральный паралич [2,3]. Длительно существующая спастичность мышц приводит к ограничению объема активных и пассивных движений, затрудняет реабилитационное лечение, а в дальнейшем сопровождается формированием миогенных, а затем и фиксированных контрактур, что приводит к грубой деформации опорно-двигательного аппарата.

Возможности консервативного лечения спастического синдрома в большинстве случаев ограничены. Применение нервно-мышечных блокад с помощью ботулинического токсина у пациентов с диффузным повышением мышечного тонуса во многих мышечных группах оказывается неэффективным. Нечувствительность к препаратам и возникновение побочных эф-