

Я.Б. Ховаева¹, Е.Н. Бурдина¹, А.Н. Шопин¹, В.В. Бурдин², А.В. Соболев¹,
Б.В. Головской¹, М.Д. Берг¹, О.А. Макаров¹

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У ЗДОРОВЫХ МУЖЧИН

¹ Пермская государственная медицинская академия им. акад. Е.А. Вагнера (Пермь)

² Пермский государственный технический университет (Пермь)

В работе представлен анализ структурно-геометрических особенностей левого желудочка у практически здоровых мужчин трудоспособного возраста. С помощью кластерного анализа выявлены 4 геометрических типа левого желудочка, определяющие его функциональные свойства. Расчет интегрального показателя геометрии левого желудочка (ИПГЛЖ) позволяет прогнозировать неблагоприятные пути ремоделирования левого желудочка. Величина ИПГЛЖ, равная 200 и более, указывает на наиболее неблагоприятную геометрическую модель левого желудочка, при которой любая физическая нагрузка совершается в условиях энергетического дефицита, в исходе которого возможно развитие зон асинергии миокарда.

Ключевые слова: левый желудочек, ремоделирование, геометрическая модель, асинергия миокарда

FEATURES OF LEFT VENTRICLE FUNCTIONING IN HEALTHY MEN

Ya.B. Khovaeva¹, E.N. Burdina¹, A.N. Shopin¹, V.V. Burdin², A.V. Sobolev¹,
B.V. Golovskoy¹, M.D. Berg¹, O.A. Makarov¹

¹ Perm State Medical Academy named after academician E.A. Vagner (Perm)

² Perm State Technical University (Perm)

The article presents the analysis of structural and geometric features of left ventricle in nearly healthy men of working age. Cluster analysis revealed four geometric types of left ventricle determining its functional properties. Calculation of integral index of left ventricle geometry (ILLVG) allows to predict adverse ways of left ventricle remodeling. Integral index of 200 or more indicates the most unfavorable model of left ventricle when any physical exercise is performed in energy deficiency condition which can result in development of myocardium asynergy areas.

Key words: left ventricle, remodeling, geometrical model, myocardium asynergy

Сердце является уникальным органом, где морфологические и физиологические явления, форма и функции взаимно обуславливают друг друга [6]. Высокая пластичность структур и компенсаторно-адаптационный потенциал позволяют сердцу приспособиться к изменяющимся условиям функционирования организма путем изменения пространственно-геометрических характеристик и активности метаболических процессов, при этом для здорового сердца сохраняется возможность их обратного развития. Состояние левого желудочка (ЛЖ) является определяющим для прогноза течения различных заболеваний. На сегодняшний день разработаны достаточно четкие критерии его патологии [2, 9]. В то же время практически не рассматриваются особенности функционирования желудочка у здоровых лиц и возможность влияния этих особенностей на характер трансформации левого желудочка в условиях патологии.

Целью нашего исследования явилась оценка вариантов форм левого желудочка у практически здоровых мужчин, классификация их и изучение возможности использования полученных результатов для индивидуального прогноза.

МЕТОДИКА

Обследовано 133 социально активных мужчин в возрасте от 17 до 55 лет. Обследование про-

водилось дважды с интервалом в 3 года. Все эти лица на момент осмотра считали себя здоровыми. Критерием включения являлось отсутствие патологии сердца, сахарного диабета, артериальной гипертензии и других хронических заболеваний. Всем обследуемым проводилась регистрация ЭКГ с использованием 12 отведений, спирограмма и общий анализ крови. Ультразвуковое исследование сердца проведено на аппарате SONOS-100CF (HP, США) с измерением структурных, доплерографических параметров сердца и показателей локальной сократимости в покое и на фоне статической нагрузки [7]. Изометрическую нагрузку создавали поднятием ноги под углом 30° к горизонтальной плоскости и удержанием ее в течение 9 минут с усилием, равным весу ноги минус один килограмм (Думлер А.А., 1994). Для оценки геометрии левого желудочка использовали: индекс сферичности (ИС_{ЛЖ}), равный отношению конечного диастолического размера (КДР) к продольному размеру левого желудочка в диастолу (Δ_{ЛЖ}), и относительную толщину стенок левого желудочка (ОТС_{ЛЖ}), которую рассчитывали по формуле:

$$ОТС_{ЛЖ} = (ТЗС_{ЛЖ} + ТМЖП_{ЛЖ}) / КДР_{ЛЖ}$$

Массу миокарда левого желудочка (ММЛЖ), рассчитывали по формуле R.V. Devereux:

$$ММЛЖ = 1,04 \times ((ТМЖП_{ЛЖ} + ТЗС_{ЛЖ} + КДР)^3 - КДР^3) - 13,6$$

[10] и индексировали к площади поверхности тела (ППТ). Верхним критерием нормы для ММЛЖ считали 185 г, для иММЛЖ — 125 г/м² [5]. Увеличением относительной толщины стенок считали значения, равные и более 0,45 [11]. Систолическую функцию оценивали по величине фракции выброса (ФВ) и ударного объема (УО). Диастолическую функцию левого желудочка изучали по временным и скоростным параметрам трансмитрального диастолического потока. Конечное диастолическое давление (КДД) рассчитывали по формуле Th. Stork [4]. Для оценки особенностей функционирования левого желудочка на фоне нагрузки рассчитывали разницу между абсолютными значениями в покое и при нагрузке (Δ) для таких показателей, как фракция выброса (Δ ФВ), минутный объем (Δ МО), конечное диастолическое давление (Δ КДД), отношение максимальной скорости E трансмитрального потока к пиковой скорости A (Δ E/A) и систолическое давление в легочной артерии (Δ СДла). Уменьшение степени систолического утолщения на фоне нагрузки по сравнению с исходным значением более чем на 15% расценивалось как наличие зон асинергии. Для статистической обработки данных использовали программу «Statistica 6.0» с применением t-критерия Стьюдента для сравнения двух групп, удовлетворяющих критериям применимости параметрических методов исследования, и U-критерия Манна — Уитни для групп, не имеющих нормального распределения. В качестве многомерных методов исследования использовали кластерный анализ с предварительным нормированием исходных данных. Применяли метод одиночной связи и метод К-средних с последующим анализом суммы квадратов отклонения объектов от центров кластеров и суммы квадратов отклонений между центрами кластеров, значений F-статистики и уровня значимости p [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ

По данным литературы [1], такие эхокардиографические показатели, как индекс сферичности, индекс массы миокарда левого желудочка и индекс относительной толщины стенки левого желудочка позволяют достаточно точно описать геометрическую форму левого желудочка (ЛЖ). Использование этих параметров в качестве группирующих переменных для кластерного анализа позволяет систематизировать многообразие геометрических форм левого желудочка у здоровых лиц. Было выявлено, что перечисленные показате-

тели, зарегистрированные у обследованных лиц, формируют четыре кластера, каждый из которых характеризуется устойчивым сочетанием перечисленных выше показателей (табл. 1), что позволяет говорить о 4 геометрических типах или моделях левого желудочка.

Представленная таблица наглядно демонстрирует межкластерные различия. Получается так, что каждый из 4 представленных геометрических типов отличается от оставшихся трех как минимум по двум показателям геометрии левого желудочка. Так, четвертый тип отличается от первого значениями относительной толщины стенок и индекса сферичности ($p < 0,01$); от второго — значениями тех же параметров и индексом массы миокарда (иММЛЖ), от третьего — значением иММЛЖ: 2-й и 3-й кластеры имеют между собой более близкие значения, но все же достоверно отличаются индексом массы миокарда и относительной толщиной стенок ($p < 0,05$). У первого типа при наибольших значениях индекса сферичности левого желудочка наблюдаются наименьшие значения относительной толщины его стенок. Эти параметры достоверно отличают первый геометрический тип не только от четвертого (соответственно, $p_{1,4} < 0,001$ и $p_{1,4} < 0,01$), но и от 3-го и 2-го типов ($p < 0,05$). Несмотря на вышеприведенные различия, показатели систолической и диастолической функций левого желудочка, измеренные в покое, в выделенных кластерах не имели статистических различий ($p > 0,05$).

Анализ эффективности сердечной деятельности показал, что на фоне изометрической нагрузки для каждого типа левого желудочка характерно увеличение минутного объема (МО), в среднем от 1,60 до 1,78 л ($p < 0,001$ при сравнении с исходным), что в первом кластере сопровождалось уменьшением фракции выброса в среднем на $1,93 \pm 0,25\%$ ($p < 0,001$), по сравнению с остальными, где фракция выброса увеличивалась: во втором кластере в среднем на $0,97 \pm 0,33\%$, в третьем — на $2,44 \pm 0,34\%$, в четвертом — на $2,0 \pm 0,3\%$. Снижение на фоне изометрической нагрузки инотропной функции в первом кластере сопровождалось достоверно большим подъемом систолического давления в легочной артерии и приростом конечного диастолического давления (в среднем на $4,37 \pm 0,22$ и $3,39 \pm 0,22$ мм рт. ст. соответственно), что значительно больше по сравнению с остальными подгруппами ($p < 0,001$). В первом кластере E/A на фоне статической нагрузки уменьшалось в

Таблица 1
Характеристика геометрических моделей левого желудочка в соответствующих кластерах

Показатели геометрии левого желудочка	1 кластер (35 чел.)	2 кластер (45 чел.)	3 кластер (29 чел.)	4 кластер (24 чел.)
Индекс сферичности	0,67 (0,66–0,68)	0,61 (0,60–0,62)	0,57 (0,56–0,59)	0,54 (0,52–0,55)
Относительная толщина стенки	0,33 (0,32–0,34)	0,39 (0,38–0,4)	0,45 (0,43–0,46)	0,47 (0,44–0,47)
Индекс массы миокарда, мг/м ²	121,4 (117–125)	92,4 (88,5–96,2)	82,3 (78,8–85,7)	120 (116,4–123,7)

Примечание: данные представлены в виде среднего (5–95% доверительный интервал).

среднем на $0,14 \pm 0,01$, что достоверно отличается от третьего и четвертого кластеров ($p < 0,001$), где систолическая активация приводит к увеличению отношения Е/А в среднем на $0,16 \pm 0,017$ и $0,11 \pm 0,01$ соответственно. Известно, что диастола является энергетически зависимым процессом [8], поэтому повышение конечного диастолического давления и достоверное усиление вклада систолы предсердий в диастолический объем указывает на скрытый энергетический дефицит у лиц первого кластера. У лиц со 2-м геометрическим типом левого желудочка показатели систолической и диастолической функции на фоне нагрузки занимают промежуточное значение между показателями 1-го и 3-го геометрических типов. В 35 % случаев у лиц второго кластера зафиксировано уменьшение соотношения Е/А на фоне незначительного прироста фракции выброса. Несмотря на некоторые особенности изменений показателей в отдельных кластерах, уровень прироста фракции выброса на фоне физической нагрузки (Δ ФВ) находится в строгой взаимосвязи с уровнями прироста Е/А (Δ Е/А) ($r = 0,82$; $p = 0,001$) и конечного диастолического давления (Δ КДД) ($r = -0,69$; $p = 0,001$).

Изучение локальной сократимости показало, что на фоне статической нагрузки только в 1-й группе у 37 % мужчин выявляется асинергия миокарда без сопутствующей динамики сегмента ST на ЭКГ. У этих лиц Δ КДД составила $4,47 \pm 0,15$ мм рт. ст., Δ Е/А — $0,19 \pm 0,008$, т.е. имела отрицательное значение, что достоверно отличается от результатов лиц первого кластера без зон акинезии ($p < 0,001$) (рис. 1). Лица с выявленной асинергией миокарда из дальнейших исследований были исключены.

Анализ причин, детерминирующих такие особенности сердечной деятельности, показал, что лица с первым типом были достоверно старше. Их средний возраст составил 47,8 лет (90% доверительный интервал среднего: 44,3–51,3),

средний возраст во втором кластере составил 39,9 лет (90% доверительный интервал: 37,8–42,1); в третьем — 30,2 лет (90% доверительный интервал 26,6–33,7) и в четвертом — 37,8 лет (90% доверительный интервал: 33,2–42,5) ($p_{1,2-4} < 0,001$). Второе отличие этой группы заключалось в том, что 82 % обследованных лиц курили, причем 66 % лиц имели стаж курения более 20 лет. Во втором, в третьем и четвертом кластерах курящие составили 27 %, 34 % и 40 % соответственно, стаж курения — не более 10 лет ($\leq 0,05$).

Объединение здоровых лиц в четыре кластера подчеркивает самостоятельную роль показателей геометрии в определении функциональных свойств левого желудочка. Для каждого кластера был рассчитан интегральный показатель геометрии левого желудочка (ИПГлж) по формуле: $\text{ИПГлж} = \text{иММЛЖ} \times \text{ИС} / \text{иОТС}$. В первом кластере он составил 247,1 г (95% доверительный интервал среднего: 233,1 - 261,2 г), что было значительно выше чем в других кластерах ($p = 0,000$). Значения интегрального показателя в третьем кластере были наименьшими (рис. 2).

Выявлены высокие корреляции (r) между значениями интегрального показателя геометрии (ИПГ) и уровнем прироста (Δ) функциональных показателей левого желудочка в ответ на нагрузку. Для ИПГ и Δ ФВ $r = -0,72$; для ИПГ и Δ КДД $r = 0,73$; для ИПГлж и Δ СДла $r = -0,81$; для ИПГлж и Δ Е/А $r = 0,70$, во всех случаях $p = 0,001$.

Представленные данные показывают, что первый кластер включает в себя лиц, у которых на фоне изометрической нагрузки выявляются нарушения диастолической функции, а у части из них выявляется асинергия миокарда. В обычной клинической практике важно выявлять эти состояния, которые необходимо рассматривать как первые признаки неполноценности коронарного кровотока. 90 % выборки лиц первой группы имеют значение интегрального показателя выше 200 г

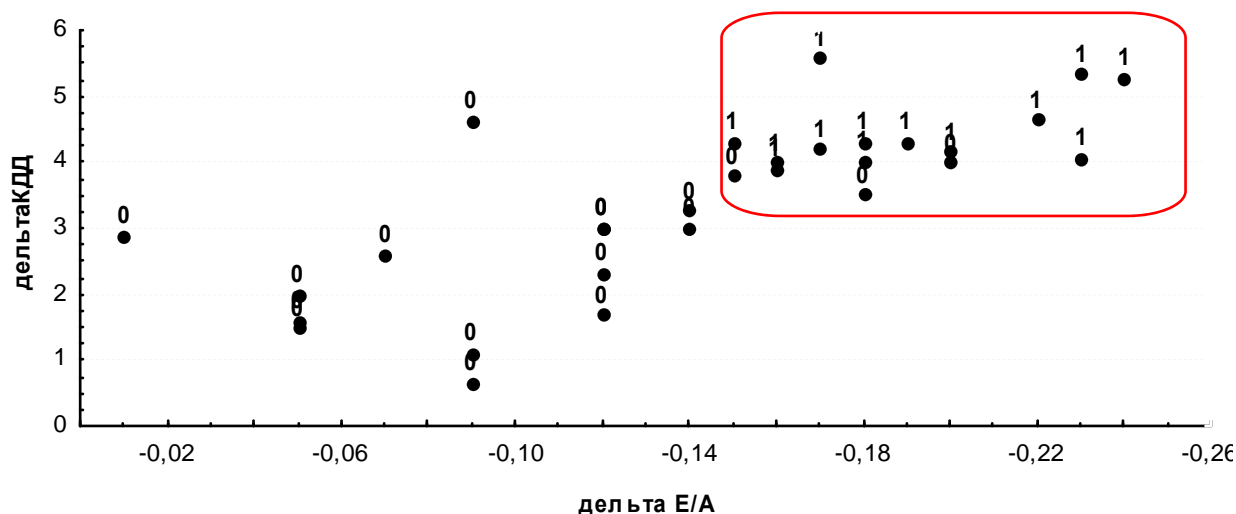


Рис. 1. Связь уровней прироста конечного диастолического давления и Е/А на фоне физической нагрузки с нарушением локальной сократимости у лиц с первым геометрическим типом левого желудочка: 1 – лица с выявленными зонами асинергии на фоне изометрической нагрузки; 0 – лица без нарушений локальной сократимости.

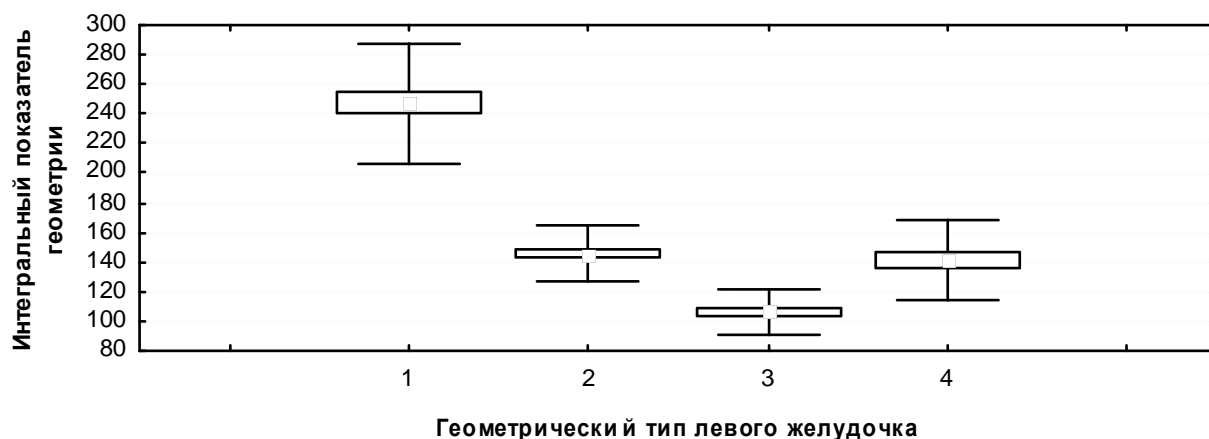


Рис. 2. Величина интегрального показателя геометрии левого желудочка у практически здоровых мужчин.

(рис. 2). Этот уровень интегрального показателя можно считать критическим, превышение которого указывает на высокую вероятность выявления при нагрузке диастолической дисфункции и нарушений локальной сократимости миокарда.

Повторное исследование, проведенное через три года, показало следующее. У оставшихся лиц первого кластера (22 чел.) в 54 % случаев была выявлена в покое диастолическая дисфункция. В 22 % случаев она сочеталась с гипертрофией левого желудочка, а в 18 % на фоне физической нагрузки у этих лиц были выявлены зоны асинергии. У лиц со вторым, третьим и четвертым геометрическими типами левого желудочка показатели систолической и диастолической функций, измеренные в покое через три года, достоверно не отличались от предыдущих результатов. Но у 16 мужчин второго кластера (35 %) и у 9 (37,5 %) мужчин четвертого на фоне физической нагрузки был выявлен отрицательный прирост фракции выброса и уменьшение соотношения Е/А, причем интегральный показатель этих случаях составил 232 (95% доверительный интервал среднего: 209 – 254 г). Среди этих лиц у 6 мужчин (24 %) на фоне изометрической нагрузки были выявлены зоны нарушения локальной сократимости. Среди лиц, у которых на протяжении трёх лет сохранялись оптимальные функциональные характеристики левого желудочка, интегральный показатель геометрии не претерпел существенных изменений. Размах его значений составил от 81,1 до 160,9 г. Необходимо обратить внимание, что в эту группу вошли лица, которые не курили, кроме того, их возраст не превышал 38 лет.

Анализ лиц, у которых при первичном исследовании значения интегрального показателя геометрии были в пределах от 160 до 195 г., показал, что абсолютный 3-летний риск неблагоприятного ремоделирования левого желудочка у некурящих составляет 0,3, у курящих он увеличивается до 0,9, а при стаже курения более 20 лет – до 1. Для выявления скрытой диастолической дисфункции у практически здоровых лиц, чувствительность интегрального показателя геометрии составляет 0,82, специфичность – 0,92.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по данным кластерного анализа, у здоровых лиц мужского пола выявляется 4 геометрические модели левого желудочка, которые определяют его функциональные возможности. Расчет интегрального показателя геометрии левого желудочка позволяет прогнозировать неблагоприятные пути ремоделирования левого желудочка. Статистический анализ результатов фонового исследования и результатов, полученные через три года наблюдения, свидетельствуют о том, что величина интегрального показателя равная 200 г и более, указывает на наиболее неблагоприятную геометрическую модель левого желудочка, при которой любая физическая нагрузка совершается в условиях энергетического дефицита, в исходе которого возможно развитие зон асинергии миокарда. Поэтому всем этим лицам необходимо проведение Стресс-ЭхоКГ исследования и ангиографии. Наиболее оптимальной с функциональной точки зрения является такая геометрическая модель, при которой значение интегрального показателя находится в пределах от 81,1 до 160,9 г. Его переходные значения указывают на необходимость введения в образ жизни индивидуально подобранного тренировочного процесса и отказ от курения. У курящих мужчин без введения упреждающих мер профилактики наблюдается прогрессивное ухудшение геометрической модели левого желудочка. Интегральный показатель геометрии левого желудочка отличается высокой чувствительностью и специфичностью и может использоваться для краткосрочного индивидуального прогноза и динамического контроля за состоянием сердечно-сосудистой системы у здоровых мужчин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеева Ф.Т. и др. Возможности ультразвуковой эхокардиографии в оценке нарушения диастолической функции сердца у больных с хронической сердечной недостаточностью // Кардиология. – 1994. – № 12. – С. 12 – 17.
2. Барсуков А.В., Багаева З.В., Пронина Е.В., Локшина Т.Р. и др. Гипертрофия левого желудочка

при артериальной гипертензии: актуальные вопросы патогенеза, диагностики и лечения // Артериальная гипертензия. — 2009. — Т. 15, № 4. — С. 436 — 439.

3. Вуколов В.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: учебное пособие. — М. : Форум, Инфра-М, 2004. — С. 283 — 297.

4. Корытников К.И. Импульсная доплер-эхокардиография в оценке диастолической функции миокарда левого желудочка при ишемической болезни // Кардиология. — 1993. — № 1. — С. 28 — 31.

5. Оганов Р.Г., Мамедов М.Н. Национальные клинические рекомендации. — М. : Силиция-Полиграф, 2008. — С. 23.

6. Руководство по кардиологии/ под ред. акад. Е.И. Чазова. — М. : Медицина, 1982. — Т. 1. — С. 9.

7. Рыбакова М.К., Алехин М.Н., Митьков В.В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. Эхокардиография. — М. : Издательский дом Видар-М, 2008. — 512 с.

8. Шилов А.М. Инфаркт миокарда. Патологические и клинические аспекты. — М. : Миклош, 2009. — 164 с.

9. Carluccio E., Tommasi S., Bentivoglio M. et al. Prognostic value of left ventricular hypertrophy and geometry in patients with a first, uncomplicated myocardial infarction // Int. J. Cardiol. — 2000. — Vol. 74, N 2 — 3. — P. 177 — 183.

10. Devereux R.V., Reichek N. et al. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method // Circulation. — 1977. — Vol. 55. — P. 613 — 618.

11. Ganau A., Devereux R.V., Roman M.J., Paternis of left ventricular hypertrophy and geometric remodeling in essential hypertension // J. Am. Coll. Cardiol. — 1992. Vol. 19. — P. 1550 — 1558.

Сведения об авторах

Ховаева Ярослава Борисовна — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой терапии и семейной медицины факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов Пермской государственной медицинской академии им. акад. Е.А. Вагнера

Бурдина Елена Николаевна — кандидат медицинских наук, ассистент кафедры терапии и семейной медицины факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов Пермской государственной медицинской академии им. акад. Е.А. Вагнера (614000, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26; e-mail: fuvrgma@mail.ru)

Шопин Алексей Николаевич — кандидат медицинских наук, врач ультразвуковой диагностики клинической медико-санитарной части № 1 г. Перми, ассистент кафедры терапии и семейной медицины факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов Пермской государственной медицинской академии им. акад. Е.А. Вагнера

Бурдин Владислав Викторович — кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики Пермского государственного технического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29)

Соболев Антон Владимирович — аспирант кафедры терапии семейной медицины факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов Пермской государственной медицинской академии им. акад. Е.А. Вагнера

Головской Борис Васильевич — доктор медицинских наук, профессор кафедры терапии и семейной медицины факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов Пермской государственной медицинской академии им. акад. Е.А. Вагнера

Берг Маргарита Дмитриевна — доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной физиологии Пермской государственной медицинской академии им. акад. Е.А. Вагнера

Макаров Олег Александрович — аспирант кафедры терапии семейной медицины факультета повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов Пермской государственной медицинской академии им. акад. Е.А. Вагнера