

Проекционные площади облученных и контрольных клеток приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Проекционные площади (S) HL–60 клеток (мкм²)

Контроль, n = 142		Облученные клетки, n= 194
Общая S всех клеток	S сферических клеток, n= 75	
74,24 ± 3,08	54,93 ± 2,13	50,71 ± 1,30

Сравнение средних размеров клеток показывает достоверные различия ($p < 0,05$) между средней проекционной площадью облученных HL–60 клеток и всех клеток контрольной группы, что отражает различную степень их адгезии на субстрате. При этом размеры контрольных сферических клеток и облученных лейкоцитов не имеют достоверных отличий. Они близки к размерам клеточных тел у распластанных клеток и, по-видимому, определяются размерами промиелоцитных ядер.

Заключение

Таким образом, морфологическая картина активации HL–60 клеток на стеклянной подложке в целом сходна с начальными этапами адгезии и миграции зрелых сегментоядерных лейкоцитов. Это — контакт сферических клеток с субстратом, формирование филоподий, а на их основе — ламеллоподий с обособлением лидирующего края. Дальнейшие этапы в изменении клеточной формы, связанные с пространственным перемещением нейтрофильных гранулоцитов (уплощение, ассиметричные контуры, многочисленные филоподии, образование уропода и т. д.) не зафиксированы. Следует отметить, что у зрелых нейтрофилов через 15 минут уже наблюдается полное распластывание и активные преобразования формы, связанные с клеточной локомоцией.

Кратковременное облучение импульсами СВЧ тормозит (или вообще блокирует) адгезию и активацию HL–60 клеток на субстрате, длительно поддерживая их сферическую форму после контакта со стеклянной подложкой.

УДК 616.713:616.12-089

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

¹Кузьминский Ю. Г., Шилько С. В., ²Аничкин В. В., ³Бондаренко А. Е.

¹«Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАНБ»,

²Учреждение образования

«Гомельский государственный медицинский университет»,

³Учреждение образования

«Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины»,

г. Гомель, Республика Беларусь

Введение

К широко используемым в клинической практике и доступным для измерения характеристикам состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) относятся измеряемые антропологические (возраст, рост, вес), физические (нагрузка) и гемодинамические параметры (частота сердечных сокращений (ЧСС), верхнее и нижнее пульсовое давление) [1, 2]. Для принятия кардиологом решения о тактике лечения сердечно-сосудистых заболеваний весьма полезна дополнительная информация о содержании гемоглобина Hb , показателе кислотного равновесия pH , кинематической вязкости крови ρ , содержании адреналина, начальной деформации и модуле упругости стенок сосудов Ed , скорости распространения пульсовой волны Cv и др. К сожалению, в настоящее время перечисленные параметры определяются инвазивными, сложными и дорогостоящими лабораторными методами.

Целью работы является создание неинвазивного метода диагностики гемодинамики на основе биомеханического моделирования течения крови, как вязкой жидкости, в эластичных сосудах. Разработанная авторами гемодинамическая модель включает базу опорных данных и интерфейс, показанный на рисунке 1.

Диагностика артериальной части системы кровообращения

Имя пациента	ФИО	Год регистрации	Пол	Рост см	Вес кг	Дата	Возраст	Нагрузка кг/с	ЧСС	Максимальное давление мм рт.ст.	Минимальное давление мм рт.ст.	Минимальное давление мм рт.ст.	Объем крови л	Минутный объем крови л	Систематический объем л	РН	Содержание гемоглобина г/л	Клиническая вязкость с/см	Уровень стресса	Эластичность сосуда x/10°/дл	Скорость волны см/сек	Сжатие/расширение сосуда д/д/д	Дилатация сосуда д/д/д	Скорость СК	Патология ЧСС	Средняя жесткость	Патология клапана	Патология давления	Максимальное давление мм рт.ст.	Минимальное давление мм рт.ст.	Нормы давления мм рт.ст.	Нормы параметров
г.м.	Средняя	1988	185	69	08.09.09	21	6	80	120	80	80	3,5	17,8	0,116	7,21	147	2,2	1,04	17,6	0,75	1,014	1,062						146,2	79,1	2,40	2,45	
г.м.	Средняя	1988	185	69	06.03.09	21	6	80	120	80	80	3,5	17,8	0,089	7,42	149	6,2	1,00	5,2	475	1,017	1,199										

Анализ коронарной патологии									
Нагрузка									
Распределение кровотока по коронарным артериям									
Артерия-1	Артерия-2	Артерия-3	Артерия-4						
100 %	90	80	0,00 %						
41%	33%	26%	0%						
Патология									
100 %	84	100	0,00 %						
100%	92%	100%	0,00%						
41%	28%	26%	0%						
				99%					
Прогноз параметров системы кровообращения									
ЧСС	МОК	Р _{max}	Р _{min}						
522	60,9	1620	632						
531	64,3	1086	657						

МОК	pH	Gmg	v	K _{cr}	O ₂	%O ₂	K _v
17,8	7,310	147	2,34	1,039	2928	85,12%	1,07
0,00	100	100	100	100	100	100	100
17,8	7,310	147	2,18	0,99	2928	85,12%	1,07
17,8	7,310	147	2,34	0,46	2928	85,12%	1,07

Рисунок 1 — Вид листа интерфейса «Диагностика»

Программное обеспечение моделирования состоит из следующих процедур:

- 1. Анализ.** Задаются: антропометрия, ЧСС, максимальное и минимальное давления. Параметры и отклонения значений основных параметров от статистических норм являются расчетными.
- 2. Мониторинг.** Задаются: вес, нагрузка, ЧСС, максимальное и минимальное давления. Задается номер опорной записи из архива. Выводятся отклонения основных параметров от нормированных значений, содержащихся в опорной записи.
- 3. Статистический прогноз.** Задаются вес пациента, физическая нагрузка и номер опорной записи из архива. По накопленным статистическим данным определяются ЧСС и давления. Аналогично мониторингу определяются остальные параметры.
- 4. Индивидуальный прогноз.** Задаются вес пациента, физическая нагрузка и номер опорной записи из архива. Дополнительно задаются нагрузка, ЧСС и давления при дополнительном обследовании системы кровообращения при измененной нагрузке. Аналогично мониторингу определяются остальные параметры.
- 5. Диагностика.** Дополнительно задаются вес пациента, физическая нагрузка, ЧСС, максимальное и минимальное давления и номер опорной записи из архива с параметрами, соответствующими хорошему самочувствию пациента. Производится запись отклонения от нормы расчетного максимального давления в состоянии покоя (*гипертония/гипотония*); отклонения текущей ЧСС от прогнозируемой (*тахикардия/брадикардия*); отклонение текущего максимального давления от прогнозируемого значения (*сердечная недостаточность*); степень порока аортального клапана, измеряемая в % площади сечения аорты, исходя из степени тахикардии [4]. При прогнозируемом систолическом объеме крови в покое, превышающем норму в 1,5 раза, указывается признак спортивного типа системы кровообращения.

Статистический прогноз ЧСС, давлений при нагрузке W_y по данным замера ЧСС, давлений при нагрузке W_x по формулам (1, 2, 3) с коэффициентами, установленными авторами при замерах у студентов Гомельского госуниверситета:

$$N_y = N_x + 1 \cdot (W_y - W_x), \quad (1)$$

$$p_{\max}^y = p_{\max}^x + 0,5 \cdot (W_y - W_x), \quad (2)$$

$$p_{\min}^y = p_{\min}^x + 0,1 \cdot (W_y - W_x). \quad (3)$$

Стеноз коронарных артерий с параметром $k_{dah} = S_o / S_{ah}$, показывающим соотношение площадей просвета и общего поперечного сечения коронарной артерии, приводит к снижению исходного коронарного давления p_s на величину Δp , равную местному сопротивлению на внезапном сужении и внезапном расширении коронарной артерии (рисунок 2). Это местное сопротивление зависит от объемной скорости течения в артерии.

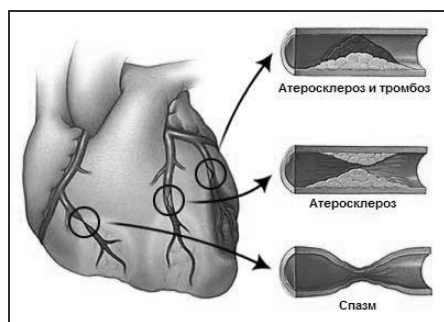


Рисунок 2 — Схема коронарных артерий сердца и их дефектов

Снижение давления приводит к изменению градиента давления в артериальной части коронарной системы кровообращения с сопутствующим снижением объемной скорости течения в системе в пропорции $kdqh = qdh / q0$ и ухудшением кровоснабжения сердца, обычно потребляющего около 5 % общего кровотока в течение диастолического периода. Для вычисления потерь давления в стенозированной части сосуда применима формула (4):

$$\Delta p(k_{dah}, k_{dqh}) = \frac{1}{2g} \cdot \frac{\rho_b}{\rho_r} \cdot \frac{\left(0,05 \frac{k_{dqh} \cdot V_m}{n_{ak} \cdot 0,8 \cdot 60}\right)^2}{(d_{ak} \cdot k_{dl}(p_s))^4} \cdot \frac{16}{\pi^2} \left(\frac{k_{dah}^2}{2} (1 - k_{dah}) + \left(\frac{1}{k_{dah}} - 1\right)^2 \right), \quad (4)$$

где используются: диаметр коронарной артерии d_{ak} , число моделируемых артерий n_{ak} , минутный объем крови V_m , плотность крови ρ_b и ртути ρ_r .

При заданном параметре k_{dah} искомый коэффициент потерь коронарного кровотока в отдельной артерии k_{dqh} определяется из уравнения:

$$\Delta p(k_{dah}, k_{dqh}) + p_{k_{min}} + Fp_{psl} \left(\frac{k_{dqh}}{n_{ak}}, d_{ak} \cdot k_{dl}(p_s), l_{ak} \right) - p_s = 0,$$

где используются: функции определения потерь давления при обычном течении крови в сосудах Fp_{ps} и изменения диаметров сосудов под давлением k_{dl} , p_s — минимальное давление в артериальной части коронарной системы, предшествующей ее венозной части.

Идентификация модели кровообращения с поиском значений неизвестных параметров исходя из значительно меньшего числа входных параметров относится к области некорректных задач. Основным инструментом решения некорректных задач является применение оптимизационных методов, позволяющих минимизировать отклонения (невязки) расчетных и известных значений контрольных параметров [3, 4]. В настоящей работе рассматриваются два списка параметров, невязки которых минимизируются:

1. Минимальное (диастолическое) p_{min} в артериолах и максимальное (систолическое) давление p_{max} в артериях, для которых контрольными являются исходные значения указанных давлений;
2. Искомые параметры (систолический объем, содержание гемоглобина, уровень стресса, параметр кислотного равновесия, вязкость крови, эластичность стенок сосудов, коэффициент деформации сосудов).

Верификация решений некорректных задач выполнима только на основе сопоставления расчетных и измеренных контрольных параметров [7]. Первый способ заключался в сопоставлении расчетных результатов (рисунок 3а) с заданными значениями лабораторно измеряемых параметров (вязкость крови, содержание гемоглобина, параметр кислотного равновесия, скорость распространения пульсовой волны). В соответствии со вторым способом для 75 студентов факультета спортивной медицины Гомельского государственного университета, включая спортсменов-разрядников и призеров международных соревнований, были собраны значения входных параметров в покое и при средней тренировочной нагрузке.

Обсуждение результатов (рисунок 3в) со специалистами спортивной медицины не выявило противоречий по оценке состояния обследуемых и позволило сделать ряд выводов:

- статистика изменений при физической нагрузке 45 кДж/мин в сравнении с положением покоя показывает, что ударный объем изменился с 0,085 до 0,126 л; рН с 7,37 до 7,27; вязкость с 4,7 до

2,9 сСт; уровень стрессовой нагрузки с 0,99 до 1,01; скорость пульсовой волны с 457 до 533 см/с; коэффициент деформации сосудов с 0,995 до 0,985; коэффициент дилатации с 1,213 до 1,163;

- увеличение нагрузки на 1 кДж/мин в среднем дает рост ЧСС на 1 ед., максимального давления на 0,5 мм рт. ст. и минимального давления на 0,1 мм рт. ст.

- анализ уровня подготовки спортсменов потребовал использования специальных коэффициентов: индексов Руфье-Диксона и Кердо, среднего давления, коэффициентов экономичности кровообращения и выносливости по Квасу.

Применение модели в учебном процессе подготовки медиков позволяет продемонстрировать корреляцию параметров сердечно-сосудистой системы (рисунок 3б).

ФИО		Кузьминский ЮГ		
Год рождения		1949		
Пол				
Рост см		170		
Вес кг		79		
Дата		16.02.09		
год				
Возраст		60		
Нагрузка к/Дж		6		
Частота сердечных сокращений уд/мин		72		
Максимальное давление мм рт ст		145		
Минимальное давление мм рт ст		90		
Объем крови л	4,3	4,3		
Минутный объем крови л	7,3	7,6		
Систольный объем л	0,101	0,084	0,105	0,127
рН-параметр	7,36	0,001	7,36	0,001
Содержание гемоглобина г/л	135	0,041	130	0,000
Кинематическая вязкость сСт	5,9	0,213	5,7	0,213
Уровень стресса	0,97	0,030	0,97	0,030
Эластичность сосудов x104 Па	16,3	0,015	16,3	0,015
Скорость волны см/сек		802		
Сжатие/расширение сосудов d1/d0	1,050	0,050	1,050	0,050
Дилатация сосудов dp/d0	1,084		1,084	

ФИО		Кузьминский ЮГ			
Год рождения		1949			
Пол					
Рост см		170			
Вес кг		79			
Дата		16.02.09			
год					
Возраст		60			
Нагрузка к/Дж		6			
Частота сердечных сокращений уд/мин		72			
Максимальное давление мм рт ст	145	145	145	135	155
Минимальное давление мм рт ст	80	100	90	90	90
Объем крови л		4,3			
Минутный объем крови л		7,6			
Систольный объем л		0,105			
рН-параметр	7,37	7,37	7,36	7,37	7,37
Содержание гемоглобина г/л		130			
Кинематическая вязкость сСт	5,5	5,3	5,7	5,0	5,7
Уровень стресса	1,06	1,09	0,97	0,98	1,12
Эластичность сосудов x104 Па	16,4	23,3	16,3	16,2	23,1
Скорость волны см/сек	824	919	802	776	960
Сжатие/расширение сосудов d1/d0	1,024	1,096	1,050	1,084	1,046
Дилатация сосудов dp/d0	1,071	1,069	1,084	1,088	1,059

а) сопоставление результатов анализа с использованием лабораторного и нормативного содержания гемоглобина

б) сопоставление результатов анализа с варьированием максимального и минимального давлений

Номер нагрузки	ФИО	Год рождения	Пол	Рост см	Вес кг	Дата год	Возраст лет	Нагрузка к/Дж	Частота сердечных сокращений уд/мин	Максимальное давление мм рт ст	Минимальное давление мм рт ст	Объем крови л	Минутный объем крови л	Систольный объем л	рН-параметр	Содержание гемоглобина г/л	Кинематическая вязкость сСт	Уровень стресса	Эластичность сосудов x104 Па	Скорость волны см/сек	Сжатие/расширение сосудов d1/d0	Дилатация сосудов dp/d0	Индекс Руфье-Диксона	Индекс Кердо	Ударное давление	Градиент O2 гемоглобина	Потребный O2 л/л	Объем дыхания л	Тест Руфье-Диксона	Индекс Кердо	Среднее давление	Коэф. экономичности кровообращения	Коэф. выносливости Кваса
				87				45	120	181	93	5,2	18,2	0,152	7,23	135	3,4	1,12	19,2	883	1,000	1,070	2,92	0,29	88	81,6%	2768	26,6	8,2	22,6	137	10512	13,7
				87				60	135	188	94	5,2	20,5	0,152	7,25	136	3,2	1,12	18,5	875	0,990	1,073	1,63	0,34	94	96,6%	3691	29	9,7	30,1	141	12636	14,4
ГОКД-2	1959	С	179	101	25.02.09	50	6	94	181	111	6,1	10,7	0,114	7,49	159	6,9	0,98	24,0	904	1,050	1,080	0,92	0,18	70	17,7%	429	10		-18,1	146	6580	13,4	
				101				45	133	201	115	6,1	22,0	0,165	7,33	161	3,8	1,12	19,1	827	1,024	1,098	2,15	0,44	86	66,0%	3214	31	12,1	13,6	158	11385	15,5
				101				60	148	208	116	6,1	24,4	0,165	7,33	157	3,5	1,12	26,7	975	1,026	1,072	0,58	0,39	92	81,3%	4285	33	13,6	21,4	162	13557	16,2
МС Рыбак	1988		184	84	09.03.09	21	6	72	120	80	5,0	7,0	0,098	7,34	150	6,9	1,00	5,2	455	1,010	1,211	2,51	0,11	40	23,9%	356	8,6		-11,1	100	2880	18,0	
				84				45	112	140	80	5,0	15,9	0,142	7,23	150	3,6	1,00	5,3	479	0,966	1,192	2,09	0,09	60	81,6%	2673	26	5,6	28,6	110	6720	18,7
				84				60	127	148	80	5,0	18,1	0,142	7,25	149	3,2	1,00	7,0	548	0,976	1,152	1,61	0,43	68	96,6%	3564	28	7,1	37,2	114	8623	18,8
МС Пристронов	1988		172	62	06.03.09	21	6	48	120	60	3,4	4,7	0,099	7,44	164	7,4	0,97	3,2	419	0,942	1,199	2,64	0,66	60	23,9%	263	6,3		-25,0	90	2880	8,0	
				62				45	114	130	70	3,4	16,3	0,143	7,41	163	2,1	0,97	5,3	526	0,966	1,141	2,36	0,70	60	53,6%	1973	19	1,0	38,6	100	6840	19,0
				62				60	139	134	74	3,4	20,0	0,143	7,45	164	1,8	0,97	5,1	515	0,966	1,154	2,77	0,68	60	58,2%	2631	21	3,5	47,0	104	8363	23,2
б/р Андриевская	1988	Ж	158	55	05.03.09	21	6	76	80	40	3,0	5,7	0,075	7,44	119	3,4	0,96	1,7	326	0,933	1,221	2,74	0,62	40	23,9%	233	5,6		47,4	60	3040	19,0	
				55				45	128	120	60	3,0	14,0	0,110	7,27	120	1,8	0,96	4,1	495	0,952	1,137	2,76	1,51	60	75,4%	1750	17	8,0	53,1	90	7680	21,3
				55				60	148	135	68	3,0	16,2	0,110	7,29	117	1,8	0,96	4,4	512	0,952	1,146	1,88	1,68	68	89,0%	2334	18	10,0	54,3	102	10018	21,9

в) архивные данные пациентов кардиодиспансера и студентов спортсменов

Рисунок 3 — Результаты биомеханической диагностики

Среди параметров биохимического анализа крови наиболее существенными являются содержание гемоглобина и кислотное равновесие, влияние которых изложено выше. Особенно заметно изменяется рН при изменении физической нагрузки [5]. Перспективным является переход от уровня стрессовой нагрузки к содержанию адреналина, которое изменяется наиболее быстро. Увеличение ЧСС с повышением содержания адреналина известно из наблюдений, также как и снижение выносливости пациентов с высокой подверженностью стрессам [6]. Помимо учитываемых воздействий адреналина на вязкость крови и число активированных сфинктеров, для повышения точности биомеханического моделирования важно найти зависимость, учитывающую величину реализуемой человеком физической нагрузки от содержания адреналина.

Заключение

Использование разработанной биомеханической модели артериальной части системы кровообращения и соответствующее программное обеспечение дополняет традиционно используемые в

медицинской практике инструментальные методы диагностики состояния сердечно-сосудистой системы. Это позволяет получить полезную информацию о причинах патологии сердца и сосудов, прогнозировать результаты протезирования в кардиохирургии, а также выявить адаптивные возможности сердечно-сосудистой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубровский, В. И. Биомеханика / В. И. Дубровский, В. Н. Федорова. — М.: Медицина, 2003. — 669 с.
2. Методика и компьютерная система диагностики состояния сердечно-сосудистой системы / Ю. Г. Кузьминский [и др.] // Проблемы здоровья и экологии. — 2009. — № 2. — С. 90–96.
3. Савицкий, Н. Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики / Н. Н. Савицкий. — Л.: Медицина, 1963. — 403 с.
4. Сидоренко, Г. И. Инструментальные методы исследования в кардиологии / Г. И. Сидоренко [и др.]; под ред. Г. И. Сидоренко. — Мн., 1994. — 272 с.
5. Сумин, А. Н. Стресс-реактивность гемодинамики у подростков и факторы ее определяющие / А. Н. Сумин, Л. Ю. Сумина, Н. Д. Васильева // Артериальная гипертензия. — 2008. — Т. 14, № 1. — С. 165–171.
6. Шилько, С. В. Моделирование гидродинамического трения: аналогия системы кровообращения и трубопроводного транспорта нефти / С. В. Шилько, Ю. Г. Кузьминский // Совр. инф. и телеком. технол. для здравоохран.: матер. 2 междунар. конф. — Мн., 2008. — С. 338–343.
7. Gültekin, Z. Hemodynamic and lactic acid responses to proprioceptive neuromuscular facilitation exercise / Z. Gültekin, A. Kin-Isler, Ö. Sürenkök // Journal of Sports Science and Medicine. — 2006. — № 5. — P. 375–380.

УДК 615.099.036.11/2.88.091.5:547.262

ЛЕТАЛЬНЫЕ ИСХОДЫ ОТ ОСТРЫХ И ХРОНИЧЕСКИХ АЛКОГОЛЬНЫХ ОТРАВЛЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АУТОПСИЙ В Г. МИНСКЕ ЗА 2008 ГОД

¹Кулаженко В. П., ²Гришенкова Л. Н., ³Метельская М. А.

¹«Минское городское клиническое патологоанатомическое бюро»,

²Учреждение образования

«Белорусский государственный медицинский университет»,

³Государственное учреждение образования

«Белорусская медицинская академия последипломного образования»

г. Минск, Республика Беларусь

Алкоголизм и обусловленная потреблением алкоголя соматическая и инфекционная заболеваемость и смертность являются одной из проблем современной практической медицины, актуальных во всем мире. По данным ВОЗ, смертность от причин, опосредованно связанных с употреблением алкоголя, занимает 3-е место после заболеваний сердечно-сосудистой системы и новообразований [5]. Рост алкоголизма в Беларуси вызывает серьезную озабоченность медицинских работников в связи с увеличивающимся числом больных и возрастающими в связи с этим материальными и моральными затратами современного общества. Смертность, связанная с алкоголем, в Беларуси составляет около 20 %, в то время как в странах Западной Европы этот показатель не превышает 6 % [4]. Чрезмерное однократное употребление алкоголя приводит к развитию острых алкогольных отравлений, которые во многих случаях являются причиной смертельных исходов, как сами по себе, так и опосредованно провоцируют летальность от внешних причин: убийств, самоубийств, производственного и бытового травматизма. Во многих эпидемиологических исследованиях показана взаимосвязь между агрессией, эмоциональным негативом и злоупотреблением алкоголем. Значительная часть преступлений совершается в состоянии алкогольного опьянения. Алкоголь играет роль своеобразного катализатора преступного поведения. Установлено, что в момент совершения преступления от 50 до 70 % убийц находились в состоянии алкогольного опьянения [3]. Беларусь относится к странам с высоким уровнем суицидов. Взаимосвязь между злоупотреблением алкоголем и суицидальным поведением на индивидуальном и популяционном уровнях несомненна; доказано существование высокодостоверной положительной взаимосвязи между уровнем продажи водки и суицидов среди мужчин, преимущественно, в возрастной группе 45–54 лет [3].

Цель данного исследования: провести комплексную клинико-статистическую оценку структуры ассоциированных с алкоголем летальных исходов в г. Минске за 2008 год по заключениям