

Функциональные исследования внешнего дыхания

Часть 2 – Бодиплетизмография. Исследование диффузионной способности легких

Кирюхина Лариса Дмитриевна,
к.м.н., руководитель направления клиническая
физиология, заведующая отделением
функциональной диагностики
СПб НИИ фтизиопульмонологии

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



СОДЕРЖАНИЕ

- Бодиплетизмография, принцип измерения
- Показания к бодиплетизмографии
- Противопоказания
- Условия проведения
- Методика исследования
- Основные показатели, оцениваемые при проведении бодиплетизмографии
- Оценка результатов бодиплетизмографии
- Интерпретация результатов бодиплетизмографии
- Исследование диффузионной способности легких
- Показания к проведению исследования диффузионной способности легких
- Противопоказания к проведению исследования диффузионной способности легких
- Условия проведения исследования диффузионной способности легких
- Методы исследования диффузионной способности легких
- Основные показатели
- Оценка результатов
- Заключение
- Рекомендуемая литература



БОДИПЛЕТИЗМОГРАФИЯ, ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ

Одним из методов исследования вентиляционной функции легких является бодиплетизмография (БПГ) или общая плетизмография тела. Бодиплетизмографическое определение объемов легких, основанное на принципе взаимосвязи между давлением и объемом фиксированного количества газа при постоянной температуре, впервые было проведено в XIX веке (Gad, 1881; Pfluger, 1882). Современная методика, основанная на том же принципе, была разработана A.V.Dubois и соавторами в 1956 г.

Методом общей плетизмографии измеряют сопротивление дыхательных путей (R_{aw}), являющееся прямой объективной характеристикой их просвета и статические легочные объемы, которые нельзя определить с помощью спирометрии.





**Измерение бронхиального
сопротивления (R_{aw})**

Общая плетизмография

**Измерение общей емкости легких (ОЕЛ)
и ее структуры**



Метод БПГ основан на законе Бойля-Мариотта, который гласит, что объем определенного количества газа при постоянной температуре изменяется обратно пропорционально давлению. Таким образом, произведение давления газа на его объем при постоянной температуре есть величина постоянная:

$$P \times V = \text{const}$$

Измерения проводятся при дыхании испытуемым через пневмотахографическую трубку в герметизированной кабине бодиплетизмографа после выравнивания давления внутри кабины с окружающим (атмосферным). Непосредственно измеряются поток воздуха ($V\dot{\phi}$), ротовое давление (P_m) и давление в камере (P_{box}).



Измерение бронхиального сопротивления (R_{aw} – resistance of airways)

R_{aw} измеряют при спокойном дыхании.

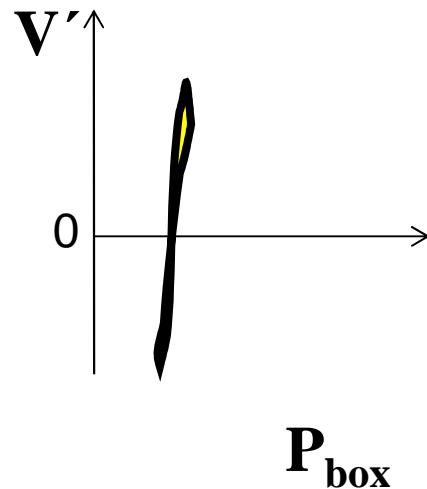
R_{aw} определяется как отношение альвеолярного давления (P_A) к объемной скорости движения (потoku) воздуха у рта:

$$R_{aw} = P_A / V\dot{\phi}$$

При дыхании в герметичной кабине возникающие в ней колебания давления P_{box} пропорциональны P_A . При вдохе объем легких увеличивается, P_A уменьшается, а так как количество воздуха в кабине постоянно, происходит его компрессия и P_{box} растет. При этом на экране дисплея в координатах $V\dot{\phi}$ - P_{box} регистрируются "петли" бронхиального сопротивления, наклон которых к оси давления характеризует величину R_{aw} .



«Петля» бронхиального сопротивления R_{aw}



Одновременно регистрируется
пневмотахограмма и колебания R_{box} .
Запись имеет вид петли, наклоненной к
оси давления, угол наклона которой
характеризует величину R_{aw}



Измерение внутригрудного объема (ВГО)

Измерение P_m и P_{box} при перекрытой дыхательной трубке позволяет определить также внутригрудной объем воздуха, так как образуются два замкнутых объема - объем воздуха в легких (незначительным объемом газа в желудочно-кишечном тракте пренебрегают и оставшийся объем камеры. По закону Бойля-Мариотта произведение давления на объем при постоянной температуре величина постоянная. Регистрируя колебаний P_m и P_{box} , а также зная объем камеры, прибор автоматически рассчитывает объем воздуха, находящийся в легких на уровне спокойного выдоха - ВГО.



ПОКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ БОДИПЛЕТИЗМОГРАФИИ

1. Определение варианта нарушений механики дыхания (обструктивный, рестриктивный, смешанный).
2. Определение уровня и характера обструкции.
3. Определение наличия и степени гиперинфляции.
4. Оценка прогноза заболевания.
5. Предоперационная оценка при проведении оперативных вмешательств на легких.
6. Мониторинг течения заболевания и эффективности терапии.



ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ

- Ø Отсутствие контакта с пациентом (*нежелание сотрудничества, дети младшего возраста, умственно неполноценные лица, наличие языкового барьера, и др.*).
- Ø Заболевания, при которых невозможно или противопоказано выполнение дыхательных маневров с максимальной амплитудой (*переломы ребер, межреберная невралгия, миастения, центральные и периферические параличи с поражением дыхательных мышц, тяжелая легочно-сердечная недостаточность, послеоперационный период и т.п.*).
- Ø Травмы и заболевания челюстно-лицевого аппарата
- Ø Острые респираторные заболевания (относительное).
- Ø Клаустрофобия
- Ø Наличие приборов, устройств или физическое состояние пациента, при котором невозможно герметичное закрытие кабины (например, при непрерывном введении лекарств)
- Ø Постоянная кислородотерапия (во время исследования пациент не должен дышать через канюли или маску).



УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ БОДИПЛЕТИЗМОГРАФИИ

❑ *Отмена бронхолитической терапии:*

*b₂-агонистов короткого действия –
накануне или за 6 –8 часов до
исследования;*

*b₂-агонистов пролонгированного действия –
за 12 часов до исследования;*

*пролонгированных теофиллинов –
за 24 часа до исследования*

***В случае несоблюдения этого в протоколе должны быть
указаны препараты и время их последнего приема***

❑ Исследование проводится до или не менее чем через 7 дней после **бронхоскопии** (исключение – необходимость обследования непосредственно перед операцией на легких).

❑ Пациенту рекомендуется воздержаться от обильной еды не менее, чем за 2 часа до исследования, крепкого чая, кофе.

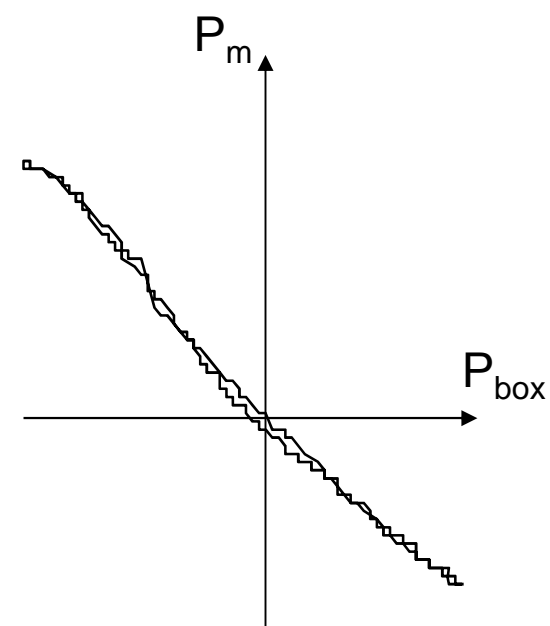


МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Пациента усаживают в специальную кабину с постоянным объемом воздуха и герметично закрывают.
2. Пациенту предлагают закрыть нос зажимом, плотно обхватить губами и зубами загубник и спокойно дышать через загубник. На измерения оказывают влияние дряблость щек, губ, полости рта, в связи с чем пациент обязательно должен плотно придерживать руками щеки и подбородок. Вялость губ может быть вызвана удалением зубных протезов, поэтому не рекомендуется снимать их перед исследованием.
3. Во время исследования с помощью пневмотахографа регистрируется вдыхаемый и выдыхаемый пациентом поток воздуха. С помощью сенсора давления фиксируется изменение давления воздуха в камере (P_{box}), так как движение грудной клетки во время дыхания вызывает в камере колебания давления. Кроме того, измеряется давление в ротовой полости (P_m).

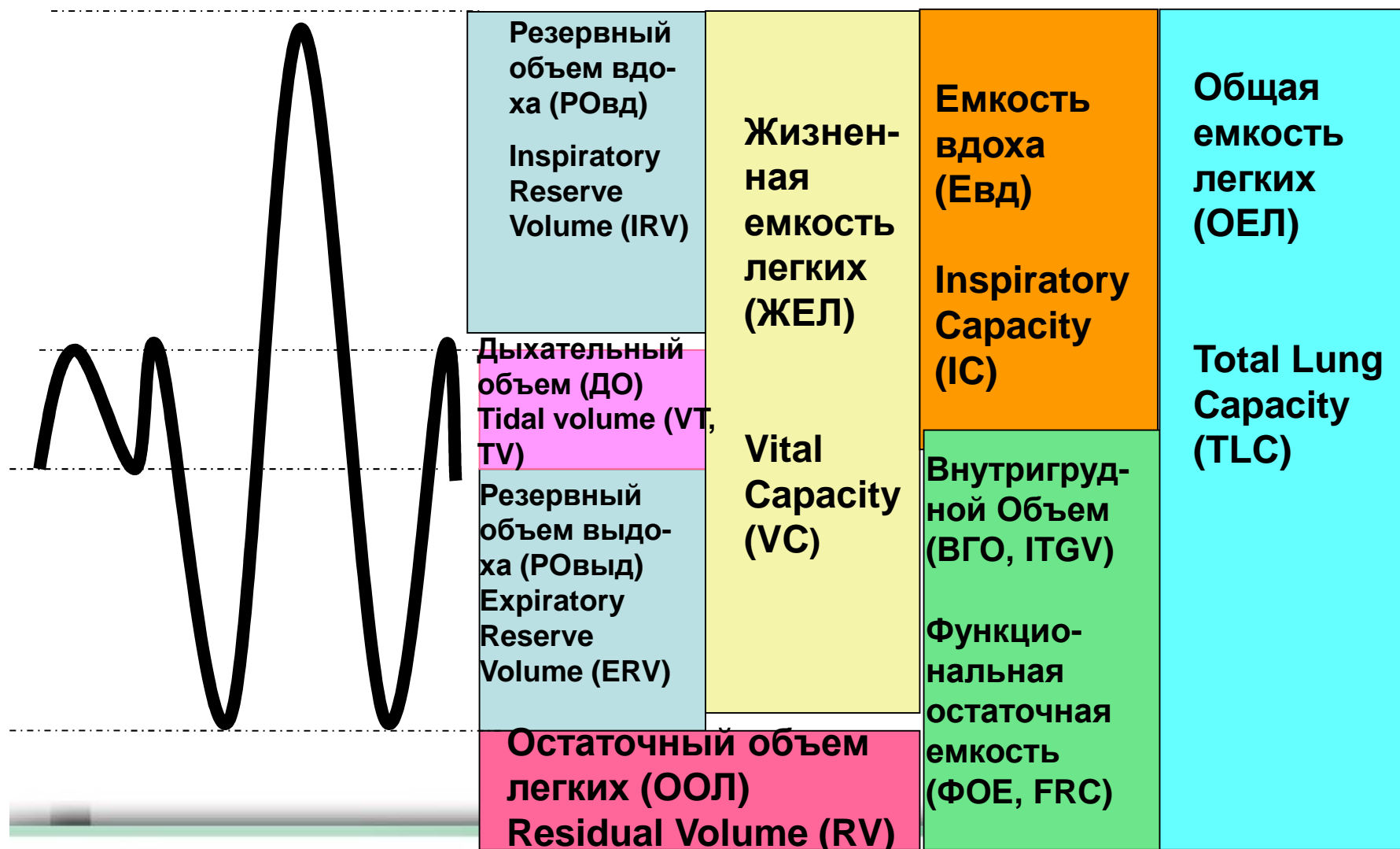


4. В конце одного из выдохов, на уровне спокойного выдоха, дыхание пациента кратковременно прерывается путем закрытия дыхательной трубки специальным клапаном. При закрытой дыхательной трубке пациент “дышит” поверхностно и часто (приблизительно 60 дыханий в 1 мин). При этом воздух, содержащийся в легких пациента, на выдохе сжимается, а на вдохе разрежается. В это время производятся измерения P_m (эквивалент альвеолярного давления P_A) и P_{box} (колебания P_{box} являются отображением изменения ВГО). Во время перекрытия потока в координатах (P_m , P_{box}) регистрируется кривая давления перекрытия.



ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ОЦЕНИВАЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БОДИПЛЕТИЗМОГРАФИИ

Схема структуры общей емкости легких



Параметры БПГ, которые получают путем измерения:

- Внутригрудной объем легких -ВГО,
- Жизненная емкость легких -ЖЕЛ,
- Резервный объем выдоха - РОвыд,
- Емкость вдоха - Евд,
- Бронхиальное сопротивление общее – R_{aw} или R_{tot} ,
- Бронхиальное сопротивление вдоха – R_{in} ,
- Бронхиальное сопротивление выдоха - R_{ex} .

Параметры БПГ, которые получают путем вычисления:

- общая емкость легких - ОЕЛ
$$ОЕЛ = ВГО_{ср} + Евд_{макс};$$
- остаточный объем легких - ООЛ
$$ООЛ = ОЕЛ - ЖЕЛ_{макс};$$
- $ООЛ/ОЕЛ$.



ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ БОДИПЛЕТИЗМОГРАФИИ

Для выявления нарушений и оценки их выраженности полученные данные сопоставляют с должными величинами, полученными для популяции здоровых лиц. Должные определяются полом, возрастом и ростом обследованного. В настоящее время общепринятой является система должных величин Европейского общества угля и стали (European Community for Steel and Coal, 1993).

Целесообразно оценивать попадание фактических значений ВГО, ОЕЛ, ООЛ, ЖЕЛ (полученных при исследовании) в диапазон значений нижняя граница нормы (НГН) – верхняя граница нормы (ВГН):

$\text{НГН} = \text{должное значение} - 1,645 \times \sigma,$

$\text{ВГН} = \text{должное значение} + 1,645 \times \sigma,$

где σ – стандартное отклонение от среднего.



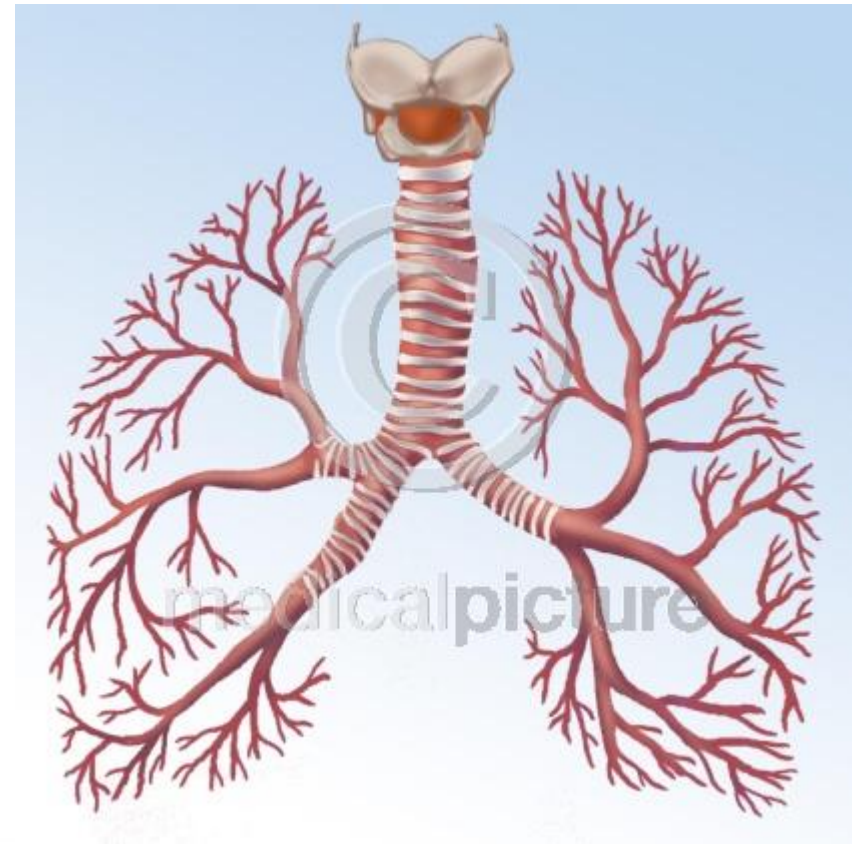
Вариант градаций отклонения от нормы

Показатели	Единицы измерения	Границы нормы	Условная норма	ИЗМЕНЕНИЯ		
				умеренные	значительные	резкие
ОЕЛ	% долж.	< 115 >85	116 -125 85-81	126 -135 80-71	136 -145 70-60	> 145 <60
ООЛ	% долж.	< 130 >85	>130<140 <85≥80	141 -190 <80≥70	191 -230 <70≥50	> 230 <50
ООЛ/ОЕЛ	% долж.	≥ 130	>130<140	141-170	171-210	>210
ВГО	% долж.	< 130 >85	>130<140 <85≥80	141 -190 <80≥70	191 -230 <70≥50	> 230 <50
R _{aw}	кПа/л/с	< 0,30	>0,30≤0,40	>0,41≤0,60	>0,60≤0,80	> 0,80

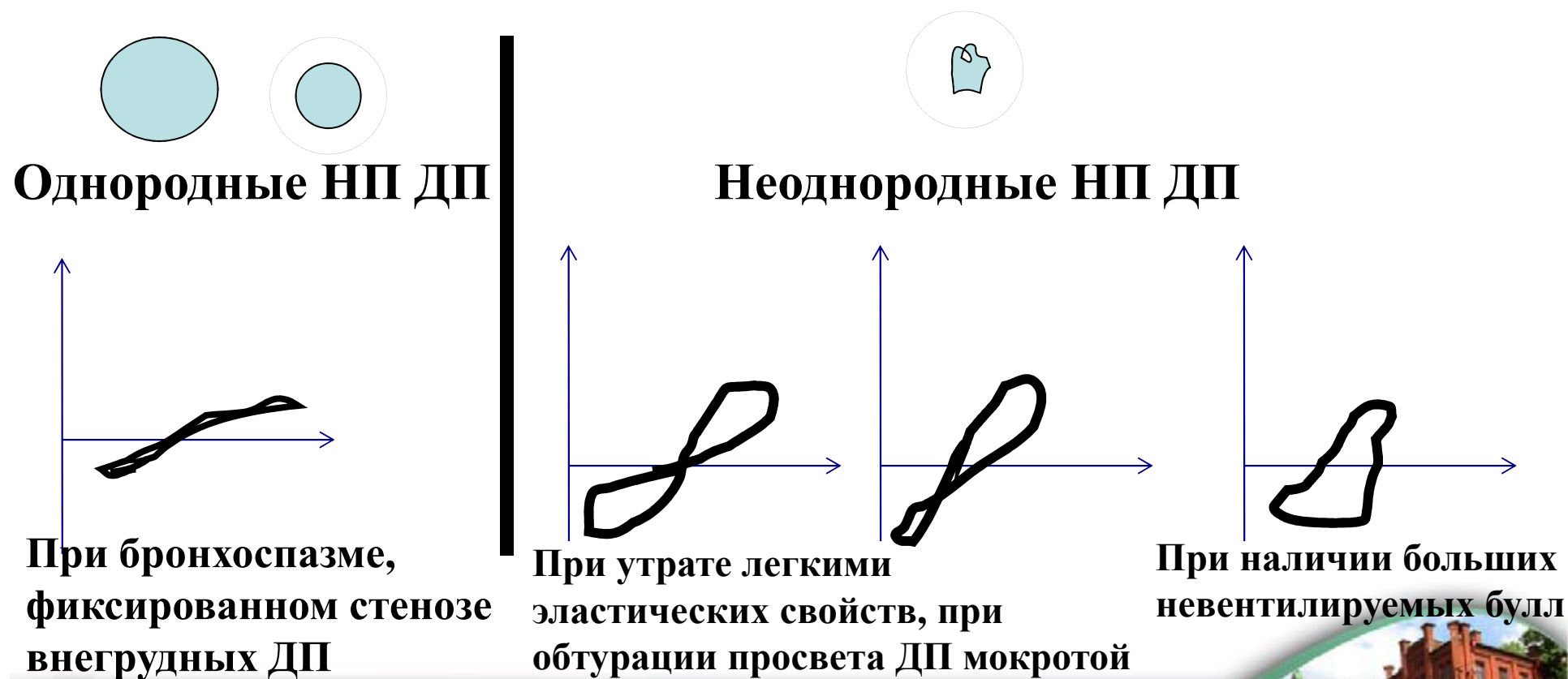


ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ БОДИПЛЕТИЗМОГРАФИИ

R_{aw} зависит от количества, длины и площади поперечного сечения трубок, проводящих воздух в легкие. При прочих равных условиях трубки с меньшим внутренним диаметром создают большее сопротивление потоку воздуха.



Качественная характеристика изменений проходимости дыхательных путей на основе формы петель R_{aw}



Строение легкого, модель «Дыхательной трубки» по Weibel

Weibel, Morphometry of the Human Lung, Springer 1963

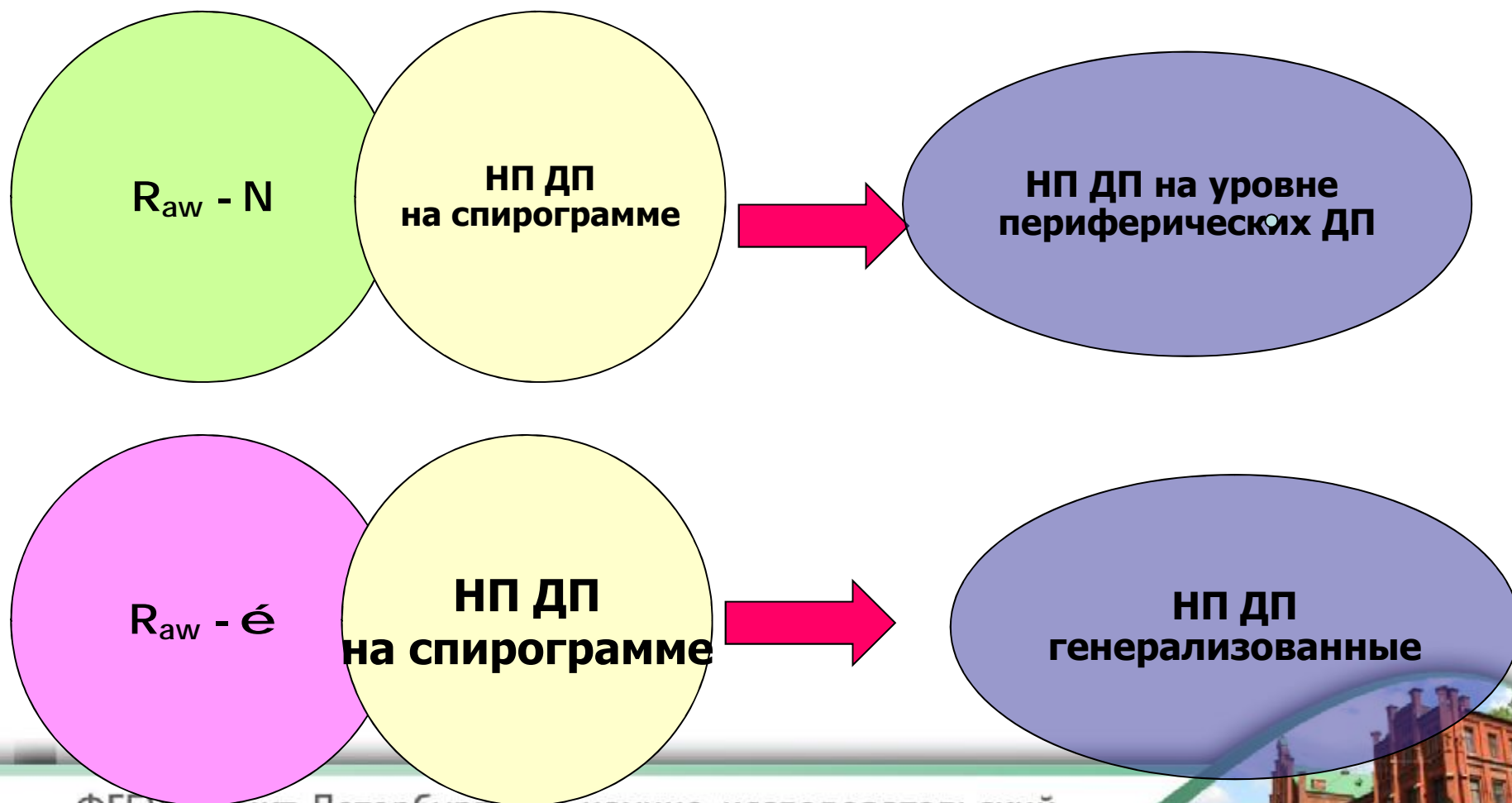
	Генера- ция	Площадь [см ²]	Сопротивление [kPa/(L/s)]
Гортань			0.05
Трахея		2.5	
Бронхи			0.05
	8-10	2.0	
Бронхиолы	17	5.0	
		1.8×10^2	0.02
Альвеолярные ходы		9.4×10^2	
Альвеолы	24	5.8×10^3	
		5.6×10^7	

Централь-
ные отделы
(> 80%)

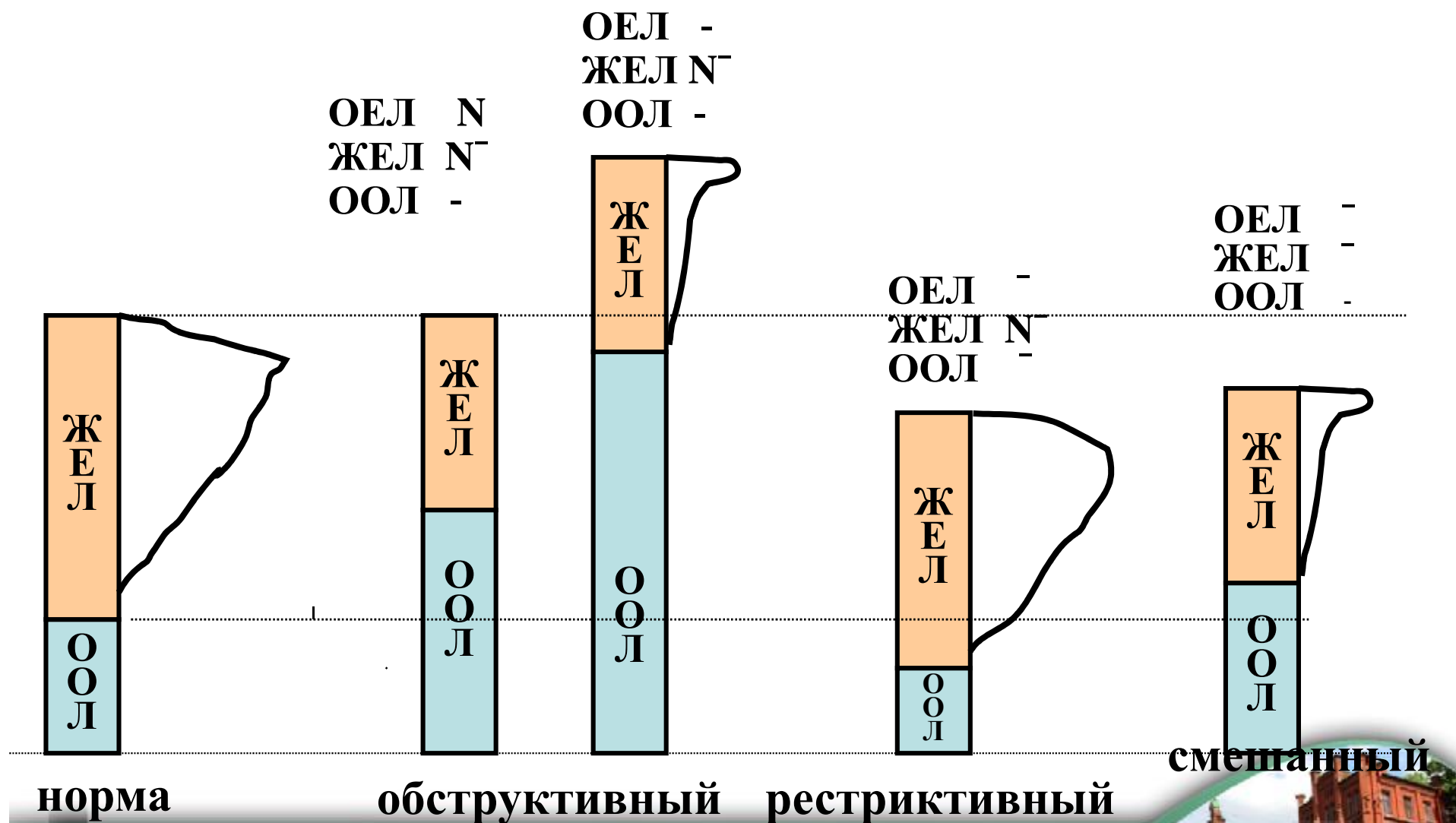
периферичес-
кие отделы
(< 20%)



Диагностика уровня нарушений проходимости дыхательных путей (НП ДП)



Варианты перестройки ОЕЛ



Комплексное исследование ФВД

Спирометрия

Диагностика нарушений проходимости ДП и оценка их выраженности

Измерение ЖЕЛ
Предположение о наличии рестрикции

Бодиплетизмография

Диагностика вариантов нарушений Вентиляции (обструктивный, рестриктивный, смешанный)

Уточнение характера обструкции

Диффузионтест



ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕГКИХ (ДСЛ)

Одним из способов оценки легочного газообмена является исследование ДСЛ. Процесс проникновения газов через альвеолярно-капиллярную мембрану из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией называется диффузией.

В настоящее время общепризнанно, что газообмен - обмен кислорода и углекислого газа в легких между воздухом и кровью- происходит пассивно за счет разницы между парциальным давлением газов в альвеолярном воздухе и их напряжением в крови.

Обмен газов осуществляется в организме непрерывно, нарушение этого процесса приводит к развитию гипоксии. Поэтому изучение условий диффузии и механизмов ее нарушения должно дополнять оценку вентиляционной способности легких.



Диффузия газов протекает по закону Фика, который можно выразить формулой:

$$V_{\text{г}} / t \sim S \times D \times (P_1 - P_2) / d,$$

где: $V_{\text{г}} / t$ – скорость диффузии,

$V_{\text{г}}$ – количество диффундирующего газа,

t – время,

S – площадь диффузии,

D – константа диффузии,

$P_1 - P_2$ – разница парциальных давлений по обе стороны диффузионного барьера,

d – расстояние между точками диффузии.

Согласно уравнению, скорость диффузии прямо пропорциональна площади диффузии, константе диффузии, разнице между парциальным давлением газа в альвеолах и его напряжением в крови легочных капилляров и обратно пропорционально толщине слоя, который требуется преодолеть молекулам газа.

Константа диффузии отражает особенности диффундирующего газа:

$$D \sim a / \sqrt{MM},$$

где: a – растворимость газа,

MM – молекулярная масса газа.



Для оценки условий диффузии газов в легких принято использовать величину, названную **диффузионной способностью легких (ДСЛ)** (diffusing capacity of the lung, DL).

Она определяется количеством миллилитров газа, проходящим через альвеолярно-капиллярную мембрану в 1 мин при разнице парциальных давлений газа по обе стороны мембраны в 1 мм рт. ст. (мл·мин⁻¹·мм рт. ст.⁻¹ или ммоль·мин⁻¹·кПа⁻¹ в единицах измерения в системе СИ).

За рубежом чаще используют термин трансфер-фактор или фактор переноса (transfer factor, TL), так как перемещение кислорода лимитирует не только процесс диффузии.



ПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФФУЗИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕГКИХ

- подозрение на интерстициальные заболевания легких, легочные васкулиты, облитерацию легочных сосудов вследствие хронической тромбэмболической болезни легких или других причин;
- дифференциальная диагностика заболеваний легких;
- оценка состояния легочного газообмена при различных хронических заболеваниях органов дыхания;
- динамическое наблюдение эффективности терапии;
- мониторинг токсичности химиотерапии;
- предоперационная оценка при хирургическом лечении рака легких, эмфиземы;
- экспертиза трудоспособности.



ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФФУЗИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕГКИХ

- Ø Отсутствие контакта с пациентом (*нежелание сотрудничества, дети младшего возраста, умственно неполноценные лица, наличие языкового барьера, и др.*).
- Ø Заболевания, при которых невозможно или противопоказано выполнение маневра форсированного выдоха (*переломы ребер, межреберная невралгия, миастения, центральные и периферические параличи с поражением дыхательных мышц, тяжелая легочно-сердечная недостаточность, послеоперационный период и т.п.*).
- Ø Травмы и заболевания челюстно-лицевого аппарата.
- Ø Острые респираторные заболевания (относительное). В случае инфекции верхних дыхательных путей исследование рекомендуется проводить не ранее, чем через 15 дней после исчезновения симптомов, при поражении нижних дыхательных путей – через 30 дней.
- Ø Снижение жизненной емкости легких менее 1,3-1,5 л (при проведении методики с одиночным вдохом).



УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФФУЗИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕГКИХ

- пациенту рекомендуется воздержаться от обильной еды не менее, чем за 2 часа до исследования;
- от курения не менее, чем за 2 часа до исследования, так как угарный газ, находящийся в табачном дыме, образует соединение с гемоглобином – карбоксигемоглобин, что приведет к занижению реальной величины ДЛ;
- от приема алкоголя за 4 часа до исследования;
- от тяжелой физической нагрузки не менее 1 часа перед тестированием;
- у пациентов, получающих кислородотерапию, она должна быть отменена не менее, чем за 15 мин до исследования и во время его проведения.



МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИФфуЗИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕГКИХ

Определение диффузионной способности по кислороду из-за значительной сложности методики в клинической практике не применяется. Для оценки ДЛ лучше всего подходит окись углерода (СО). Окись углерода является единственным газом, обмен которого протекает по тем же законам, что и обмен кислорода, но СО обладает в 220 раз большим сродством к гемоглобину, чем O₂.

Благодаря высокому сродству к гемоглобину молекулы окиси углерода, попадая в кровь, мгновенно связываются и напряжение СО в плазме крови остается равным нулю (при условии, что концентрация СО во вдыхаемом воздухе невелика и время контакта непродолжительно). По мере продвижения эритроцита по легочному капилляру напряжение СО в крови не возрастает и молекулы СО продолжают с большой скоростью пересекать альвеолярную стенку.

Таким образом, перенос СО ограничен не скоростью кровотока, а свойствами диффузионного барьера. Поэтому оценка диффузионной способности легких по угарному газу (ДЛСО, синоним TLCO, DLCO) широко используется в лабораториях, исследующих функциональные возможности легких. Малая концентрация и кратковременность экспозиции исключают его токсическое влияние на обследуемого.



Существует несколько методов исследования ДСЛ с применением окиси углерода:

- определение ДСЛ при одиночном вдохе и выдохе с задержкой дыхания – single-breath method ($\text{ДЛСО}_{\text{зд}}$, TLCO_{SB} , DLCO_{SB});
- определение ДЛ в устойчивом состоянии дыхания – steady-state method (ДЛСО_{yc} , TLCO_{ss} , DLCO_{ss});
- определение ДЛ при возвратном дыхании – rebreathing ($\text{ДЛСО}_{\text{вд}}$, TLCO_{RB} , DLCO_{RB}).

Наиболее широко распространена методика исследования ДСЛ методом одиночного вдоха с задержкой дыхания. При исследовании $\text{ДЛСО}_{\text{зд}}$ пациент вдыхает тестовую газовую смесь, содержащую 0,2-0,3% CO, 8-10% инертного газа (чаще гелия), остальное – искусственный воздух.



Методика исследования ДСЛ методом одиночного вдоха с задержкой дыхания

Последовательность дыхательных маневров:

- исследование проводится при вертикальном положении грудной клетки, в положении сидя, пациенту перекрывают нос специальным зажимом и предлагают дышать через мундштук, подсоединенный к прибору;
- после нескольких спокойных дыхательных циклов комнатным воздухом пациента просят медленно выдохнуть до уровня остаточного объема легких;
- затем по команде оператора пациент должен быстро полностью вдохнуть до уровня общей емкости легких, с началом вдоха автоматически открывается клапан, и пациент вдыхает тестовую газовую смесь;
- задерживает дыхание ориентировочно на 10 с, время задержки дыхания устанавливается предварительно исходя из тяжести состояния пациента (8-11с);
- по истечению времени задержки дыхания, клапан выдоха автоматически открывается и пациенту предлагают быстро полностью выдохнуть.



- Повторное измерение возможно не ранее, чем через 4 минуты, для пациентов со значительными обструктивными нарушениями время ожидания увеличивается до 10 мин.
- Не рекомендуется повторять вдыхание тестового газа более 4-х раз за один визит в связи с накоплением карбоксигемоглобина.
- Для анализа достаточно двух технически приемлемых попыток, результаты которых варьируют в пределах не более 10% ($3 \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{мм рт. ст.}^{-1}$ или $1 \text{ ммоль} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кПа}^{-1}$), для итогового заключения рассчитывается средняя величина.
- У пациентов с ЖЕЛ менее 1,5 л или крайне резко выраженными эмфизематозными изменениями, приводящими к раннему экспираторному закрытию дыхательных путей и значительному замедлению выдоха, проведение теста с задержкой дыхания может быть не выполнимо.



Измеряются актуальное время задержки дыхания (t), включающее $2/3$ времени вдоха, задержку дыхания и время выдоха до середины объема контрольной пробы, ЖЕЛ вдоха, концентрации CO и He на вдохе и выдохе, рассчитываются альвеолярные концентрации CO (F_{ACO}) и He (F_{AHe}). Инертный газ (гелий или метан) не проходят через альвеолярный барьер, следовательно, знание вдыхаемого объема, концентрации при вдохе и выдохе позволяет рассчитать объем газа в легких, смешанного с вдыхаемым газом – альвеолярный объем (V_A):

$$V_A = \text{ЖЕЛ} / (F_{\text{IHe}} / F_{\text{EHe}}),$$

где F_{IHe} – концентрация гелия на вдохе,

F_{EHe} – концентрация гелия на выдохе.

Однако V_A , измеренный методом ДЛСОЗД, не включает зоны легких, не участвующие в вентилиации. Поэтому разница между альвеолярным объемом, измеренным при задержке дыхания, и общей емкостью легких, измеренной бодиплетизмографическим методом, позволяет оценить объем воздуха в легких, не участвующий в вентилиации.



ДЛСО_{зд} рассчитывается из следующего уравнения:

$$\text{ДЛСО}_{\text{зд}} = (VA/t) \times \ln [FACO(0)/ FACO(t)],$$

где VA – альвеолярный объем,

t – время задержки дыхания,

$FACO(0)$ – альвеолярная концентрация CO в начале задержки дыхания,

$FACO(t)$ – альвеолярная концентрация CO в начале задержки дыхания



Так как концентрация гемоглобина в крови влияет на величину ДЛСО, необходимо учитывать его значение при проведении исследования.

«Стандартным» считается значение Hb 14,6 г/дл у взрослых мужчин и подростков и 13,4 г/дл у взрослых женщин и детей младше 15 лет.

При отклонении реальных значений гемоглобина от «стандартных» необходимо проводить коррекцию полученных результатов по гемоглобину. Формулы для мужчин и подростков

$$\text{ДЛСО}_{\text{зд, Hb}} = \text{ДЛСО}_{\text{зд}} \times (1,7\text{Hb} / (10,22 + \text{Hb})),$$

для женщин и детей

$$\text{ДЛСО}_{\text{зд, Hb}} = \text{ДЛСО}_{\text{зд}} \times (1,7\text{Hb} / (9,38 + \text{Hb})),$$

где Hb выражен в г/дл.



ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

ДЛСО (DLCO)	- ДСЛ или трансфер фактор
ДЛСОН_b	-ДСЛ с поправкой на гемоглобин
VA	- Альвеолярный объем
КСО (ДЛСО/ VA)	- Фактор Кроффа (трансфер-оэффициент окиси углерода)



ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Для выявления нарушений и оценки их выраженности полученные данные сопоставляют с должными величинами, полученными для популяции здоровых лиц. Должные определяются полом, возрастом и ростом обследованного. В настоящее время общепринятой является система должных величин Европейского общества угля и стали (European Community for Steel and Coal, 1993).

Степень тяжести	ДЛСО, % должной величины
Умеренная	60% и < НГН*
Значительная	40-60%
Резкая	< 40%

* НГН – нижняя граница
нормы



Снижение диффузионной способности легких

Обструктивные заболевания легких:

снижение ДСЛ возникает на фоне уже имеющейся обструкции и свидетельствует о тяжести заболевания

Интерстициальные заболевания легких:

снижение ДСЛ является первым признаком заболевания



Принцип интерпретации комплексного исследования

ЖЕЛ снижена (спирометрия)

ДЛСО снижена (диффузионтест)

V_A/O_{EL} в норме (рестрикция)		V_A/O_{EL} снижено (обструкция)		
КСО $\uparrow\uparrow$	КСО $\downarrow\downarrow$	КСО \downarrow	КСО \uparrow	КСО - N
Легочная ткань не изменена Внелегочные причины	Диффузное альвеолярное повреждение	Эмфизема	Бронхоэктазы	Астма
Редукция легких				



Комплексное исследование ФВД

Спирометрия

Диагностика нарушений проходимости ДП и оценка их выраженности

Измерение ЖЕЛ
Предположение о наличии рестрикции

Бодиплетизмография

Диагностика вариантов нарушений вентиляции (обструктивный, рестриктивный, смешанный)

Уточнение характера обструкции

Диффузионтест

Оценка газообмена

Оценка механизма снижения диффузионной способности легких

Оценка альвеолярных шунтов

Оценка силы дыхательных мышц

Нейро респираторный драйв

Кардио-пульмональный нагрузочный тест

Полисомнография

и др...

Рекомендуемая литература

1. Гриппи М.А. Патофизиология легких. / Пер. с англ. под ред. Ю.В.Наточина /М.: БИНОМ, 2005. - с. 27-48.
2. Мэскел Н., Миллар А. Руководство по респираторной медицине. / Пер. с англ. под ред. С.Н.Авдеева / М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - с. 21-51.
3. Неклюдова Г.В., Черняк А.В. Клиническое значение исследования диффузионной способности легких // Атмосфера. Пульмонология и аллергология, 2013.- №4. – с. 54-59.
4. Савушкина О.И. Бодиплетизмография: принцип и возможности метода. Подходы к интерпретации результатов исследования // Функциональная диагностика. 2013; 3: 48-53
5. Савушкина О.И., Черняк А.В. Клиническое приложение метода бодиплетизмографии // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. 2013;2 (49): 38-41
6. Функциональная диагностика в пульмонологии. Практическое руководство / Под ред. А.Г. Чучалина. М., 2009.
7. Уэст Д.Б. Физиология дыхания. Основы. / Пер. с англ. под ред. А.М.Генина / М. : Мир, 1988. – с. 27-36.
8. Уэст Д.Б. Патофизиология органов дыхания / Пер. с англ. под ред. А.И. Синопальникова. М.: БИНОМ, 2008. - с. 44-48.
9. MacIntyre N., Crapo R. O., Viegi G. et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung // Eur. Respir. J. – 2005. – Vol. 26. - P. 720-735.
10. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests // Eur. Respir. J. – 2005. –Vol. 26. – P.948-968.
11. Wanger J., Clausen J. L., Coates A. et al. Standardisation of the measurement of lung volumes // Eur. Respir. J. – 2005. – Vol. 26. – P. 511-522.

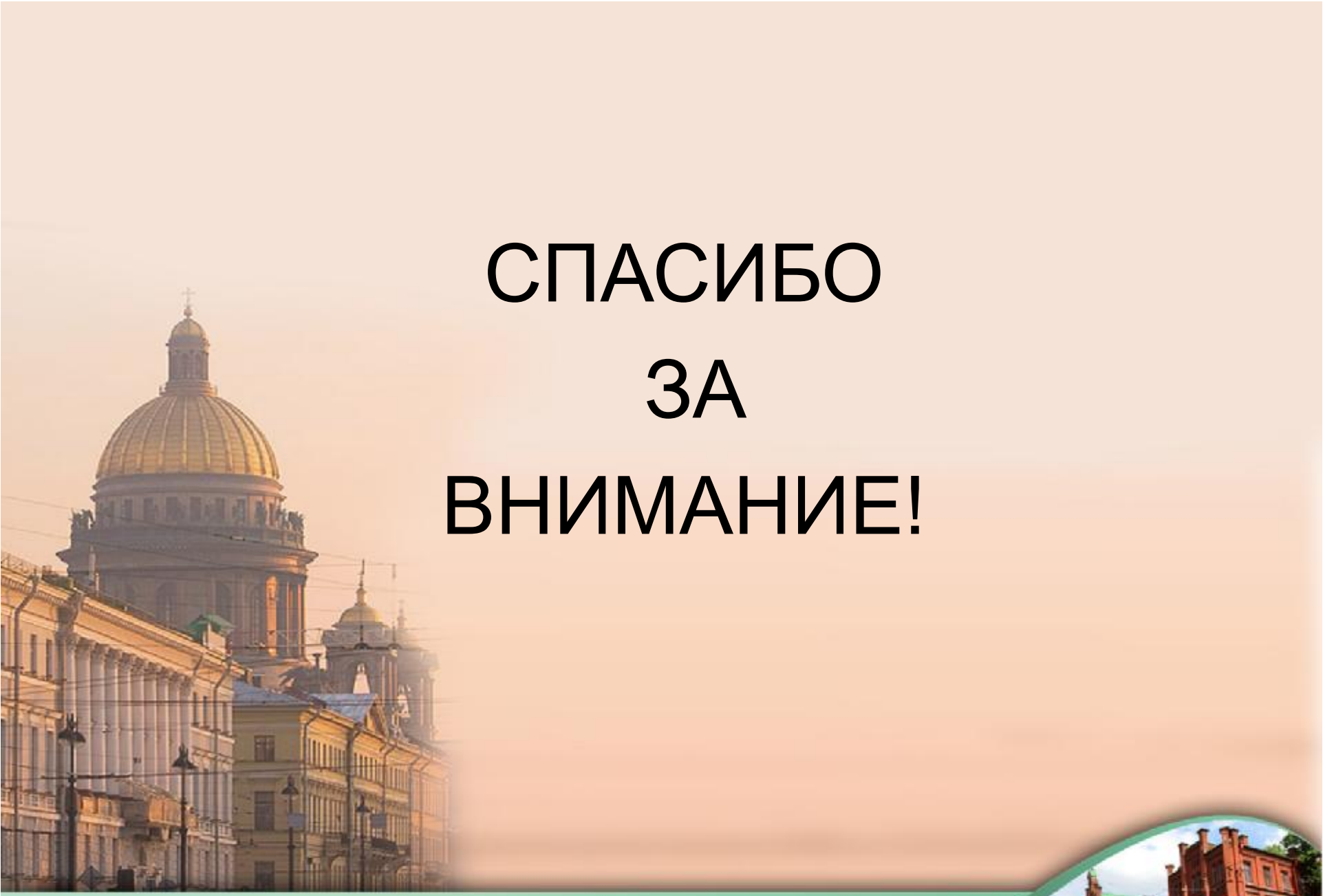




Отделение функциональной диагностики
СПб НИИ фтизиопульмонологии
Кирюхина Лариса Дмитриевна
kld@spbniif.ru
+79219215680

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



The background of the slide features a photograph of Saint Isaac's Cathedral in Saint-Petersburg, Russia. The cathedral's large, ornate golden dome is the central focus on the left side of the image. The building is classical in style with many windows and architectural details. The sky is a soft, hazy orange, suggesting a sunrise or sunset. The text "СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!" is overlaid on the right side of the image in a large, black, sans-serif font.

СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ!

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России

