

В.Г. Брюханов¹, З.В. Кошкарева², В.А. Сороковиков^{2, 3}, А.В. Горбунов², А.А. Немаров⁴

СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ СТЕНОЗИРУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ ПОЗВОНОЧНОГО КАНАЛА И ДУРАЛЬНОГО МЕШКА НА ПОЯСНИЧНОМ УРОВНЕ

¹ НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Сортировочный» ОАО РЖД (Иркутск)

² Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии СО РАМН (Иркутск)

³ ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» Минздравсоцразвития РФ (Иркутск)

⁴ Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет (Иркутск)

На основании использованных общепринятых морфометрических и дополнительно введенных новых показателей при исследовании позвоночно-двигательного сегмента, дурального мешка и позвоночного канала у 48 пациентов математическим путем рассчитан коэффициент Z_n , значение которого соответствует степени стенозирующего процесса позвоночного канала и определяет степень тяжести клинко-неврологических расстройств у наблюдаемых нами больных.

Ключевые слова: позвоночно-двигательный сегмент, диагностика, математический расчет

METHOD OF DIAGNOSTICS OF STENOSING PROCESSES OF VERTEBRAL CANAL AND DURAL SACK ON LUMBAR LEVEL

V.G. Bryukhanov¹, Z.V. Koshkareva², V.A. Sorokovikov^{2, 3}, A.V. Gorbunov², A.A. Nemarov⁴

¹ Railway Clinical Hospital on the Railway Station Irkutsk-Sortirovochnyi of Russian Railways Ltd., Irkutsk

² Scientific Center of Reconstructive and Restorative Surgery SB RAMS, Irkutsk

³ Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education, Irkutsk

⁴ National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk

On the basis of commonly used morphometric and additional new indices at the research of vertebromotor segment, dural sack and vertebral canal in 48 patients Z_n coefficient was calculated mathematically. Its value corresponds to the degree of stenosing process of vertebral canal and defines the degree of gravity of clinical and neurological disorders in studied patients.

Key words: vertebromotor segment, diagnostics, mathematical calculation

Актуальность настоящего исследования определена многими факторами:

1. Частота поясничного стеноза составляет 11,5 случаев на 100000 населения в год [1, 2, 11].

2. В общей структуре инвалидности от заболеваний костно-суставной системы дегенеративно-дистрофические заболевания позвоночника составляют 20,4 % [2, 3, 4, 6].

3. Растет хирургическая активность при этом заболевании. Так, в США за последние 15 лет количество операций возросло с 7,8 до 62 на 100000 населения [2, 3, 5, 6].

4. Высокий риск и частота развития послеоперационных осложнений и послеоперационного рубцово-спаечного эпидурита, ведущие к развитию стенозирующего процесса в 10 – 36 % случаев [2, 8].

3. Неудовлетворенность нейрохирургов при анализе отдаленных результатах хирургического лечения стенозов позвоночного канала [8].

Все вышеперечисленное определило цель настоящего исследования, а именно – разработать более совершенный способ диагностики стенозирующих процессов позвоночного канала и дурального мешка с использованием новых морфометрических показателей.

В литературе известны различные способы диагностики стеноза, включающие измерение

величины позвоночного канала по данным лучевых методов исследования. Так, известен способ диагностики стеноза, базирующийся на измерении сагиттального размера позвоночного канала. На уровне тел позвонков измеряется расстояние от переднего края позвоночного канала до его заднего края в сагиттальной плоскости по средней линии. В норме сагиттальный размер позвоночного канала составляет 16 – 18 мм. При его размере 11 – 15 мм диагностируют относительный стеноз, а при размере менее 10 мм – абсолютный стеноз [7]. К недостаткам данного способа следует отнести его не очень высокую точность, поскольку измерение проводят только в одной плоскости и на одном уровне (тело позвонка), что не позволяет утверждать о попадании точки замера в истинное место стеноза, так как некоторые стенозирующие процессы локализируются на уровне межпозвонкового диска. Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу является способ количественной оценки центральных стенозов позвоночного канала и сужений дурального мешка, включающий измерение сагиттальных размеров позвоночного канала и дурального мешка по данным компьютерной томографии (КТ) и определение величины стеноза по формуле [10].

$$K = (a - b)/a \times 100 \%,$$

где: a — сагиттальный размер субарахноидального пространства (позвоночного канала) в нейтральной зоне; b — сагиттальный размер субарахноидального пространства (позвоночного канала) на уровне максимальной компрессии.

При величине K , равной 40–45 %, диагностируют клинически значимую относительную величину центрального стеноза дурального мешка (или позвоночного канала), при котором у большинства пациентов развиваются неврологические нарушения [10]. К недостаткам известного способа также следует отнести низкую точность диагностики, т.к. измерения проводят только на 2 уровнях — в месте предполагаемого стеноза и в нейтральной зоне, что не позволяет оценить всю протяженность стеноза. Кроме этого, периодичность замеров выбирается произвольно, вследствие чего невозможно отследить изменения размеров позвоночного канала и дурального мешка на протяжении всего стеноза.

Задачей предлагаемого нами способа является повышение точности диагностики за счет установления точного местоположения и протяженности стеноза, количественной и качественной оценки выраженности стенозирующих процессов позвоночного канала и дурального мешка в позвоночно-двигательном сегменте на поясничном уровне, с учетом клинических проявлений.

Отличительные приемы предлагаемого способа заключаются в том, что размеры позвоночного канала, дурального мешка и тел позвонков измеряются параллельно каудальной замыкательной пластинке вышележащего позвонка в сегментах $L_{III} - L_{IV}$, $L_{IV} - L_{V}$, $L_{V} - S_1$. Определяются сагиттальный, фронтальный и косые размеры позвоночного канала, дурального мешка и тел позвонков, при этом измерения проводят на 6 уровнях каждого исследуемого сегмента, а именно: на уровне тела вышележащего позвонка; на уровне каудальной замыкательной пластинки вышележащего позвонка, два измерения — на уровне межпозвонкового диска; на уровне апикальной замыкательной пластинки нижележащего позвонка и на уровне тела нижележащего позвонка. Отличием в заявляемом способе также является и то, что шаг измерения между уровнями составляет 3 мм.

Следующий отличительный прием предлагаемого способа заключается в том, что коэффициент стенозирующего процесса вычисляют по предложенной нами формуле:

$$Z_n = \frac{10 \cdot \left(\sum_{i=1}^5 b_i w_{ni} - 0,183 \right)}{0,45}$$

где: Z_n — коэффициент стенозирующего процесса в сегменте n ; $\sum$ — сумма 5 вычисляемых параметров (w_{n1} , w_{n2} , w_{n3} , w_{n4} , w_{n5}); b — неопределенные коэффициенты; n — номер сегмента.

Важным преимуществом заявляемого способа является и то, что мы предлагаем усовершенство-

ванную классификационную схему, согласно которой при значении Z_n от 0 до 3,0 диагностируют отсутствие стенозирующего процесса; при значении Z_n от 3,0 до 3,44 — начальный стенозирующий процесс без неврологических проявлений; при значении Z_n от 3,44 до 4,0 диагностируют стенозирующий процесс с умеренными неврологическими проявлениями; при значении Z_n от 4,0 до 5,0 диагностируют стенозирующий процесс с выраженными неврологическими проявлениями; при значении Z_n от 5,0 и более диагностируют декомпенсированный стенозирующий процесс.

Разработанный способ обеспечивает повышение точности диагностики за счет определения места и протяженности и определения объемных характеристик стеноза, его количественной и качественной оценки с учетом выраженности неврологических проявлений.

Полученные замеры позвоночного канала, дурального мешка и тел позвонков вносят в таблицу Excel, в которую введен математический алгоритм для определения величины коэффициента стенозирующего процесса (Z_n) позвоночного канала и дурального мешка в позвоночно-двигательном сегменте по предлагаемой формуле, описанной выше.

Величины коэффициентов b_{1-5} устанавливаются при статистической обработке вышеописанных измерений позвоночного канала, дурального мешка и тел позвонков в контрольной группе пациентов ($n = 48$). Так, $b_1 = 0,38$; $b_2 = 0,20$; $b_3 = 0,23$; $b_4 = -0,08$; $b_5 = 0,18$.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД И ЭТАПЫ К РАСЧЕТУ КОЭФФИЦИЕНТА Z_n

$$w_{n1} = \frac{K_{n, \text{int } n} + \Delta K_{n, \text{int } n} + \Delta K_{n, d}}{\sum_{n=1}^3 (K_{n, \text{int } n} + \Delta K_{n, \text{int } n} + \Delta K_{n, d})} - \text{1-й параметр в (1),}$$

$n = 1$ — сегмент L3–L4;

$n = 2$ — сегмент L4–L5;

$n = 3$ — сегмент L5–S1.

Сумма коэффициентов форм для n позвоночного канала:

$$K_{n, \text{int } n} = K_{n, 1n} + K_{n, 2n} + K_{n, 3n} + K_{n, 4n} + K_{n, 5n} -$$

Сумма коэффициентов форм для n дурального мешка:

$$K_{n, \text{int } A} = K_{n, 1A} + K_{n, 2A} + K_{n, 3A} + K_{n, 4A} + K_{n, 5A} -$$

$$\Delta K_{n, n} = (K_{n, \text{max } n} - K_{n, \text{min } n}) \times 10,$$

где: $K_{n, \text{max } n}$ — максимальное значение коэффициента формы по сегменту n для позвоночного канала; $K_{n, \text{min } n}$ — минимальное значение коэффициента формы по сегменту n для позвоночного канала.

$$\Delta K_{n, A} = (K_{n, \text{max } A} - K_{n, \text{min } A}) \times 10,$$

где: $K_{n, \text{max } A}$ — максимальное значение коэффициента формы по сегменту n для дурального мешка; $K_{n, \text{min } A}$ — минимальное значение коэффициента формы по сегменту n для дурального мешка.

Коэффициенты формы вычислялись отношением значений боковой поверхности к объему по следующей формуле:

$$K_{n(i,i+1)} = \frac{S_{n(i,i+1)}}{V_{n(i,i+1)}},$$

где: i — номер предыдущего измерения; $i + 1$ — номер последующего измерения; n — номер сегмента.

Боковая поверхность вычислялась по следующей формуле:

$$S_{n(i,i+1)} = \sqrt{h^2 + \left(\frac{P_i}{2\pi} - \frac{P_{i+1}}{2\pi}\right)^2} \frac{P_i + P_{i+1}}{2},$$

где: $i, i + 1$ и n — те же; P_i и P_{i+1} — периметры соответствующих сечений (дурального мешка или позвоночного канала или тел позвонков); $h = 3$ мм.

Периметры вычислялись по формуле:

$$P = \frac{\pi}{4}(x + y + z + t),$$

где: x, y, z и t измерения: сагиттальный, фронтальный, 1 — косой и 2 — косой.

Объем (позвоночного канала, тел позвонков, дурального мешка) между двумя соседними измерениями определялся по формуле:

$$V_{i,i+1} = \frac{h}{3} \times (R_i + R_{i+1} + \sqrt{R_i R_{i+1}}),$$

где: R_i и R_{i+1} — площади соседних сечений; $h = 3$ мм.

Площади сечений определялись по следующей формуле:

$$R_i = \frac{\pi}{32}(x^2 + y^2 + z^2 + t^2 + zy + yt + tx + xz),$$

где: x, y, z и t измерения: сагиттальный, фронтальный, 1 — косой и 2 — косой.

2-й параметр в функции (1) вычислялся следующим образом:

$$w_{n2} = 1 - \frac{|f_n|}{\sum_{n=1}^3 |f_n|},$$

где: f_n — минимум площадей сечения дурального мешка сегмента n .

3-й параметр в функции (1) вычислялся следующим образом:

$$w_{n3} = 1 - \frac{|g_n|}{\sum_{n=1}^3 |g_n|},$$

где: g_n — минимум площадей сечения позвоночного канала сегмента n .

4-й параметр в функции (1) вычислялся следующим образом:

$$w_{n4} = 1 - \frac{|k_n|}{\sum_{n=1}^3 |k_n|},$$

где: k_n — коэффициент корреляции между коэффициентами формы дурального мешка и позвоночного канала сегмента n .

5-й параметр в функции (1) вычислялся следующим образом:

$$w_{n5} = 1 - \frac{|q_n|}{\sum_{n=1}^3 |q_n|},$$

где: q_n — коэффициент корреляции между коэффициентами формы тел позвонков и дурального мешка сегмента n .

Предложенный способ диагностики стенозирующих процессов позвоночного канала и дурального мешка на поясничном уровне поясняется примером конкретного выполнения. Пациент П., 35 лет, история болезни № 58128, находился в нейрохирургическом отделении с диагнозом: дискогенный пояснично-крестцовый радикулит. Радикулоневрит L₅ справа с парезом стопы, выраженный болевой синдром. Грыжа диска L_{IV}–L_V справа.

Клинико-неврологические проявления: болевой синдром со слабостью тыльного отведения стопы, умеренный мышечно-тонический синдром в поясничном отделе позвоночника.

При помощи формул, занесённых в табличный процессор, рассчитаны значения функций для каждого сегмента. В сегменте L_{IV}–L_V $Z_n = 5,01$. Для значений функции Z_n математическое ожидание $m = 5,24$, доверительный интервал $m \pm 0,88$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Следовательно, на основании клинико-неврологических проявлений и величины Z_n в данном сегменте диагностирован декомпенсированный стенозирующий процесс. Больному проведено хирургическое лечение с последующим выздоровлением.

По заявляемому способу проведено исследование 48 пациентов с клинико-рентгенологическими параллелями стенозирующего процесса позвоночного канала на поясничном уровне. Распределение пациентов ($n = 48$) по возрастным группам, полу, коэффициенту стенозирующего процесса, сегментам представлено в таблице 1.

Из таблицы видно, что из 48 пациентов было 28 мужчин и 20 женщин. Все больные были разделены на группы: 20–30 лет, 31–45 лет, 46–55 лет, 56 и старше.

В первую возрастную группу (20–30 лет) вошли двое мужчин 22 и 26 лет, у которых были выявлены стенозирующие процессы, обусловленные грыжами межпозвоночных дисков. У одного больного были грыжи дисков на уровне L_{IV}–L_V при $Z_n = 4,25$, на уровне L_V–S_I при функции $Z_n = 6,6$. У второго пациента был врожденный стеноз позвоночного канала на уровне сегментов L_{IV}–L_V, L_V–S_I, функция $Z_n = 3,77$ и 3,79 соответственно.

Таблица 1

Распределение пациентов по возрастным группам, полу, коэффициенту стенозирующего процесса, сегментам

Возрастные группы	Пол	Количество	Z _n														
			L _{III} –L _{IV}					L _{IV} –L _V					L _V –S _I				
			0–3,0	3,0–3,44	3,44–4,0	4,0–5,0	5,0 и >	0–3,0	3,0–3,44	3,44–4,0	4,0–5,0	5,0 и >	0–3,0	3,0–3,44	3,44–4,0	4,0–5,0	5,0 и >
20–30 лет	м	2	2	–	–	–	–	–	–	1	–	1	–	–	1	–	1
	ж	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
31–45 лет	м	8	4	3	–	–	1	1	1	1	4	1	4	1	1	2	–
	ж	6	3	2	1	–	–	1	3	2	–	–	1	1	1	2	1
46–55 лет	м	9	5	1	–	3	–	2	–	–	5	2	5	1	1	–	2
	ж	10	4	1	4	1	–	2	1	3	4	–	4	2	1	1	2
56 лет и старше	м	9	6	2	1	–	–	–	1	2	4	2	3	4	1	–	1
	ж	4	1	–	–	2	1	1	1	–	2	–	3	–	–	–	1

Вторую группу (31–45 лет) составили 14 пациентов. Стенозирующие процессы выявлены у 13 пациентов – 5 женщин и 8 мужчин. У одного больного не было стенозирующего процесса. У одного пациента стенозирующий процесс выявлен на уровне дисков L_{III}–L_{IV} и был обусловлен грыжей диска, Z_n = 5,01. На уровне L_{IV}–L_V стенозирующий процесс был у 8 пациентов, из них: обусловленный грыжей диска – у 4 пациентов, в одном случае выявлена фораминальная грыжа диска, Z_n = 2,46 (стеноз латерального канала). В остальных случаях показатели Z_n составили от 4,34 до 4,84 – все эти пациенты вошли в группу стенозирующего процесса с выраженными клиническими проявлениями.

На уровне L_V–S_I стенозирующий процесс установлен у 4 пациентов, из них: обусловлен грыжей диска – у 3 человек (Z_n = 4,76–5,56), и у одного пациента обусловлен костно-хрящевым узлом (Z_n = 4,28). Трое пациентов вошли в группу выраженного стенозирующего процесса, один пациент попал в группу декомпенсированного стенозирующего процесса. В данной возрастной группе у 2 больных (мужчин) были выявлены стенозирующие процессы сразу в двух сегментах: L_{IV}–L_V и L_V–S_I (Z_n = 4,34 и 4,28 соответственно), больной отнесен к группе выраженного стенозирующего процесса. У второго больного в сегментах L_{IV}–L_V, L_V–S_I (Z_n = 4,64 и 3,43), что соответствует группам выраженного и начального стенозирующего процесса.

В третью возрастную группу (46–55 лет) вошли 19 пациентов, из них 10 женщин и 9 мужчин. 2 женщины с относительной нормой имели дегенеративно-дистрофические изменения в поясничном отделе позвоночника без стенозирующего процесса. У 2 пациентов на уровне L_{III}–L_{IV} выявлены спондилолистезы, у 1 – грыжа диска. На уровне L_{IV}–L_V стенозирующие процессы выявлены у 10 пациентов, из них: у 1 – обусловлен рубцово-спаечным процессом (Z_n = 4,25 – стенозирующий

процесс с выраженными неврологическими проявлениями); у 2 – спондилолистезом (Z_n = 3,7 и 6,7 соответственно – стенозирующий процесс с умеренными неврологическими проявлениями и декомпенсированный стенозирующий процесс); у 7 пациентов – грыжами межпозвонковых дисков (Z_n = 3,39–5,35). На уровне сегмента L_V–S_I стенозирующие процессы выявлены у 6 пациентов: у 3 больных – за счет грыжевых выпячиваний межпозвонковых дисков (Z_n = 1,09 – фораминальная грыжа, латеральный стеноз, Z_n = 3,03 и Z_n = 6,24). У 1 пациента выявлен врожденный стеноз позвоночного канала (Z_n = 4,15). У двоих больных были диагностированы спондилолистезы (Z_n = 1,09 и 5,86).

В четвертую возрастную группу вошли пациенты 56 лет и старше: 13 человек (4 женщины и 9 мужчин), из них у 2 больных на уровне L_{III}–L_{IV} диагностирован спондилолистез при Z_n = 2,66 и 6,73. У 1 пациента была выявлена грыжа межпозвонкового диска при Z_n = 6,73. У 8 пациентов стенозирующий процесс позвоночного канала был выявлен на уровне L_{IV}–L_V. У 1 пациента стенозирующий процесс обусловлен гипертрофией задней продольной связки при Z_n = 3,57. Грыжи межпозвонковых дисков выявлены у 5 человек (Z_n = 3,39–4,56); протрузия диска при Z_n = 1,98 отмечена у 1 пациента. В одном случае выявлен рубцово-спаечный эпидурит при Z_n = 4,01. Врожденный костный стеноз при Z_n = 3,15 определялся у одного пациента. На уровне L_V–S_I стенозирующие процессы позвоночного канала диагностированы у 6 больных, из них обусловленные грыжами межпозвонкового диска – у 4 больных: у 1 пациента при Z_n = 1,52 визуализировалась фораминальная грыжа; у 2 при Z_n = 3,02 и 3,22 соответственно выявлен стенозирующий процесс без неврологических проявлений, и у 1 при Z_n = 5,54 диагностирован декомпенсированный стенозирующий процесс. У одного пациента определялась гипертрофия задней

Таблица 2

Распределение пациентов по клинико-рентгенологическим проявлениям

Сегменты	Отсутствие стенозирующего процесса	Начальный стенозирующий процесс без неврологических проявлений	Стенозирующий процесс с умеренными неврологическими проявлениями	Стенозирующий процесс с выраженными неврологическими проявлениями	Декомпенсированный стенозирующий процесс
L _{III} –L _{IV}	–	–	3	2	–
L _{IV} –L _V	–	–	5	12	1
L _V –S _I	–	–	10	6	–
L _{IV} –L _V , L _V –S _I	–	–	4	4	1
Итого	–	–	22	24	2
Из них прооперированные больные	–	–	–	22 / 2 отказа	2

продольной связки при $Z_n = 3,76$, который вошёл в группу стенозирующего процесса с выраженными неврологическими проявлениями, и у 1 больного был врожденный стеноз позвоночного канала при $Z_n = 5,84$, который, соответственно, вошел в группу декомпенсированного стенозирующего процесса.

Исходя из вышесказанного, обследованные пациенты по клинико-рентгенологическим проявлениям распределились следующим образом (табл. 2).

Таким образом, предложенный способ диагностики стеноза позвоночного канала на поясничном уровне позволяет более точно поставить диагноз, определить его протяженность и объем. Рассчитанный коэффициент стенотического процесса (Z_n) и его значения позволяют клиницистам своевременно и более правильно выбрать тактику консервативного или хирургического лечения больных.

ЛИТЕРАТУРА

- Алтунбаев Р.А. Клиника-компьютерная томографическая оценка закономерностей формирования вертеброгенных пояснично-крестцовых синдромов: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Казань, 1995. — 25 с.
- Антипко Л.Э. Стеноз позвоночного канала. — Воронеж: ИПФ «Воронеж», 2001. — 272 с.
- Абрамов М.А., Громова И.П., Зарецков А.В. Некоторые особенности консервативного лечения

остеохондроза позвоночника различной локализации // Дегенеративные заболевания суставов и позвоночника. — Л., 1984. — С. 71–75.

- Васильев А.Ю., Витько Н.К. Компьютерная томография в диагностике дегенеративных изменений позвоночника. — М.: Видар-М., 2000. — 120 с.
- Гланц С. Медико-биологическая статистика. — М.: Практика, 1998. — 459 с.
- Жаденов И.И., Лухминская В.Г., Гейтенбаум М.З. Социальная характеристика инвалидности при заболеваниях костно-суставной системы // Ортопедия травматология и протезирование. — 1982. — № 5. — С. 9–11.
- Мёлер Т.Б., Райф Э. Норма при КТ- и МРТ-исследованиях. — М.: МЕДпресс-информ, 2008.
- Нуралиев Х.А. Профилактика рубцово-спаечного эпидурита при хирургическом лечении остеохондроза поясничного отдела позвоночника // Травматология и ортопедия. — 2009. — № 1 (51). — С. 32–35.
- Тагер И.А. Рентгенодиагностика заболеваний позвоночника. — М.: Медицина, 1983. — 208 с.
- Ульрих Э.В., Мушкин А.Ю. Вертебрология в терминах цифрах, рисунках. — СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2002. — 187 с.
- Berney J. Epidemiologie des canaux lombaires etroits // Neurochirurgie. — 1994. — Vol. 40, N 3. — P. 174–178.

Сведения об авторах

Брюханов Владимир Геннадьевич — врач-рентгенолог НУЗ «Дорожная клиническая больница на ст. Иркутск-Сортировочный» ОАО РЖД (664005, г. Иркутск, ул. Боткина, 10; тел.: 8 (3952) 63-85-01)

Кошкарева Зинаида Васильевна — кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии» СО РАМН (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1; тел.: 8 (3952) 29-03-51)

Сорокинов Владимир Алексеевич — доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора центра по научной работе — директор ИТО ФГБУ «Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии» СО РАМН, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и нейрохирургии ГБОУ ДПО «Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования» Минздравсоцразвития РФ (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1; тел.: 8 (3952) 29-03-45)

Горбунов Анатолий Владимирович — врач нейрохирургического отделения клиники ФГБУ «Научный центр реконструктивной и восстановительной хирургии» СО РАМН (664003, г. Иркутск, ул. Борцов Революции, 1; тел.: 8 (3952) 29-03-46)

Немаров Александр Алексеевич — кандидат технических наук, доцент кафедры информатики Национального исследовательского Иркутского государственного технического университета (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83; тел.: 8 (3952) 40-51-83)