


Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации  
Федеральное Агентство здравоохранения и социального развития  
ФГУ «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии»

 «УТВЕРЖДАЮ»  
Президент секции  
Невропатологии Ученого  
Совета РФ  
профессор  
*В.М. Безруков*  
» *10.02.05* 2004г.

**ОЦЕНКА КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ  
ЖЕВАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ  
ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ  
ДОПЛЕРОГРАФИИ**

Пособие для врачей

Москва  
2005

Организация – разработчик: Центральный научно-исследовательский институт  
стоматологии МЗ и СР РФ

Авторы: проф. Н.К. Логинова, Е.В. Логацкая, М.Б. Гирина

Представлена методика ультразвуковой доплерографии для диагностики состояния  
регионарного кровотока в челюстно-лицевой области. Описана методика оценки  
кровоснабжения собственно жевательных и височных мышц с помощью отечественной  
аппаратуры – ультразвукового доплерографа «ММ-Д-К».  
Пособие предназначено для стоматологов-хирургов и специалистов по функциональной  
диагностике.

Рецензенты: Лауреат Госпремии РФ, профессор М.Т. Александров,  
профессор Ю. И. Черешгов

## Введение

Кровоснабжение жевательных мышц относится к регионарному кровообращению. В настоящее время продолжает повышаться интерес к изучению особенностей кровообращения в различных органах и тканях – регионарному кровообращению. Под термином «регионарное кровообращение» понимают характеристику и особенности кровотока в отдельных органах и тканях, связанных с их специфическими функциями при различных состояниях организма. Характеристика этих особенностей предполагает выявление различий в гемодинамических показателях, транскапиллярном обмене, составе крови и регуляторных процессах, определяющих кровоток в том или ином органе. Эти различия представляют собой отражение общих закономерностей в регионарном кровообращении.

Кровоток через скелетные мышцы составляет значительную долю минутного объёма крови в организме в связи с обилием в них кровеносных сосудов. На одно мышечное волокно приходится один капилляр. Кровеносные сосуды в мышцах древовидно ветвятся. Мелкие артерии идут параллельно мышечным волокнам и дают начало артериолам, проходящим косо или под прямым углом к продольной оси этих волокон. Капилляры также расположены параллельно мышечным волокнам и широко анастомозируют между собой. В анастомозирующих микрососудах кровь, как правило, течёт в одном направлении.

Для кровотока через отдельные органы и ткани характерны определённые закономерности. С физиологической точки

зрения, особенности регионарного кровотока обусловлены специфической функцией данного органа и направлены на её обеспечение. Вместе с тем между регионарными и системными гемодинамическими показателями имеется тесная взаимосвязь. Наиболее существенным фактором, определяющим скорость регионарного кровотока, является периферическое сопротивление. Уменьшение величины этого показателя, которое происходит главным образом, в результате местной вазодилатации, даже при почти не изменившейся системной гемодинамике, зависящей от артериального давления, приводит к усилению кровотока в исследуемом органе или ткани. Вместе с тем изменения в системном кровотоке при различных функциональных состояниях организма сопровождается, как правило, разнонаправленными сдвигами регионарного кровотока, обусловленными непосредственно соответствующими изменениями периферического сопротивления. Существенным гемодинамическим показателем состояния регионарного кровотока является ёмкость его сосудистого русла (количество крови, находящейся в органе).

Изменения регионарного кровотока, как правило, в значительной степени зависят от системной гемодинамики и оказывают выраженное на неё влияние. В связи с тем, что объём крови в организме ограничен, его перераспределение по органам, в т. ч. мышцам, регулируется. Регуляция регионарного кровотока направлена в одних случаях на его стабилизацию, в условиях изменённого системного кровотока, а в других – на перераспределение минутного объёма крови при различных функциональных состояниях организма, в целях

обеспечения адекватного кровоснабжения органов и тканей в этих условиях.

Эти регуляторные процессы проявляются в виде ауторегуляции кровотока, реактивной гиперемии, венозно-артериальных реакций и функциональной, иначе называемой рабочей, гиперемии. Ауторегуляция (саморегуляция) кровотока – способность поддерживать постоянство кровотока в органе (мышце) при изменениях артериального давления. Ауторегуляция обеспечивает стабильность регионарной объёмной скорости кровотока при изменениях артериального давления в пределах 80 – 160 мм рт. ст. Это достигается изменением периферического сопротивления в прекапиллярной части кровеносного русла – артериолах. Ауторегуляция основана на чувствительности артериол к изменению артериального давления, что вызывает в них миогенную реакцию, и на реакции в ответ на накопление или вымывание (уменьшение) вазодилататорных продуктов обмена (метаболизма) во время изменённого регионарного кровотока. Ауторегуляция имеет важное значение для поддержания адекватного снабжения мышц питательными веществами и кислородом.

Реактивная гиперемия представляет собой резкое усиление кровотока, которое следует за периодом остановки кровообращения по тем или иным причинам, чаще окклюзии сосудов. Реактивная гиперемия в сосудах, кровоснабжающих мышцы, выражена достаточно наглядно. Величина реактивной гиперемии в мышцах связана с длительностью их ишемии во время сокращения мышечных волокон, сопровождающимся окклюзией сосудов, что отражается на скорости кровотока и длительности реакции на их окклюзию. Сокра-

щение мышцы создаёт в её тканях мощные компрессионные силы, которые действуют извне на сосуды и вызывают их сжатие и уменьшение кровотока. Это происходит при тетаническом сокращении скелетной мышцы, что может фактически прекратить в ней кровоток. Вслед за периодом полного прекращения артериального притока крови к мышцам развивается временное усиление мышечного кровотока. Реактивная гиперемия в мышцах осуществляется как за счёт сдавливания сосудов сокращёнными мышечными волокнами, так и за счёт метаболического механизма.

Венозно-артериальные реакции заключаются в констрикции артериальных сосудов скелетных мышц при возрастании в них венозного давления. Известно, что около 10% от общего объёма крови в организме в норме содержится в венах скелетной мускулатуры, и во время их ритмических сокращений так называемый «мышечный насос» эффективно перемещает кровь из вен скелетной мускулатуры в центральный венозный пул, что является для всего организма важным гемодинамическим фактором при интенсивной физической нагрузке. Такого рода реакции осуществляются за счёт собственной чувствительности прекапиллярных сосудов (артериол) к внутрисосудистому давлению.

Функциональная (рабочая) гиперемия представляет собой возрастание кровотока при усилении мышечной активности. При этом регуляция регионарного кровотока осуществляется, главным образом, за счёт метаболических (не нейрогенных) механизмов. Эти механизмы активизируются, когда изменяются местные условия в тканях. При выполнении скелетной мышцей работы (её сокращении) перифери-

ческое сопротивление в её сосудах снижается, а скорость кровотока возрастает.

Жевательные мышцы относятся к скелетным мышцам и им присущи все механизмы регуляции регионарного кровотока, изложенные выше. С помощью работы жевательной мускулатуры в организме осуществляются две важные функции: жевания и речи. Силовые нагрузки, возникающие в процессе акта жевания, обеспечивают рост и развитие жевательного аппарата в онтогенезе. Определение нарушений жевательной функции является основной проблемой функциональной диагностики в стоматологии. Эти нарушения можно выявить с помощью оценки состояния регионарного кровотока в жевательных мышцах.

Неинвазивным методом оценки регионарного кровотока является ультразвуковая доплерография. Его высокая информативность даёт возможность оценивать гемодинамическую значимость различных факторов, вызывающих нарушение кровоснабжения тканей челюстно-лицевой области (ЧЛО) или способствующих его улучшению. Это особенно важное значение имеет для хирургов при оценке состояния регионарного кровоснабжения при травмах и реконструктивных операциях в ЧЛО.

Кровоснабжение тканей ЧЛО осуществляется из бассейна наружной сонной артерии через её ветви: язычную, лицевую, поверхностную височную, верхнечелюстную. Кроме того, в кровоснабжении лица принимает участие глазничная и надблоковая ветви внутренней сонной артерии. Сосуды лица, разветвляясь на всё более мелкие сосуды, образуют обильную сеть с хорошо развитыми анастомоза-



## Описание метода

Исследование кровотока в сосудах, кровоснабжающих жевательные мышцы, проводят в поверхностной височной и жевательной артериях с помощью датчика 20 МГц. В отличие от датчика с рабочей частотой 10 МГц он имеет меньший рабочий диаметр ультразвуковой головки – 1,5 мм, что сопоставимо с диаметром исследуемых сосудов (до 2 мм) и в отличие от датчика 25 МГц даёт меньшее количество помех от колебания стенок самих артерий. Таким образом, этот датчик позволяет наиболее адекватно проводить исследование кровотока в сосудах ЧЛЮ.

Поступающий на приёмный элемент датчика сигнал, отражённый от потока эритроцитов в крови, усиливается, фильтруется и поступает в компьютерную часть доплерографа, где обрабатывается по специальной программе и выдаётся на монитор компьютера в виде доплерограмм (пульсограмм) с цветным спектром, по которым можно визуально определить скорость кровотока. Чем выше скорость продвижения эритроцитов в потоке крови в исследуемой артерии, тем дальше от изолинии на мониторе будет находиться точка на пульсовой кривой (рис.1). Это соответствует тёмной части спектра, которая находится в верхней части пульсограммы.

В связи с тем, что эритроциты с наибольшей скоростью движутся в центре потока крови в сосуде, а с наименьшей – в пристеночных участках сосуда, верхняя часть спектра пульсограммы характеризует движение эритроцитов вдоль оси потока (в центре сосу-

да), а нижняя часть спектра пульсограммы, идущая вдоль изолинии, характеризует скорость эритроцитов, движущихся в пристеночных участках.

Скорость потока крови в сосуде является величиной не постоянной и зависит от фазы сердечного цикла (систола, диастола), в связи с чем и регистрируется пульсовая кривая (подъём и спад). В результате автоматической обработки пульсовых кривых (доплерограмм) на мониторе регистрируются цифровые значения линейных и объёмных скоростей кровотока в исследуемом сосуде.

Для оценки кровотока в поверхностной височной артерии и жевательной ветви лицевой артерии используются следующие показатели (рис.2):

### Линейные скорости кровотока (см/с):

$V_s$  – максимальная систолическая скорость, определяемая по наивысшему контуру пульсовой кривой;

$V_{as}$  – максимальная систолическая скорость, определяемая по среднему контуру пульсовой кривой;

### Объёмные скорости кровотока (мл/с):

$Q_s$  – максимальная объёмная скорость, определяемая по максимальной систолической скорости –  $V_s$  и диаметру исследуемой артерии;

$Q_{as}$  – максимальная объёмная скорость, определяемая по максимальной систолической скорости –  $V_{as}$  и диаметру исследуемой артерии.

ми, чем обеспечиваются оптимальные условия тканевого питания.

Метод ультразвуковой доплерографии основан на физическом эффекте, носящем имя Допплера. Кристиан Андреас Допплер (1803 – 1853) – австрийский физик и астроном, имя которого стало нарицательным в обозначении неинвазивного диагностического метода с использованием ультразвука. Эффект Допплера был открыт в 1842 г. Он заключается в том, что изменение частоты отражённого от движущегося объекта сигнала происходит на величину, пропорциональную скорости движения этого объекта. В кровотоке таким объектом является эритроцит.

При ультразвуковой доплерографии регистрация сигнала, отражённого от движущихся в потоке крови эритроцитов, позволяет диагностировать, прежде всего, наличие самого кровотока в зоне исследования (локации). Изменения доплеровского сигнала свидетельствует о нарушениях в регионарной гемодинамике. Метод ультразвукового исследования регионарного кровообращения является объективным, так как позволяет получать количественные характеристики регионарного кровотока: объёмную и линейную скорости.

Методика ультразвуковой доплерографии имеет ряд существенных для врачей преимуществ: 1) звуковой и визуальный контроль установки датчика в точке локации; 2) возможность определения по форме пульсовой кривой типа сосуда – артериальный или венозный.

## **Показания и противопоказания к применению метода**

Применение метода ультразвуковой доплерографии показано:

- при диагностике состояния гемодинамики в различных участках ЧЛО;
- при выборе метода и оценке эффективности реконструктивных и пластических операций;
- при оценке способов стимулирования регионарного кровоснабжения;
- при исследованиях регионарного кровотока в жевательных мышцах с целью оценки степени нарушений жевательной функции;
- при оценке эффективности способов гнатотренинга.

Противопоказаниями к применению метода являются онкологические заболевания и наличие у пациента «водителя ритма» сердца.

## **Материально-техническое обеспечение метода**

Допплерограф ультразвуковой компьютеризированный «ММ-Д-К» (ООО «СП МИНИМАКС», Санкт-Петербург), номер гос. регистрации 29/03061297/0052-00 от 06.03.2000 г.

Для оценки функционального состояния исследуемых артерий используются следующие индексы:

**RI** – индекс периферического сопротивления (Пурсело) – отражает состояние сопротивления потоку крови дистальнее места его измерения;

**PI** – индекс эластичности сосудов или индекс пульсации (Гослинга) – отражает упруго-эластические свойства артерий.

Анализ пульсовой кривой включает качественную (визуальную и звуковую) и количественную оценки.

Качественная характеристика кривой доплерограммы зависит от калибра и типа сосуда (артериальный или венозный). При регистрации потока крови в артерии звуковой сигнал аналогичен сердечному аускультативному шуму, визуально на мониторе – остропиковые пульсограммы (рис.1). При регистрации потока крови в вене визуально пульсограмма имеет сглаженный контур, а звуковой сигнал напоминает шум «морской волны». Если это возникает при исследовании артериальных сосудов, то необходимо сместить датчик до появления остропиковых пульсаций (рис.1, 2).

Количественная оценка включает измерение скоростных (линейных и объёмных) показателей регионарного кровотока.

Височная артерия, как более крупный по калибру сосуд по сравнению с жевательной артерией, даёт визуально остропиковую форму пульсовой кривой, как

показано на рис. 1 и 2. Это свидетельствует о большой максимальной систолической скорости потока крови. Жевательная артерия визуально имеет менее острую вершину пульсовой кривой, звуковой сигнал – такой же, как при исследовании височной артерии.

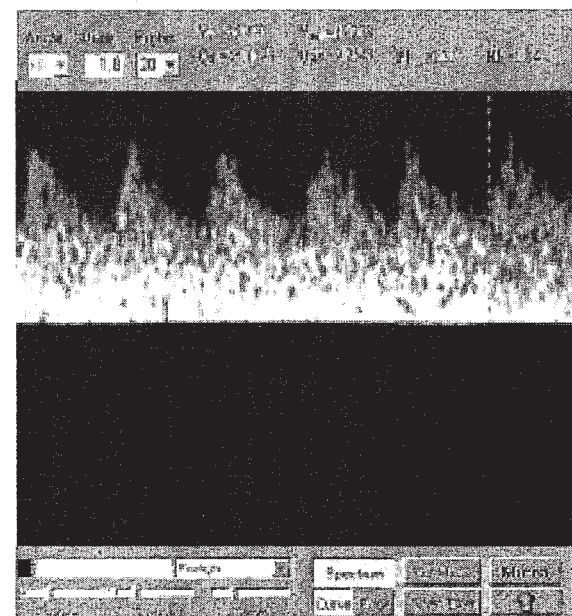


Рис. 1

Для получения наиболее достоверных результатов оценки линейной и объёмной скоростей регионарного кровотока при исследовании указанных сосудов

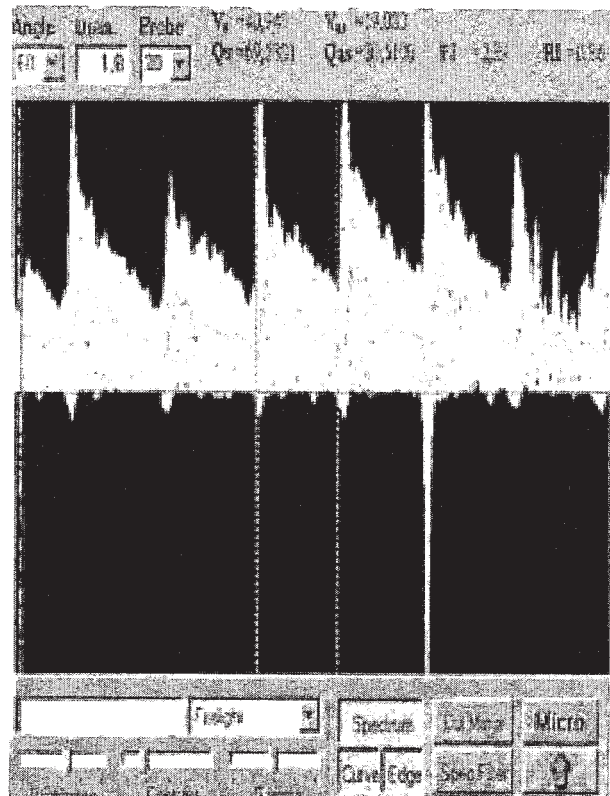


Рис. 2

необходимо ориентироваться на максимальный звуковой сигнал, полученный в точке локации.

Максимальный по звуку и амплитуде (на мониторе) сигнал регистрируется при установке датчика под углом не более 60° к направлению потока крови в исследуемом сосуде. Этот угол наклона датчика сохраняется на протяжении всего исследования регионарного кровотока. При этом ориентация локации датчика должна быть непосредственно над исследуемым сосудом.

### Методика исследования

Допплерографическое исследование сосудов, кровоснабжающих жевательные мышцы (и других сосудов ЧЛО), с помощью доплерографа «ММ-Д-К», проводят последовательно появляющимся на мониторе командам:

- 1) ввод данных о пациенте;
- 2) выбор области исследования (голова, ЧЛО);
- 3) ввод данных о рабочей частоте используемого датчика (10 МГц);
- 4) ввод диаметра исследуемого сосуда (для поверхностной височной артерии – 1,8 мм, для жевательной артерии – 1,5 мм).

При выборе точек исследования (локации) височной артерии (слева и справа) следует ориентироваться по козелку уха, пальпаторно определив по его верхнему краю и впереди от него пульсацию в нижнечелюстной ямке височной кости.

При исследовании жевательной артерии слева или справа точку локации находят со стороны полости рта в щёчной области, ориентируясь на 36 или 46 зубы по проекции их окклюзионных поверхностей на слизистую оболочку щеки.

При исследовании регионарного кровотока, услышав звуковой сигнал пульсации кровотока в исследуемом сосуде, необходимо:

- 1 – с помощью «мыши» включить на мониторе кнопку **Edge**; при этом должны чётко обозначиться на



экране контуры пульсовой кривой – максимальный и средний (рис. 2);

2 – установить датчик наиболее точно в точке проекции исследуемого сосуда, о чём будет свидетельствовать совпадение звукового сигнала пульсации с двумя контурами пульсограмм (максимальным и средним);

3 – визуально оценить на мониторе соответствие максимального и среднего контуров доплерограммы;

4 – выделить визирами фрагмент доплерограммы, по которому будет автоматически проведён расчёт;

5 – распечатать полученные результаты расчёта скоростей и индексов.

### Эффективность использования метода

Для оценки эффективности метода исследование кровоснабжения жевательных мышц проводили у 20 добровольцев (от 16 до 26 лет). Испытуемые были разделены на две группы в зависимости от режима использования ими жевательной резинки: по 30 или по 10 мин, 3 раза в день в течение месяца. Исследовали функциональное состояние и скоростные характеристики кровотока в поверхностной височной и жевательной артериях, а также определяли величину функциональной и реактивной гиперемии в жевательных мышцах.

В таблице приведены средние значения и пределы колебаний значения индексов эластичности и периферического сопротивления и величин линейных и объёмных скоростей кровотока в артериях, кровоснабжающих жевательные мыш-

цы у лиц молодого возраста (значения показателей до жевания резинки). Высокие значения индекса PI свидетельствовали о хороших эластических свойствах стенок исследуемых сосудов и нормальном их тоническом напряжении. Сравнение значений скоростных показателей позволяет заключить, что скорость кровотока в поверхностной височной артерии существенно больше, чем в жевательной артерии. Это связано с тем, что височная мышца, помимо вертикально и сагиттально направленных движений нижней челюсти, обеспечивает её боковые движения. Функциональные особенности исследованных сосудов необходимо учитывать при реконструктивных операциях в ЧЛО у пациентов с дефектами и деформациями челюстей.

Для оценки функциональной гиперемии в жевательных мышцах использовали функциональную пробу – жевание резинки на правой стороне в течение 1 мин.

Таблица

*Средняя арифметическая величина и доверительные интервалы значений показателей функционального состояния сосудов, кровоснабжающих жевательные мышцы, до и после жевания резинки на правой стороне в течение 1 мин.*

Поверхностная височная артерия (правая)	PI	RI	Vas	Vs	Qas	Qs
До жевания резинки	2,34 (1,47-3,18)	0,92 (0,72-0,99)	12,01 (6,55-19,47)	36,38 (23,70-43,07)	21,55 (8,70-36,69)	66,61 (42,73-81,18)
После жевания	1,99 (1,45-2,51)	0,87 (0,72-0,98)	20,44 (11,37-35,83)	47,05 (39,62-58,92)	35,14 (25,25-54,71)	79,32 (71,54-89,95)

Продолжение табл.

Жевательная артерия (правая)	PI	RI	Vas	Vs	Qas	Qs
До жевания резинки	2,06 (1,87-2,28)	0,80 (0,75-0,86)	8,55 (7,17-11,54)	33,94 (29,11-38,76)	8,95 (8,04-10,05)	33,89 (27,58-44,57)
После жевания	1,94 (1,60-2,25)	0,75 (0,67-0,81)	15,56 (12,92-18,78)	46,31 (35,49-65,12)	16,04 (13,32-19,91)	51,50 (40,19-69,04)

В таблице приведены результаты измерений регионарного кровотока после функциональной пробы. Отмечалось увеличение значений максимальных скоростей по среднему контуру пульсовой кривой (Vas и Qas) в среднем в 1,8 раза в обоих сосудах. При этом максимальные скорости, определённые по наивысшему контуру пульсограммы (Vs и Qs) увеличивались в 1,3 раза в поверхностной височной артерии и в 1,5 раза – в жевательной артерии. Снижение значения индекса эластичности сосудов (PI) происходило в среднем на 0,24, а индекса периферического сопротивления RI – на 0,05.

На основании полученных результатов установлено, что в ответ на жевание резинки в сосудах, кровоснабжающих жевательные мышцы, развивается функциональная гиперемия, по величине которой можно выявлять резервные возможности регионарного кровотока при планировании реконструктивных операций в ЧЛО и оценивать степень нарушения жевательной функции.

При исследовании реактивности сосудов после использования добровольцами резинки в течение месяца по 30 мин 3 раза в день наблюдали резкое уменьшение амплитуды доп-

плерограмм и аускультативного шума при локации жевательной артерии. Это означало, что интенсивное сокращение мышечных волокон в собственно жевательной мышце приводило к сдавлению в ней сосудов. Через 5 мин после жевательной пробы значения линейных и объёмных скоростей кровотока существенно возрастали, а звуковой сигнал становился резко аускультативным. Всё это характеризовало развитие реактивной гиперемии в жевательной мышце после окклюзии её сосудов во время интенсивного сокращения мышечных волокон.

Исследование регионарного кровотока проводили до и после использования добровольцами жевательной резинки в режиме 30 мин, 3 раза в день после еды, в течение месяца. Было установлено увеличение в 2–3 раз линейных и объёмных скоростей в сосудах, кровоснабжающих жевательные мышцы, что позволило рекомендовать этот режим использования жевательной резинки для гнатотренинга при гипофункции жевательной системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Джонсон П.* Периферическое кровообращение. – М., 1982. – 440 с.

2. *Козлов В.А., Артюшенко Н.К., Шалак О.В., Васильев А.В., Гирина М.Б., Гирин И.И., Морозова Е.А., Монастыренко А.А.* Ультразвуковая доплерография в оценке состояния гемодинамики в тканях шеи, лица и полости рта в норме и при некоторых патологических состояниях (Руководство-атлас). – С.Пб., 2000. – 31 с.

3. *Логонова Н.К.* Жевание. Пособие для врачей.– М., 1996. – 30 с.

4. *Шостак В.И.* Регионарное кровообращение (Лекция для слушателей факультетов подготовки врачей).– Ленинград, 1985. – 40 с.

# РЕГИОНАРНОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ И МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ

ISSN 1682-6655



ОБЗОРЫ И ЛЕКЦИИ

РЕГИОНАРНОЕ  
КРОВООБРАЩЕНИЕ

МИКРОЦИРКУЛЯЦИЯ

НОВЫЕ МЕТОДЫ  
ДИАГНОСТИКИ

МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ  
СОСУДИСТЫХ  
ЗАБОЛЕВАНИЙ

СЛУЧАИ ИЗ ПРАКТИКИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ

15371 – индекс в каталоге «Роспечать»

42410 – индекс в каталоге «Пресса России»