

Применение нечёткой математической модели принятия решений в выборе оптимальной хирургической тактики у пациентов с неопухоловой обтурационной желтухой

Джаббар Ниятулла оглы Гаджиев, Эльман Гулу оглы Тагиев,
Новруз Джаббар оглы Гаджиев, Рейхан Юсиф кызы Шихлинская
Азербайджанский медицинский университет, г. Баку, Азербайджан*

Реферат

DOI: 10.17816/КМЖ2018-439

Цель. Создание модели нечёткой логики для прогнозирования риска развития послеоперационных осложнений и выбора индивидуальной оптимальной хирургической тактики при обтурационной желтухе холедохолитиазной этиологии.

Методы. На первом этапе нами определены наиболее прогностически значимые факторы, влияющие на риск развития послеоперационных осложнений. В соответствии с данными факторами были введены лингвистические переменные: X1 — возраст больного; X2 — продолжительность желтухи; X3 — температура тела; X4 — сопутствующие болезни; X5 — уровень дисфункции печени; X6 — CD4⁺ в крови; X7 — интерлейкин-2 в сыворотке крови; Y — уровень риска. Были определены интервалы их изменений. Для достижения поставленной цели использовали пакет Fuzzi Logic Toolbox Matlab. Значения входных переменных были введены в модель, преобразованы в блоке «Фазификатор», затем экспертным методом была сформирована база правил системы нечёткого вывода. В итоге определяется показатель уровня риска и осуществляется выбор хирургической тактики: (1) риск отсутствует или низкий (A); (2) сомнительный риск (B) — если оценка риска в динамике после предоперационной терапии уменьшается, то тактика A, если оценка не уменьшается или увеличивается, то тактика C; (3) высокий и очень высокий риск (C) — однозначный выбор этапной тактики.

Результаты. Согласно определяемому уровню риска у 92 больных применяли одноэтапное, у 58 — двухэтапное вмешательство. Благодаря разработанной нечёткой математической модели достигается прогнозирование оптимального выбора хирургической тактики, что значительно улучшает результаты лечения.

Вывод. Созданная нечёткая математическая модель даёт возможность дифференцированного выбора хирургической тактики для конкретного больного и тем самым позволяет уменьшить частоту послеоперационных осложнений с 29,0 до 4,7% и летальности с 11,0 до 1,3%.

Ключевые слова: обтурационная желтуха, холедохолитиаз, нечёткая логика, лингвистический показатель.

Application of fuzzy mathematical model of decision-making for the selection of optimal surgical tactics in patients with non-tumor obstructive jaundice

*Dzh.N. Gadzhiev, E.G. Tagiev, N.Dzh. Gadzhiev, R.Yu. Shikhinskaya
Azerbaijan Medical University, Baku, Azerbaijan*

Aim. Creation of a model of fuzzy logic for predicting the risk of postoperative complications and the choice of individual optimal surgical tactics in obstructive jaundice caused by choledocholithiasis.

Methods. At the first stage, we determined the most prognostically significant factors affecting the risk of postoperative complications. In accordance with these factors, linguistic variables were introduced: X1 — patient's age; X2 — duration of jaundice; X3 — temperature; X4 — comorbidities; X5 — the level of liver dysfunction; X6 — CD4⁺ in the blood; X7 — interleukin-2 in the serum; Y — level of risk. The intervals of their changes were determined. Fuzzi Logic Toolbox Matlab soft was used to achieve the determined aim. The values of input variables were introduced into the model, transformed in the «Phaser» block and then the rule base of the fuzzy inference system was formed by the expert method. As a result, the level of risk is determined and the choice of surgical tactics is made: (1) risk is absent or low (A); (2) doubtful risk (B) — if the risk assessment in the dynamics after preoperative therapy decreases, then tactics A, if the score does not decrease or increases, then tactics C; (3) high and very high risk (C) — an unequivocal choice of stage tactics.

Results. According to the defined level of risk, in 92 patients a one-stage procedure was used, while 58 underwent a two-stage intervention. Due to the developed fuzzy mathematical model, forecasting of the optimal choice of surgical tactics is achieved, which significantly improves the results of treatment.

Conclusion. The developed fuzzy mathematical model makes it possible to differentiate the choice of surgical tactics for a particular patient and thereby reduce the incidence of postoperative complications from 29.0 to 4.7% and mortality from 11.0 to 1.3%.

Keywords: obstructive jaundice, choledocholithiasis, fuzzy logic, linguistic index.

Неопухолевая обтурационная желтуха (ОЖ) остаётся одной из актуальных и нерешённых проблем гепатобилиарной хирургии. Желчнокаменная болезнь — «болезнь века», поражающая до 40% населения развитых стран [1, 2]. В 8–20% случаев она осложняется холедохолитиазом, а холедохолитиаз у 10–80% больных приводит к развитию ОЖ [3–6]. Несмотря на совершенствование хирургической тактики и внедрение мини-инвазивных методов лечения уровень летальности и частота послеоперационных осложнений при данной патологии не имеют тенденции к снижению. Уровень летальности составляет 3,7–9,2% при ОЖ и 4,7–28,5% в случаях присоединении гнойного холангита [7, 8], что возводит задачу улучшения результатов лечения в ранг приоритетной.

В связи с высокой распространённостью и возможностью возникновения серьёзных осложнений и летальности, а также медико-социально-экономической значимостью данной патологии перед хирургом возникает необходимость выбора наиболее оптимальной хирургической тактики для конкретного больного.

До сегодняшнего дня при данной патологии единой хирургической тактики нет. В настоящее время существуют две основные тактики — одноэтапная и двухэтапная [9, 10]. При одноэтапной тактике выполняют одномоментную радикальную операцию лапаротомными или малоинвазивными методами [9–11]. При двухэтапной тактике на первом этапе осуществляют малотравматичную паллиативную декомпрессию и санацию жёлчных путей, а на втором этапе после улучшения и стабилизации функциональных показателей печени — радикальное оперативное вмешательство [12, 13].

В предоперационном периоде наиболее точное прогнозирование степени послеоперационных осложнений даст возможность принять правильное в тактическом плане решение в плане дифференцированного выбора хирургической тактики — одномоментной радикальной операции или этапных хирургических вмешательств для конкретного больного.

В настоящее время практически нет прогностических систем, позволяющих с высокой степенью достоверности принимать правильное решение в хирургической тактике при ОЖ холедохолитиазной этиологии. Создание математических моделей диагностики с применением методов нечёткой

логики и теории нечётких множеств является перспективным направлением в медицине по целому ряду причин [14–16]. В свете этого было принято решение использовать возможности нечётких математических моделей для поддержки принятия решений выбора хирургической тактики при ОЖ холедохолитиазной этиологии

Цель исследования — создание модели нечёткой логики для прогнозирования риска развития послеоперационных осложнений и выбора индивидуальной оптимальной хирургической тактики при ОЖ холедохолитиазной этиологии.

Больных разделили на две группы. Основная группа состояла из 150 пациентов, у которых выбор хирургической тактики осуществили на основании созданной модели нечёткой логики. В контрольную группу были включены 100 больных, хирургическую тактику в отношении которых выбирали с учётом тяжести общего состояния.

Каждый фактор риска и каждый выделенный класс сформирован группой высококвалифицированных экспертов (два доктора медицинских наук, два кандидата медицинских наук и три хирурга высшей категории).

На уровне экспертов выделены 22 класса и 7 переменных, которые дали возможность адекватно построить функцию принадлежности. Диапазон значений входных переменных нами выбран на основании анализа влияния их уровня на результаты лечения (табл. 1).

Учитывая, что между выбранными нами классами отсутствует чёткая граница, в качестве математического аппарата была использована теория нечётких множеств и модели нечёткой логики принятия решений.

В отличие от классической логики нечёткая логика позволяет определить промежуточные состояния между стандартными значениями (1 или 0; да или нет; правда или ложь). К примеру, между стандартными значениями «правда» и «ложь» можно определить значение для промежуточных состояний «сильная правда», «сильная ложь» или «средняя» [17].

В связи тем, что в своей работе мы использовали базовые формулы нечёткой логики, традиционные формулы Стреджесса или Брукса–Краузерса в своих исследованиях мы не применяли.

Для построения нечёткой математической модели в рамках данного исследования были использованы возможности Fuzzy

Таблица 1. Лингвистические переменные и их терм-множества

Основные входные лингвистические переменные, влияющие на послеоперационные осложнения	Терм-множества и их области определения
X1 — возраст больного [0; 90]	Средний — 16–60
	Высокий — 60–90
X2 — продолжительность желтухи [0; 28]	Короткий период — 1–7 сут
	Небольшой — 8–14 сут
	Большой период — 15–21 сут
	Очень большой период — больше 21 сут
X3 — температура тела [36; 40]	Субфебрильная — 37,0–38,0 °С
	Высокая — 38,1–39,0 °С
	Очень высокая — более 39,0 °С
X4 — сопутствующие заболевания [0; 1]	Компенсация — 0
	Субкомпенсация — 0,5
	Декомпенсация — 1,0
X5 — уровень дисфункции печени [0; 200]	I ⁰ — общий билирубин до 50 мкмоль/мл
	II ⁰ — общий билирубин 50–100 мкмоль/мл
	III ⁰ — общий билирубин 100–200 мкмоль/мл
	IV ⁰ — общий билирубин больше 200 мкмоль/мл
X6 — CD4 ⁺ в крови [0; 42]	Низкий — больше 25%
	Средний — 17,0–25,0%
	Высокий — меньше 16%
X7 — интерлейкин-2 в сыворотке крови [0; 40]	Низкий — больше 35,0 пкг/мл
	Высокий — меньше 25,0–35,0 пкг/мл
	Очень высокий — меньше 25,0–35,0 пкг/мл
Y — уровень риска [0; 1]	Низкий — 0,0–0,49
	Сомнительный — 0,5
	Высокий — 0,51–0,8
	Очень высокий — 0,8–1,0

Logic Toolbox — пакета расширения Matlab, содержащего инструменты для проектирования систем нечёткой логики.

При построении нечёткой математической модели должна быть построена функция принадлежности для каждого лингвистического показателя, соответствующего определённому признаку. Эта функция принадлежности определяется экспертами на пространстве значений рассмотренного показателя. Число термов также определяется экспертами. В табл. 1 приведены терм-множества риска для всех входных переменных и выходной переменной.

Данные терм-множества также меняются в интервале определения соответствующего лингвистического переменного. После определения признаков болезни и их нечёткого описания должны быть определены зависимость и связь между ними, а самое главное — их влияние на результат. Одна из главных задач данного исследова-

ния — определение этой зависимости, то есть построение правил вывода нечёткой логики.

Общий вид правила нечёткого вывода имеет следующую форму:

$$\text{если } x = \tilde{A}, \text{ то } y = \tilde{B},$$

где \tilde{A} и \tilde{B} — нечёткие множества; x — переменная ввода; y — переменная вывода.

Влияние каждого признака на результат задаётся с помощью правил вида «если ... то...». Здесь левая сторона означает условие/условия, а правая — результат (в нашем случае связанный с болезнью). Последний результат определяется по сумме (суперпозиции) влияния всей информации.

Рассмотрим поэтапно процесс вывода нечёткой логики.

1. Финализируются факторы, влияющие на операционный риск у пациентов с механической желтухой холедохолитического генеза, и выбираются основные

факторы в качестве нечётких переменных ввода: A ($X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$), где X_1 — возраст больного; X_2 — продолжительность желтухи; X_3 — температура тела; X_4 — сопутствующие заболевания; X_5 — уровень дисфункции печени; X_6 — $CD4^+$ в плазме крови; X_7 — интерлейкин-2 в плазме крови.

2. Конкретное значение каждого из этих показателей вводится в модель и преобразуется в блоке «Фазификатор», то есть строится соответствующая функция принадлежности.

3. Строится «База нечётких знаний», которая состоит из правил вида: «если $x_1=A_1$ и $x_2=A_2$, то $y=B$ ».

4. Правила, соответствующие каждой входной переменной в блоке «Вывод нечёткой логики», определённым образом влияют на получение вывода, и эти влияния суммируются.

5. В последнем шаге полученный показатель дефазифицируется, и определяется значение выходной переменной: Y — уровень риска [0; 1], где 0 — отсутствие риска; $<0,5$ — низкий уровень риска; 0,5 — сомнительный риск; 1 — максимальный уровень риска.

Используя подсистему Fuzzy Logic Toolbox пакета прикладных программ Matlab, входные и выходные переменные вводятся в модель. Таким образом, семь входных и одна выходная переменная объединяются в нечёткой модели.

Опираясь на знания экспертов, каждое правило, формирующее базу нечётких знаний, строится в виде следующих правил.

Правило 1. Если возраст больного — средний, продолжительность желтухи — короткий период, температура тела — низкая, сопутствующие заболевания — на стадии компенсации, уровень дисфункции печени — I^0 , $CD4^+$ в плазме крови — высокий, интерлейкин-2 в плазме крови — высокий, то уровень риска будет средним.

Используя принятые выше обозначения, это правило можно написать в следующей более простой форме.

Правило 1. Если X_1 =средний; X_2 =короткий период; X_3 =низкое; X_4 =в стадии компенсации; X_5 = I^0 ; X_6 =высокий; X_7 =высокий, то Y =средний.

Аналогичным образом для оценки риска послеоперационных осложнений у пациентов с механической желтухой холедохолиаэзного генеза формируется база нечётких правил.

Отметим, что оптимальное число правил определяется на основе опыта экспертов. Увеличение числа правил до некоторого момента может улучшать результат, но после определённого уровня, наоборот, может создать беспорядок и ухудшить результат. Мы вводим 10 нечётких правил, определённых экспертным методом, в подраздел RULES пакета Fuzzy Logic Toolbox Matlab.

Для анализа полученных цифровых данных и статической оценки в исследуемых группах вычислялись отношения шансов (ОШ) и 95% доверительный интервал (ДИ). Все вычисления проводились с помощью MS Excel, версия 2013 г. При значении $p < 0,05$ различия считали статистически значимыми (табл. 2).

Результат логического вывода при конкретных значениях переменных ввода визуально представлен на рис. 1 и 2. Так, например, возраст больного составляет 40 лет (X_1), продолжительность желтухи 6 сут (X_2), температура тела $37,0^\circ\text{C}$ (X_3), сопутствующие болезни в стадии компенсации (X_4), уровень дисфункции печени I^0 степени (X_5), $CD4^+$ в крови больше 25% (X_6), концентрация интерлейкина-2 в сыворотке крови больше 35,0 пкг/мл — уровень риска будет низким ($Y=0,297$; см. рис. 1). Очевидно, что результат логического вывода меняется при изменении входных значений переменных.

При значениях $X_1=80$ (возраст), $X_2=28$ (продолжительность желтухи), $X_3=40$ (температура тела), $X_4=1$ (сопутствующие заболевания), $X_5=IV^0$ (уровень дисфункции печени), $X_6=6$ ($CD4^+$ в крови), $X_7=10$ (интерлейкин-2 в сыворотке крови) — уровень риска будет очень высокий ($Y=0,896$; см. рис. 2).

Таким образом, в результате работы построенной нечёткой математической модели, каждый раз задавая конкретные значения выбранных семи показателей, вычисляется результат логического вывода, то есть уровень риска послеоперационного осложнения. Предложенный метод также позволяет проследить зависимость разных показателей, относящихся к каждому больному (рис. 3).

Используя показатель уровня риска развития послеоперационных осложнений, осуществляется выбор хирургической тактики:

1) уровень риска низкий: $0 \leq Y \leq 0,49$ — тактика А, одноэтапная радикальная операция;

2) средний уровень риска: $Y=0,5$ —

Таблица 2. Результаты статистического анализа

%	Осложнение		S	Летальность		S
	4,7	29,0	14,4	1,3	11,0	5,2
±mp	1,7	4,5	2,2	0,9	3,1	1,4
СП	Основ.	Контроль	S	Основ.	Контроль	S
N	150	100	250	150	100	250
+	7	29	36	2	11	13
-	143	71	214	148	89	237
Уровень значимости (a)			0,05			0,05
Критическая точка N распределения			1,96			1,96
DN			0			0
Отношение шансов (o)			0,12			0,11
LN (ОШ)			-2,12			-2,21
SE (L)			0,45			0,78
Нижняя граница 95% доверительного интервала			0,05			0,02
Верхняя граница 95% доверительного интервала			0,29			0,50
Достоверность			<0,05			<0,05

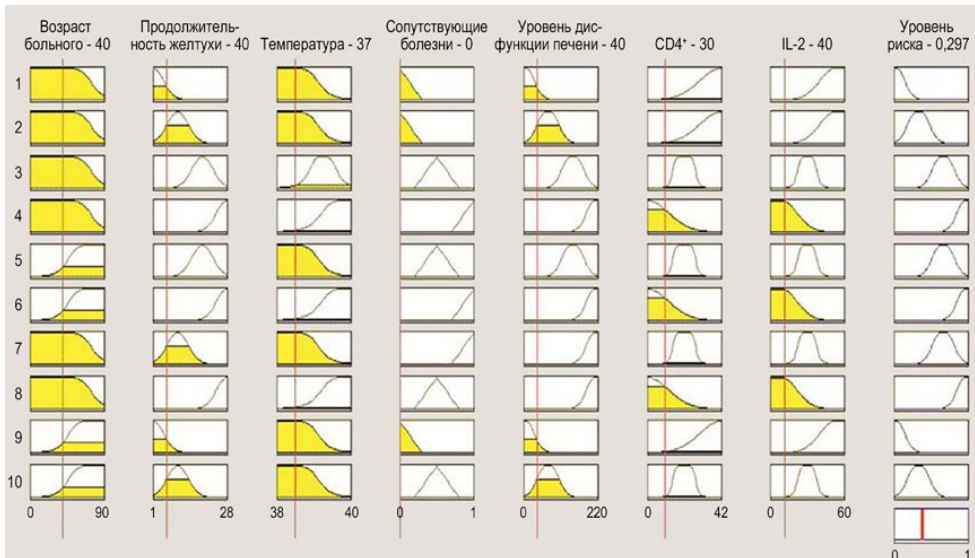


Рис. 1. Результат логического вывода $Y=0,297$ (уровень риска низкий)

если оценка риска в динамике после предоперационной терапии уменьшается, то тактика А, если оценка не уменьшается или увеличивается, то тактика С;

3) уровень риска высокий либо очень высокий: $0,5 < Y \leq 0,8$ либо $0,81 \leq Y \leq 1,0$ — тактика С, однозначный выбор этапной тактики.

Из 150 больных в соответствии с уровнем риска, определённым с использованием данной нечёткой модели, у 92 человек было применено одноэтапное, у 58 пациентов — двухэтапное вмешательство.

Практическое применение разработанной нами нечёткой математической модели для поддержки принятия оптимальных решений по дифференцированному выбору хирургической тактики способствовало уменьшению послеоперационных осложнений по сравнению с контролем с 29,0 до 4,7% (ОШ=0,12; 95% ДИ=0,05–0,29; $p < 0,05$) и летальности с 11,0 до 1,3% (ОШ=0,11; 95% ДИ 0,02–0,50; $p < 0,05$).

Таким образом, применение тактики двухэтапного вмешательства у больных с высоким риском послеоперационных

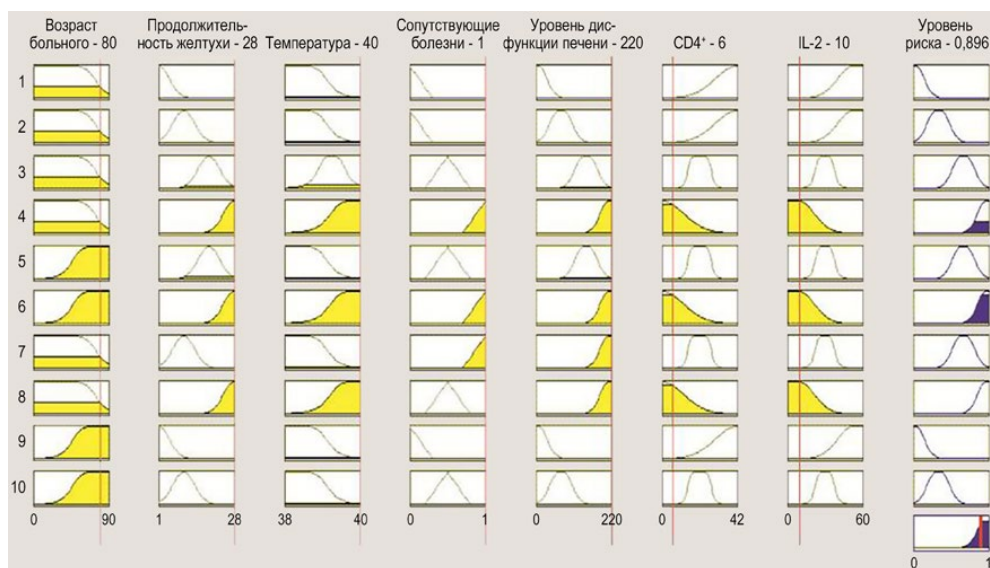


Рис. 2. Результат логического вывода $Y=0,896$ (уровень риска очень высокий)

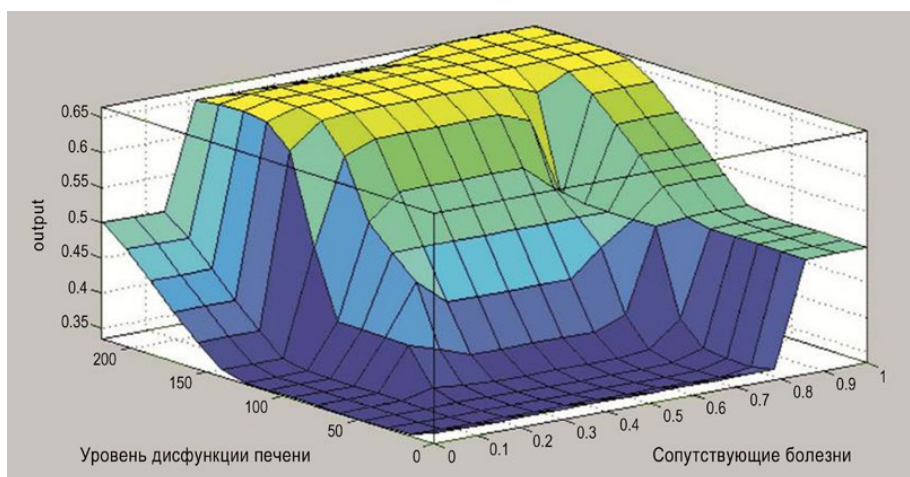


Рис. 3. График зависимости уровня дисфункции печени и сопутствующих заболеваний

осложнений позволяет существенным образом улучшить результаты лечения.

Исследования ряда авторов [14–16] показали, что использование современных математических методов и информационных технологий в медицине и, в частности, в хирургии позволяет прогнозировать возникновение ряда заболеваний, развития послеоперационных осложнений, оптимизировать выбор индивидуальной лечебной программы и т.д. В ряде работ [14, 16] указана целесообразность использования математического аппарата нечёткой логики принятия решений в условиях нечёткости входных данных применительно к поставленным задачам прогнозирования,

диагностики и выбора лечебной программы.

Наши исследования также подтвердили высокую практическую возможность разработанной нечёткой математической модели объективно оценивать степень уверенности в принятии решений по выбору индивидуальной хирургической тактики на основе прогнозирования риска возникновения послеоперационных осложнений. Полученные нами результаты показали большую клиническую значимость разработанной математической модели, которая позволяет эффективно прогнозировать риск развития послеоперационных осложнений и индивидуально выбирать этапность хирургического вмешательства.

ВЫВОДЫ

1. Созданная нами математическая модель прогнозирования риска развития послеоперационных осложнений на основе нечёткой логики позволяет для каждого конкретного больного определить показания к дифференцированному выбору хирургической тактики и в значительной степени улучшить количество благоприятных клинических исходов лечения пациентов с неопухольевой обтурационной желтухой, тем самым снизив частоту послеоперационных осложнений по сравнению с контролем с 29,0 до 4,7% [отношение шансов 0,12; 95% доверительный интервал 0,05–0,29; $p < 0,05$] и летальности с 11,0 до 1,3% [отношение шансов 0,11; 95% доверительный интервал 0,02–0,50; $p < 0,05$].

2. Предложенная модель даёт возможность оценить состояние больного в режиме реального времени и принять решение об оптимальной тактике хирургического лечения.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черкасов М.Ф., Кузьменко В.Л. Возможность прогнозирования отдалённых результатов холецистэктомии. *Соврем. пробл. науки и образования*. 2016; (3): 96–102. [Cherkasov M.F., Kuz'menko V.L. Possibility of forecasting cholecystectomy long-term results. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2016; (3): 96–102. (In Russ.)]
2. Bulian D.R., Trump L., Knuth J. et al. Long-term results of transvaginal/transumbilical versus classical laparoscopic cholecystectomy — an analysis of 88 patients. *Langenbecks Arch. Surg.* 2013; 398: 571–579. DOI: 10.1007/s00423-013-1071-8.
3. Гальперин Э.И., Ветшев П.С. *Руководство по хирургии жёлчных путей*. М.: Видар-М. 2006; 568 с. [Gal'perin E.I., Vetshech P.S. *Rukovodstvo po khirurgii zhyolchnykh putey*. (Guide on biliary tract surgery.) Moscow: Vidar-M. 2006; 568 p. (In Russ.)].
4. Ермаков Е.А., Лищенко А.Н. Диагностика стеноза большого сосочка двенадцатиперстной кишки у больных с холедохолитиазом. *Вестн. хир. им. И.И. Грекова*. 2007; (4): 80–83. [Ermakov E.A., Lishchenko A.N. Diagnosis of major duodenal papilla in patients with choledocholithiasis. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova*. 2007; (4): 80–83. (In Russ.)]
5. Майстренко Н.А., Стукалов В.В. *Холедохолитиаз*. СПб.: ЭЛБИ-СПб. 2000; 288 с. [Maystrenko N.A., Stukalov V.V. *Holedoholitiiaz*. (Choledocholithiasis.) Saint Petersburg: ELBI-SPb. 2000; 288 p. (In Russ.)]
6. Тагиев Э.Г. Динамика интерлейкина-4 при хирургическом лечении механической желтухи доброкачественного генеза. *Здравоохранение*. 2016; (5): 4–8. [Tagiev E.G. Interleukin-4 dynamics in patients with benign obstructive jaundice surgical management. *Zdravookhranenie*. 2016; (5): 4–8. (In Russ.)]
7. Майстренко Н.А., Стукалов В.В., Прядко А.С. и др. Диагностика и лечение синдрома механической желтухи доброкачественного генеза. *Ann. хир. гепатол.* 2011; (3): 26–34. [Maystrenko N.A., Stukalov V.V., Pryadko A.S. et al. Diagnosis and treatment of the benign genesis obstructive jaundice syndrome. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii*. 2011; (3): 26–34. (In Russ.)]
8. Седов А.П., Парфёнов И.П., Ярош А.Л. и др. Оценка изменений слизистой оболочки жёлчных протоков и состава жёлчи при остром холангите. *Ann. хир. гепатол.* 2009; (2): 22–27. [Sedov A.P., Parfenov I.P., Yarosh A.L. et al. Assessment of bile duct mucosa and bile composition changes in assessment of bile duct mucosa and bile composition changes in acute cholangitis patients. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii*. 2009; (2): 22–27. (In Russ.)]
9. Алексеев Н.А., Баранов А.И., Снигирев Ю.Б. Интраоперационная антеградная эндоскопическая папиллосфинктеротомия в лечении осложнённой желчнокаменной болезни. *Новые технологии. Вопр. реконструктив. и пластическ. хир.* 2015; (4): 21–26. [Alekseev N.A., Baranov A.I., Snigirev Yu.B. Intraoperative antegrade endoscopic papillospincterotomy in the treatment of complications cholelithiasis. *Novye tekhnologii. Voprosy rekonstruktivnoy i plasticheskoy khirurgii*. 2015; (4): 21–26. (In Russ.)]
10. Boyer J.L. New perspectives for the treatment of cholestasis: lessons from basic science applied clinically. *J. Hepatol.* 2007; 46: 365–371. DOI: 10.1016/j.jhep.2006.12.001.
11. Шаповальянц С.Г., Мыльников А.Г., Никонов А.А. и др. Профилактика и лечение рецидивного холедохолитиаза. *Ann. хир. гепатол.* 2013; (1): 16–22. [Shapoval'janc S.G., Myl'nikov A.G., Nikonov A.A. et al. Prevention and treatment of recurrent choledocholithiasis. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii*. 2013; (1): 16–22. (In Russ.)]
12. Ардасенов Т.Г., Будзинский С.А., Паньков А.Г. и др. Особенности хирургического лечения сложных форм холедохолитиаза. *Ann. хир. гепатол.* 2013; 18 (1): 23–28. [Ardasenov T.G., Budzinskij S.A., Pan'kov A.G. et al. Peculiarity of surgical management of difficult common bile duct stones. *Annaly hirurgicheskoy gepatologii*. 2013; 18 (1): 23–28. (In Russ.)]
13. Шулутоко А.М., Агаджанов В.Г., Натрошвили А.Г., Натрошвили И.Г. Минимально инвазивные операции при холецистохоледохолитиазе. *Ann. хир. гепатол.* 2013; (1): 38–41. [Shulutko A.M., Agadzhanov V.G., Natroshvili A.G., Natroshvili I.G. Minimally invasive surgery in cholecisto-choledocholithiasis. *Annaly hirurgicheskoy gepatologii*. 2013; (1): 38–41. (In Russ.)]
14. Иванов А.В., Мишустин В.Н., Лазурин Л.П., Серебровский В.И. Нечёткие математические модели системы поддержки принятия решений для решения задачи прогнозирования острого панкреатита. *Врач и информ. технол.* 2013; (6): 60–66. [Ivanov A.V., Mishustin V.N., Lazurina L.P., Serebrovskiy V.I. Fuzzy mathematical models of decision support system for acute pancreatitis prediction problems solving. *Doctor and information technology*. 2013; (6): 60–66. (In Russ.)]
15. Литвин А.А., Литвин В.А. Системы поддержки принятия решений в хирургии. *Новости хирургии*. 2014; 22 (1): 96–100. [Litvin A.A., Litvin V.A. Clinical decision support systems for surgery. *Novosti khirurgii*. 2014; 22 (1): 96–100. (In Russ.)]
16. Hacıyev C.N., Şıxlinskaya R.Y., Allahverdiyev V.A., Hacıyev N.C. Xora mənəfəli kəskin gastroduodenal qanaxma residivlərinin proqnozlaşdırılmasının müasir aspektləri. *Azərbaycan Tibb Jurnalı*. 2016; (3): 81–89. [Hacıyev C.N., Shikhinskaya R.Y., Allahverdiyev V.A., Hacıyev N.C. Modern aspects of predicting recurrence of bleeding in acute gastroduodenal ulcer. *Azerbaijan medical journal*. 2016; (3): 81–89. (In Azerb.)]
17. Zadeh L.A. Fuzzy Sets. *Inform. and Control*. 1965; 8: 338–353.