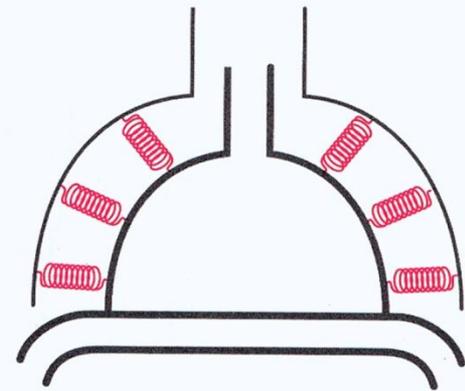


Механика дыхания

Храпов К.Н.



Механика дыхания –
область физиологии дыхания, которая рассматривает силы, ответственные за движения потока воздуха внутрь грудной клетки и обратно.

Как легкие закреплены в грудной клетке, и как они движутся

Компоненты движущего давления

$$P_{tot} = (E \cdot \Delta V) + (R \cdot V') + (I \cdot V'')$$

P_{tot} - движущее давление;

E - эластичность;

R - сопротивление;

V' - объемная скорость потока воздуха;

I - инерционность;

V'' - скорость изменения объемной скорости
воздушного потока

Растяжимость легких

$$C = 1/E = \Delta V/P$$

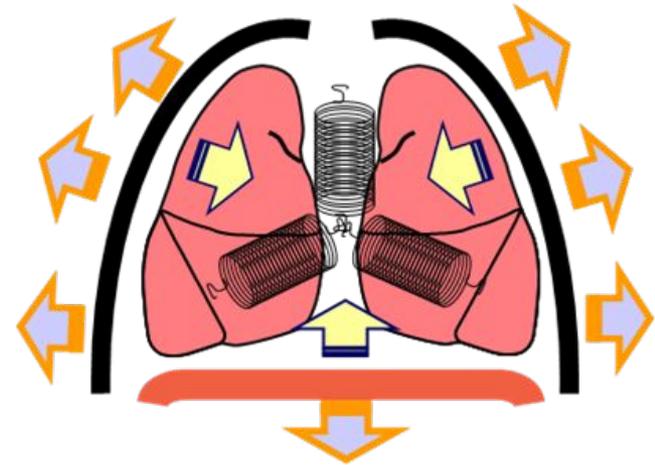
E - эластичность;

ΔV - изменение объема легких;

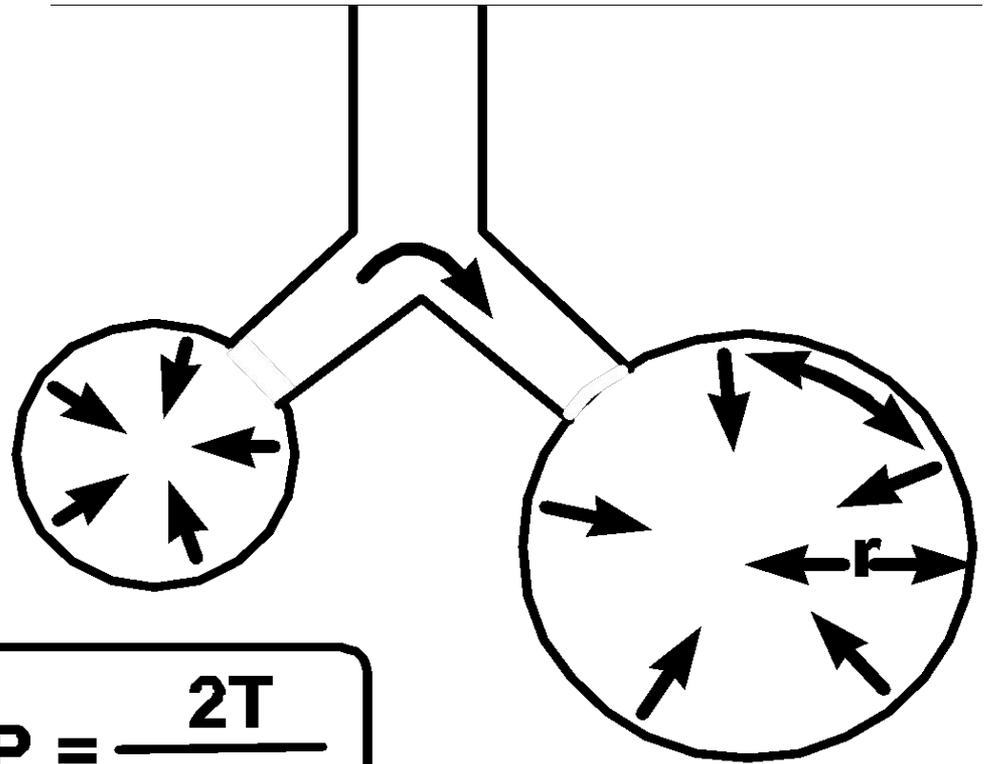
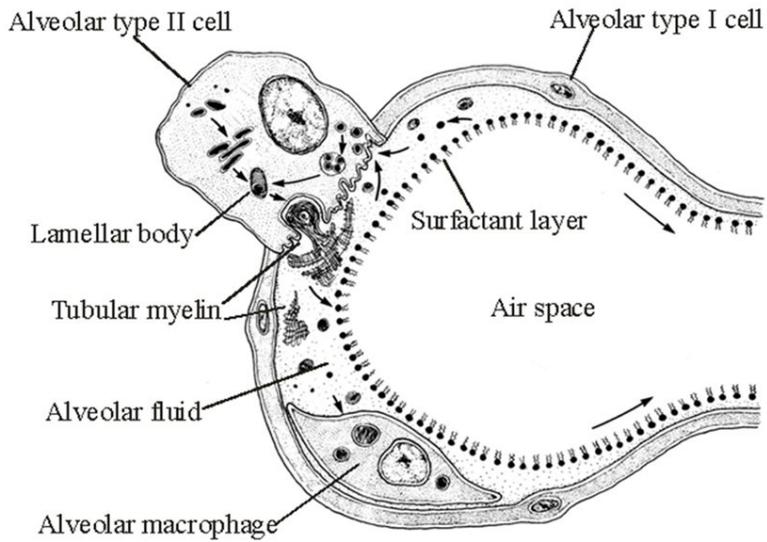
P - давление.

$$E = E_L + E_{cw}$$

$$1/C_T = 1/C_L + 1/C_{cw}$$



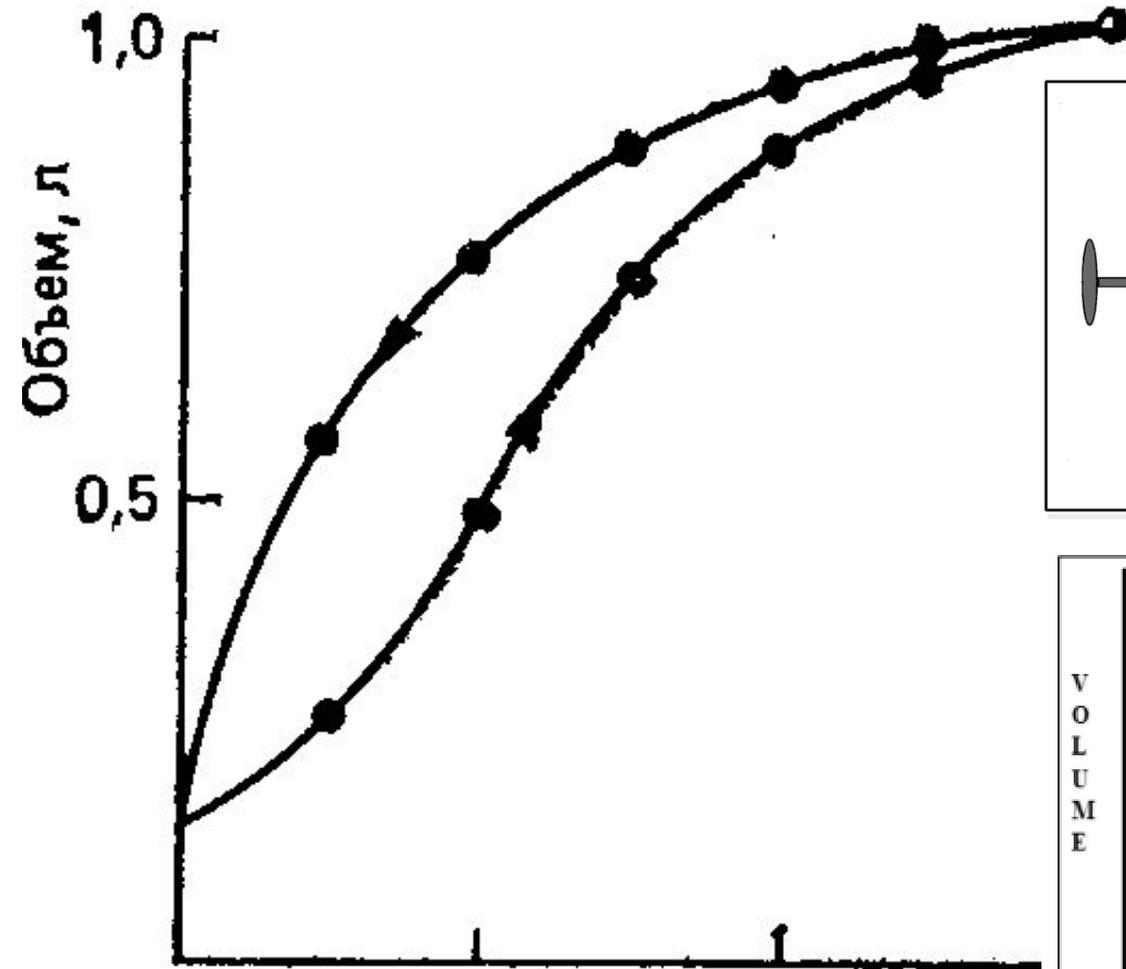
Роль сурфактанта



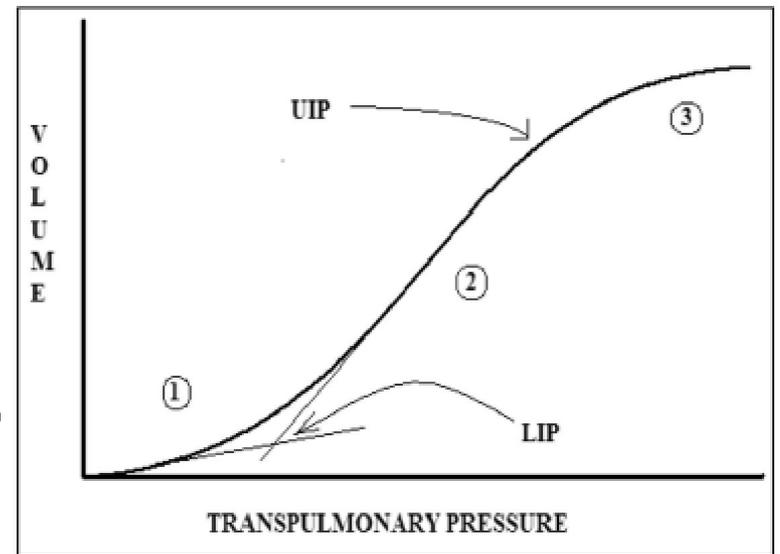
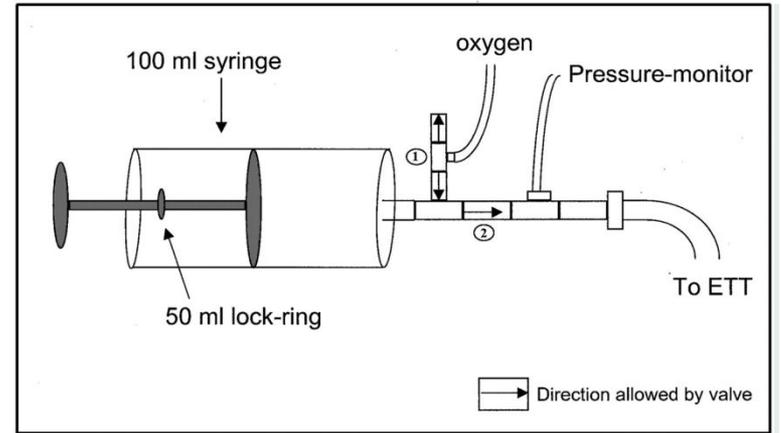
P - давление
 T - напряжение
 r - радиус

$$P = \frac{2T}{r}$$

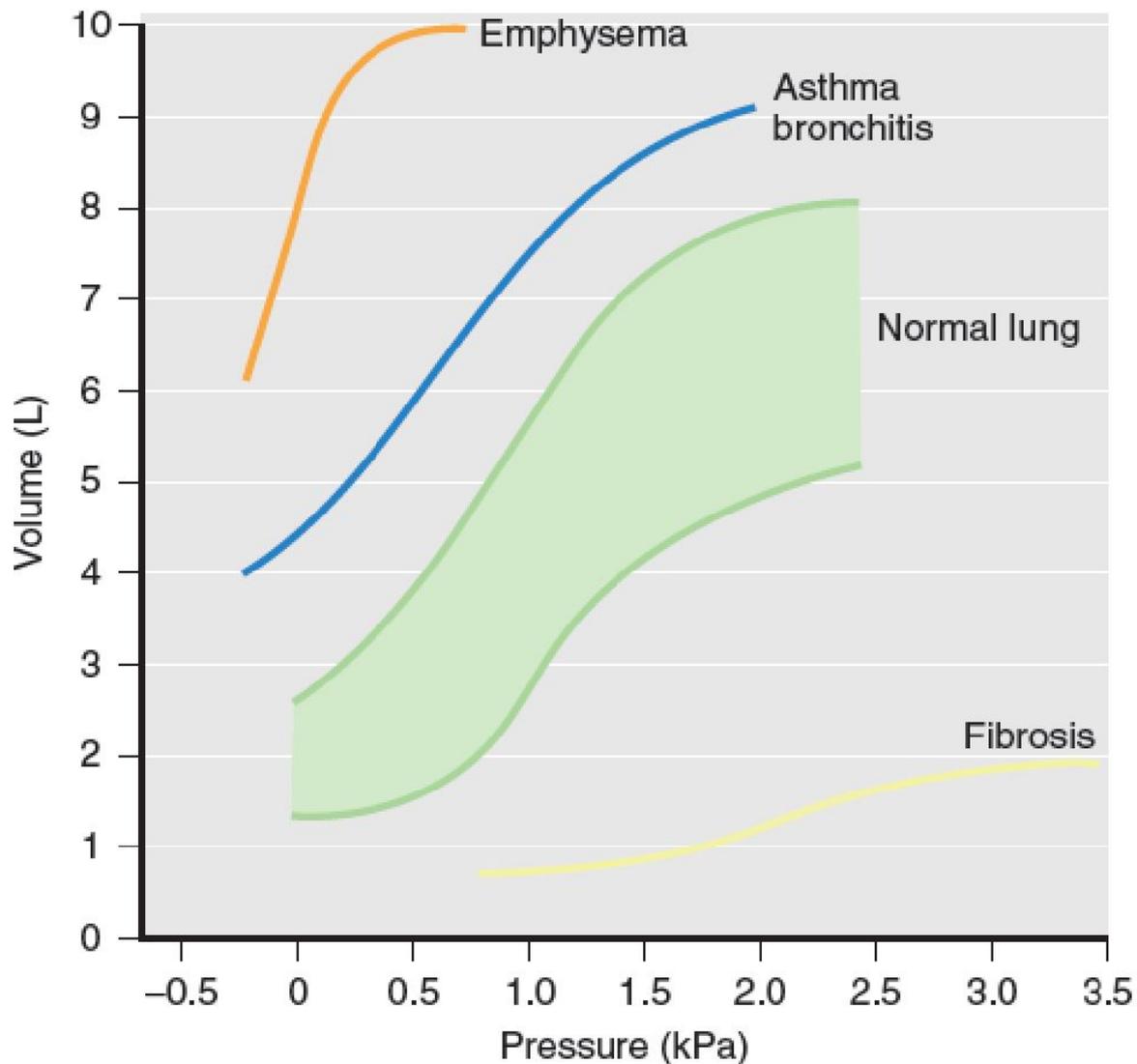
Кривая объем -давление



$$P_{tot} = (E \cdot \Delta V) + (R \cdot V') + (I \cdot V'')$$

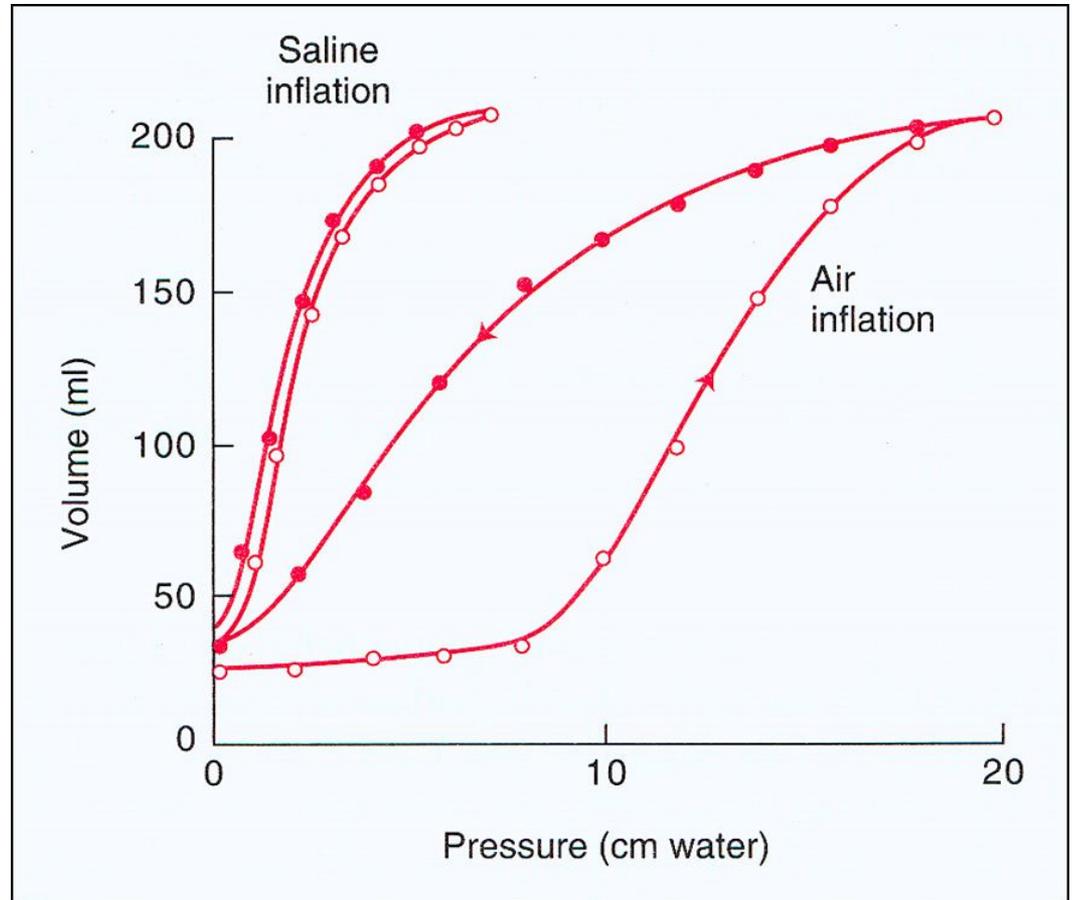


Кривые объем-давление нормальных легких и при патологии



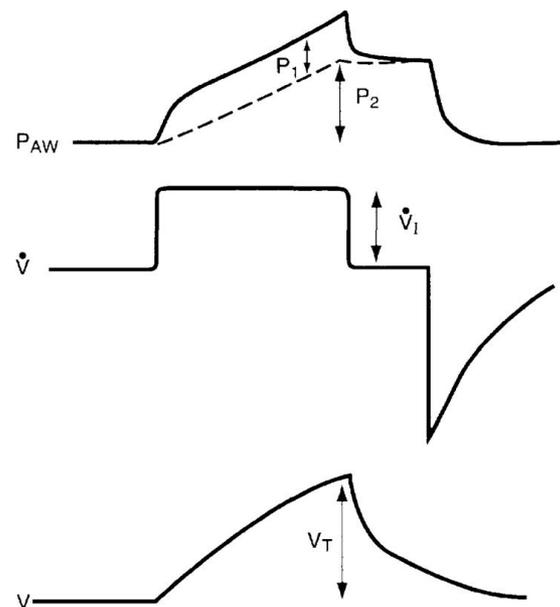
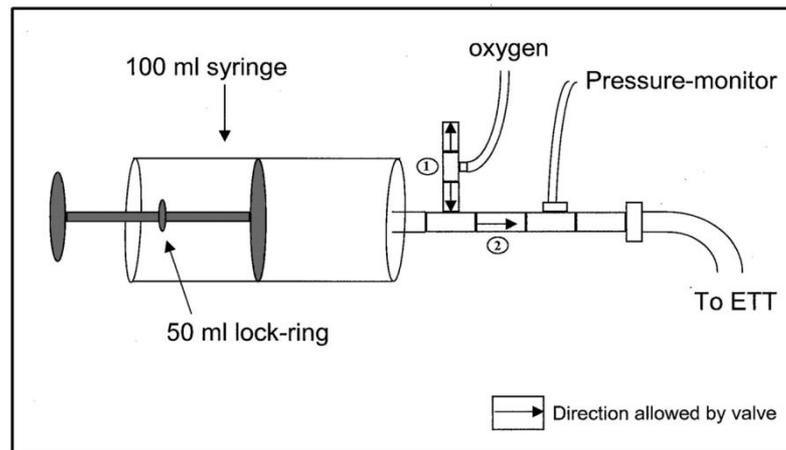


Гистерезис



Методы построения кривой P-V

- Метод супер-шприца
- Метод множественной окклюзии
- Квазистатическая кривая



Пациент

Дополн.

Режимы

40 **26** РпИК
смН2О

27 **13.8** MVВыд
л/мин



20
д/мин

Частота

690
мл

Vцели

7
смН2О

PEEP/CPAP

100
%

Кислород

X

Задержка

P/V Tool



Кон. PEEP определяет новый PEEP после след. маневра.
Вам нужно переподтвердить нажатием кнопки, если

- P верх больше 40 или
- T паузы больше 5

0

Р старт
смН2О

3

Скор. Ramp
смН2О/с

35

Р верх
смН2О

0

T паузы
с

7

Кон. PEEP
смН2О

314 Vpeep
мл

21 T общ
с

Курсор 1
мл/смН2О

Курсор 2
мл/смН2О

С курсоры
мл/смН2О

Курсор 1

Курсор 2

История
1 / 1

Зап./Ост.

Инфл. вет 6.0 / 1 943 / 17 58.2

Дефл. вет --- / --- 1544 / 17 ---

Управление

Тревоги

Мониторинг

Графики

Инструменты

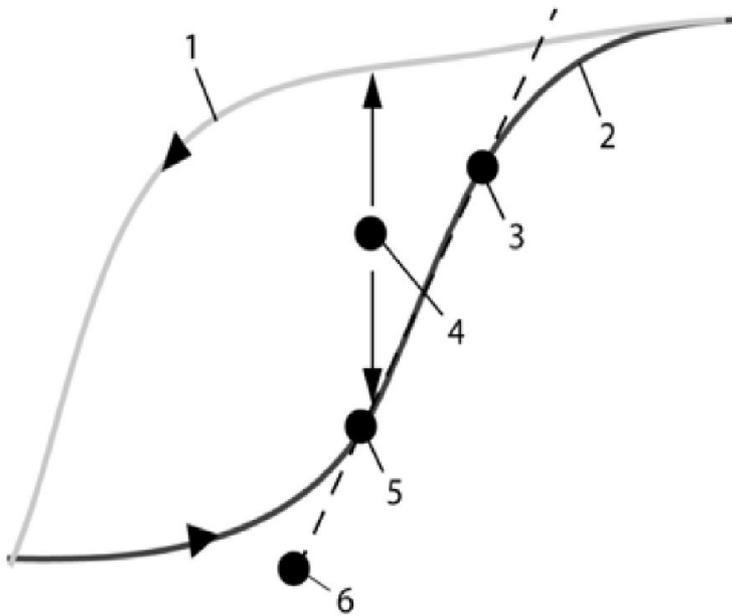
События

Система

Внут АС

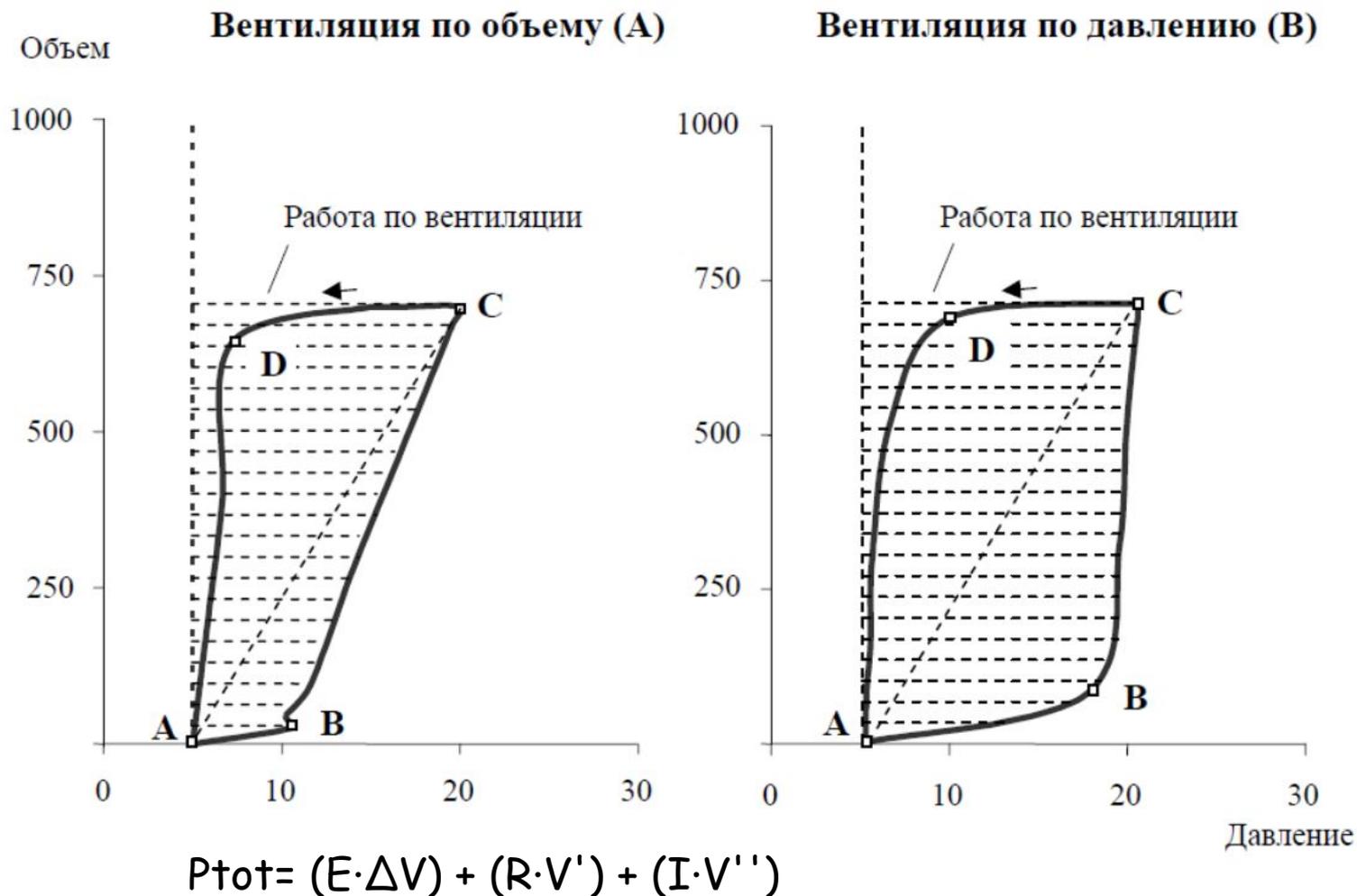
Интерпретация кривой P/V

1

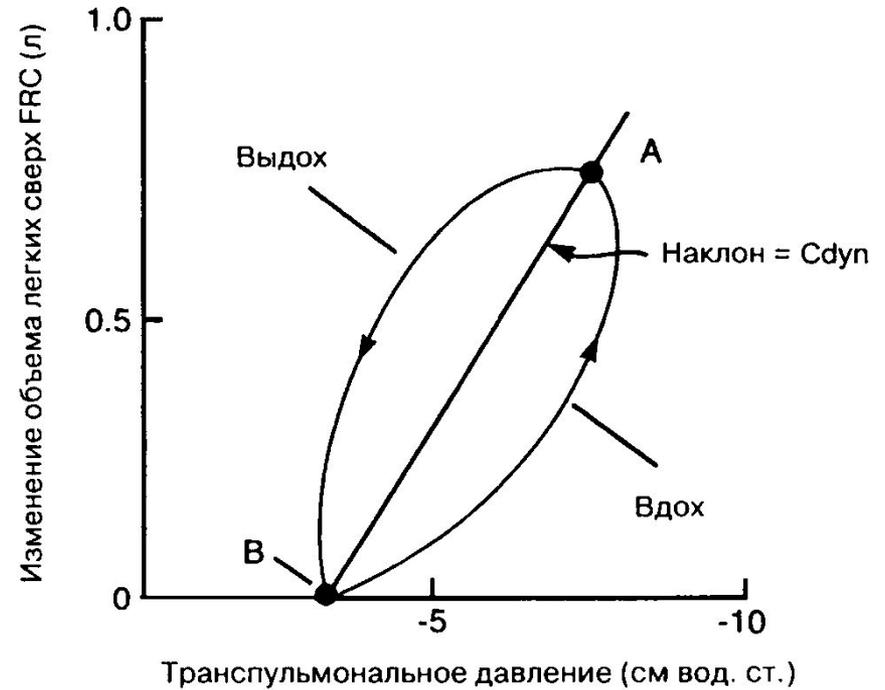
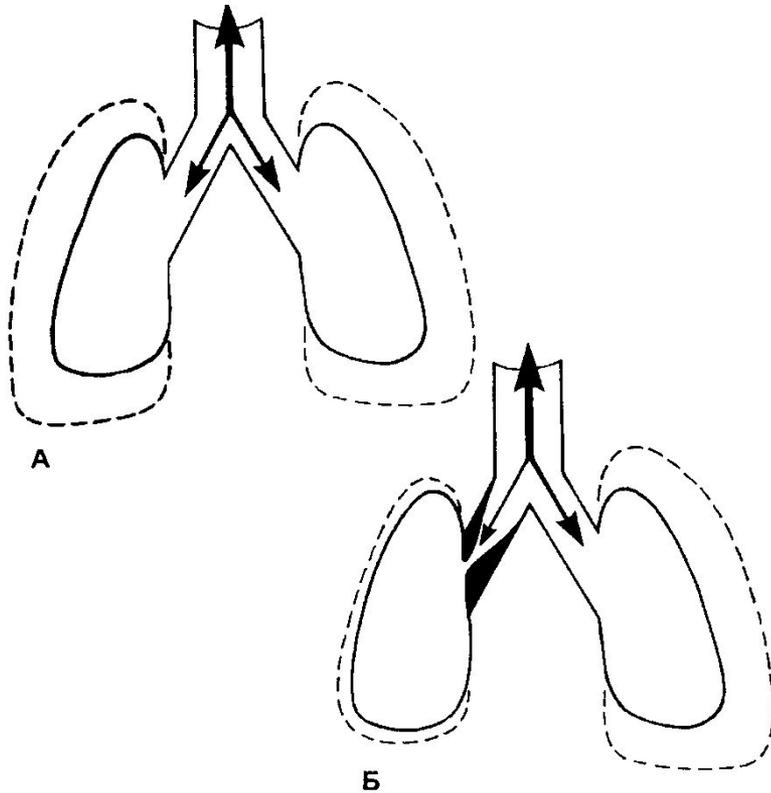


- 1 Дефляционная ветвь
- 2 Инфляционная ветвь
- 3 Верхняя точка перегиба на инфляционной ветви (UIP)
- 4 Разница объема между двумя кривыми (dv)
- 5 Нижняя точка перегиба на инфляционной ветви (LIP)
- 6 Линейная податливость (Clin)

Динамическая петля P-V



Динамический комплайнс



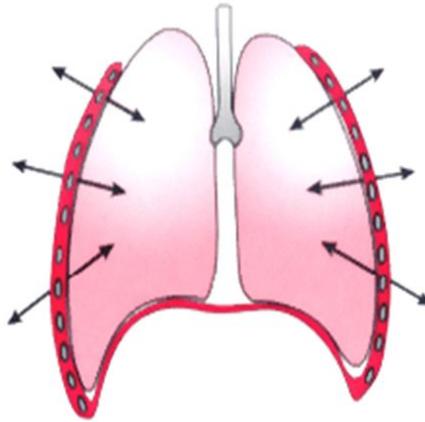
$$P_{tot} = (E \cdot \Delta V) + (R \cdot V') + (I \cdot V'')$$



A

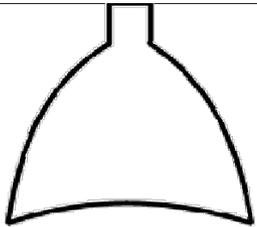


B

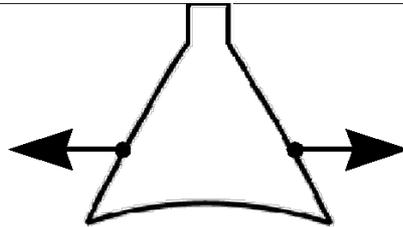


C

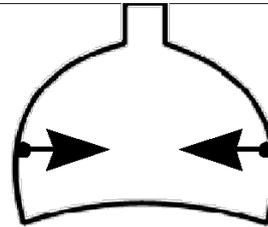
Направление
вектора
эластической
отдачи грудной
клетки в
зависимости от
дыхательного
объема



При 60% инспираторной жизненной емкости легких давление эластической отдачи грудной клетки равно нулю

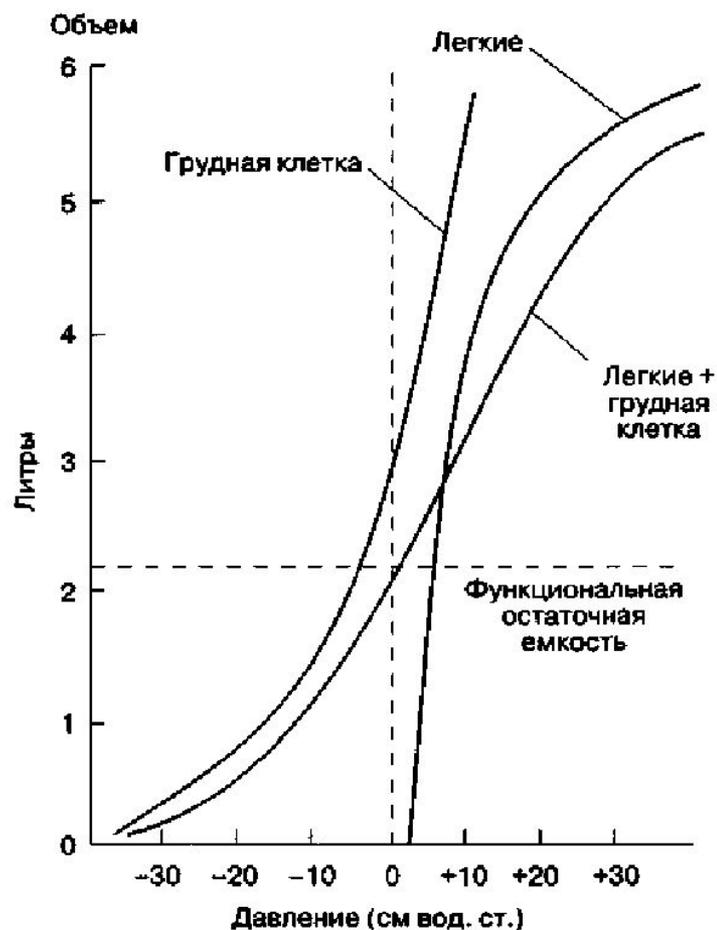


Остаточный объем (вектор эластической отдачи грудной клетки) направлен наружу

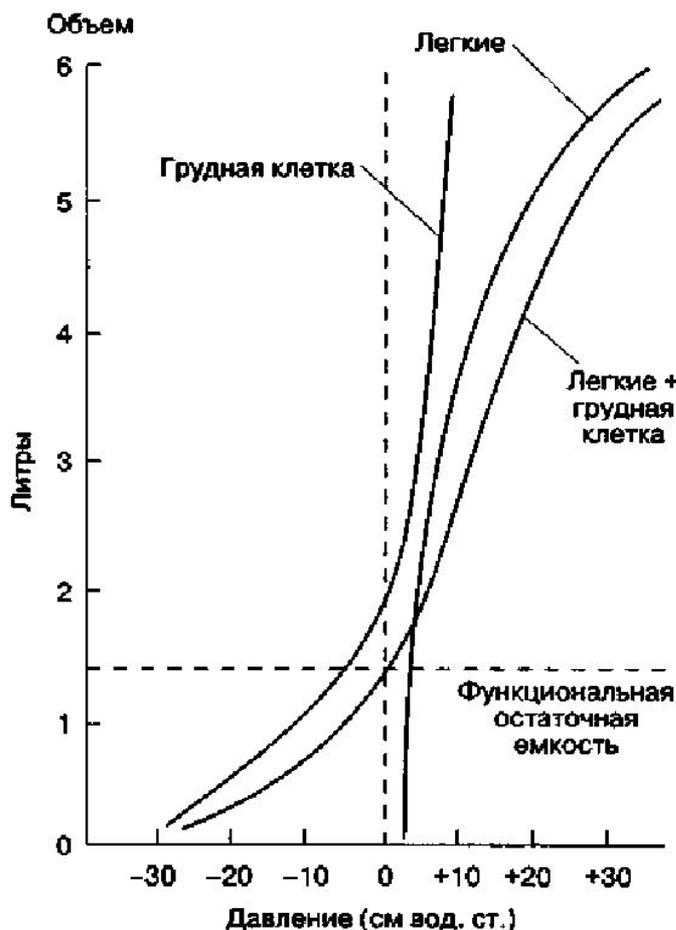


Вектор эластической отдачи грудной клетки направлен внутрь

А. Вертикальное положение

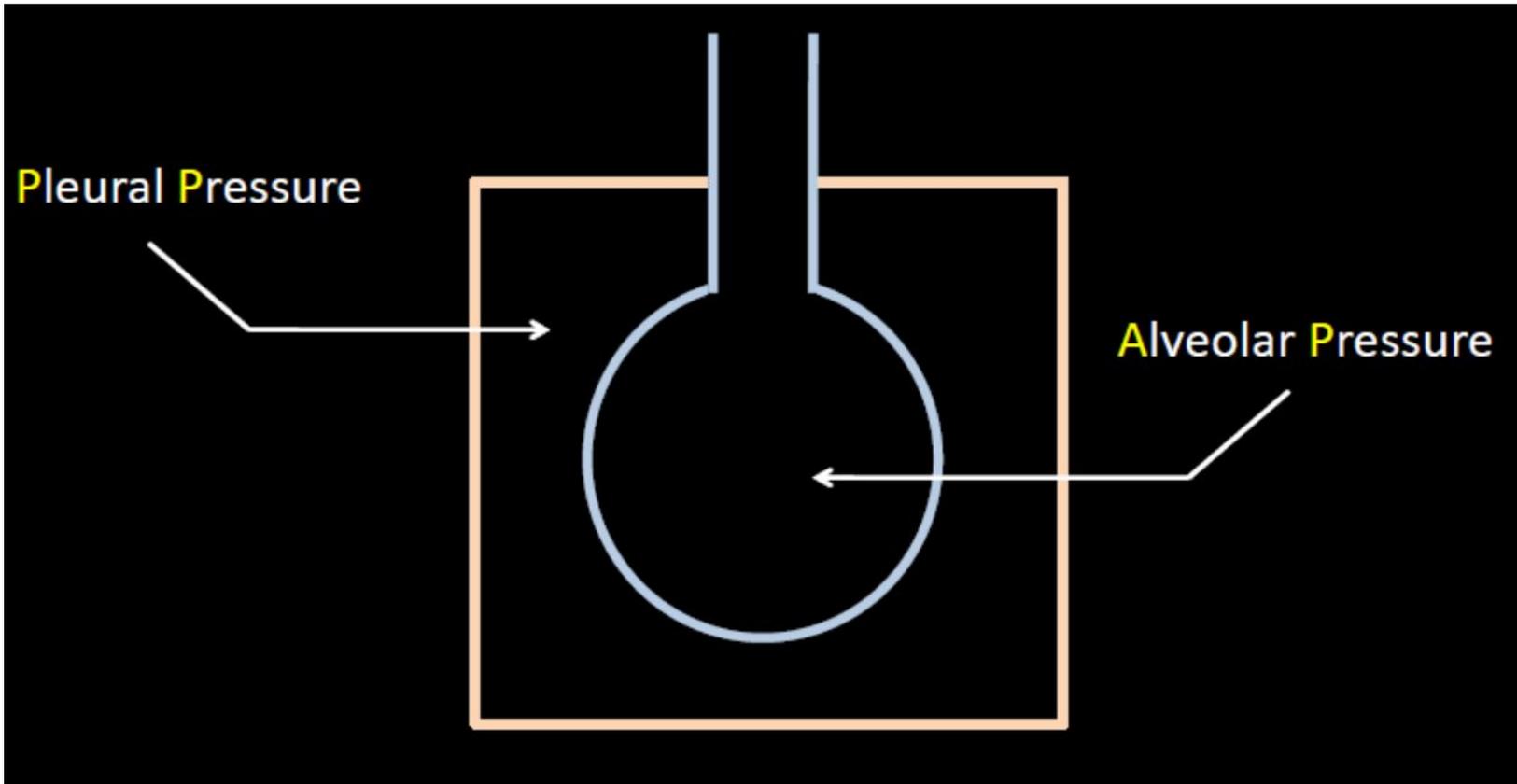


Б. Положение лежа на спине



- Кривые "давление-объем" для грудной клетки, легких и комплекса "грудная клетка + легкие" в вертикальном (А) и горизонтальном (Б) положении. (Из: Scurr C., Feldman S. *Scientific Foundations of Anesthesia*, 1982.)

Пищеводное и транспульмональное давление



Транспульмональное $P = \text{Альвеолярное } P - \text{Плевральное } P$

Свойства дыхательной системы, определяющие сопротивление потоку

$$V = P/R$$

P - движущее давление;

R- сопротивление.

$$R = 8\eta l / \pi r^4; \quad V = P \pi r^4 / 8\eta l;$$

$$P = 8\eta l V / \pi r^4 = kV$$

r - радиус трубки

η - вязкость газа

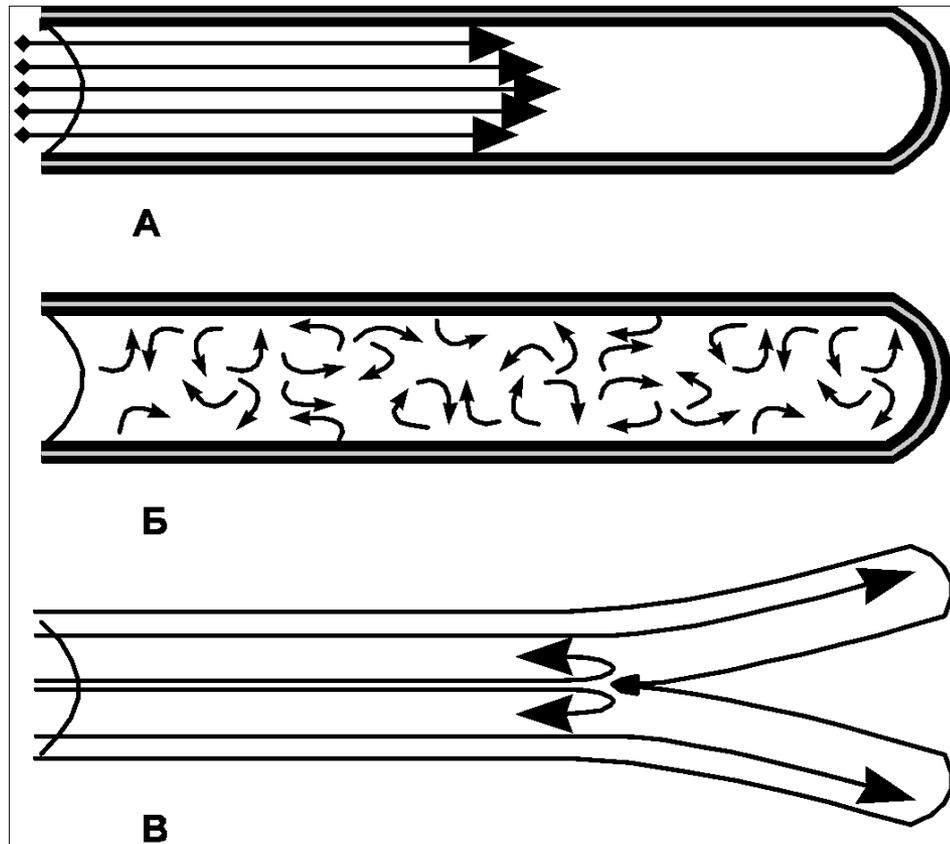
l - длина трубки



$$P_{tot} = (E \cdot \Delta V) + (R \cdot V')$$

Типы воздушных потоков

- А. Ламинарный. Б. Турбулентный.
- В. Переходный (с завихрениями в области ветвлений).



Турбулентный поток

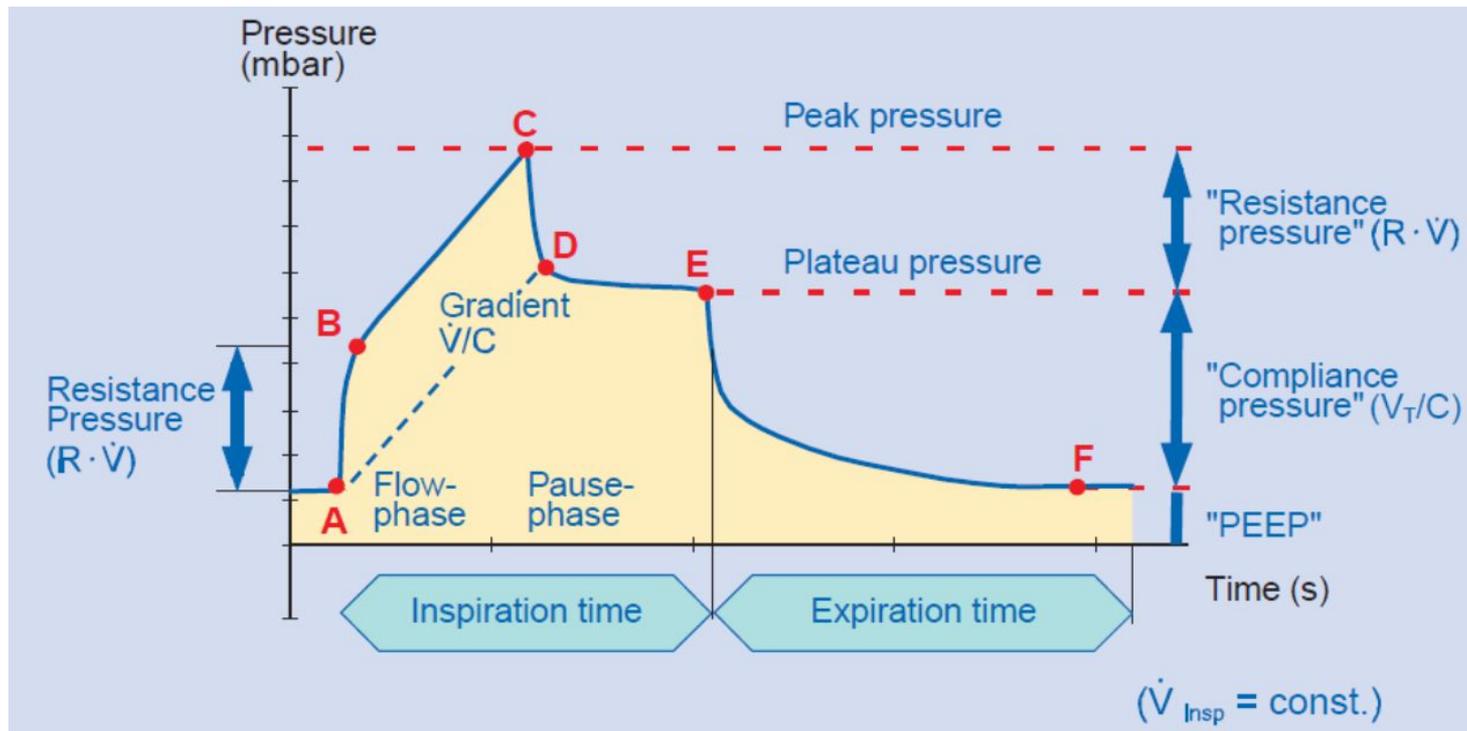


- $(P=kV^2), R \sim d/r^5$
 d - плотность газа
- $Re = 2rVd/\eta$ (число Рейнольдса
где: V - средняя скорость потока
 d - плотность газа.)

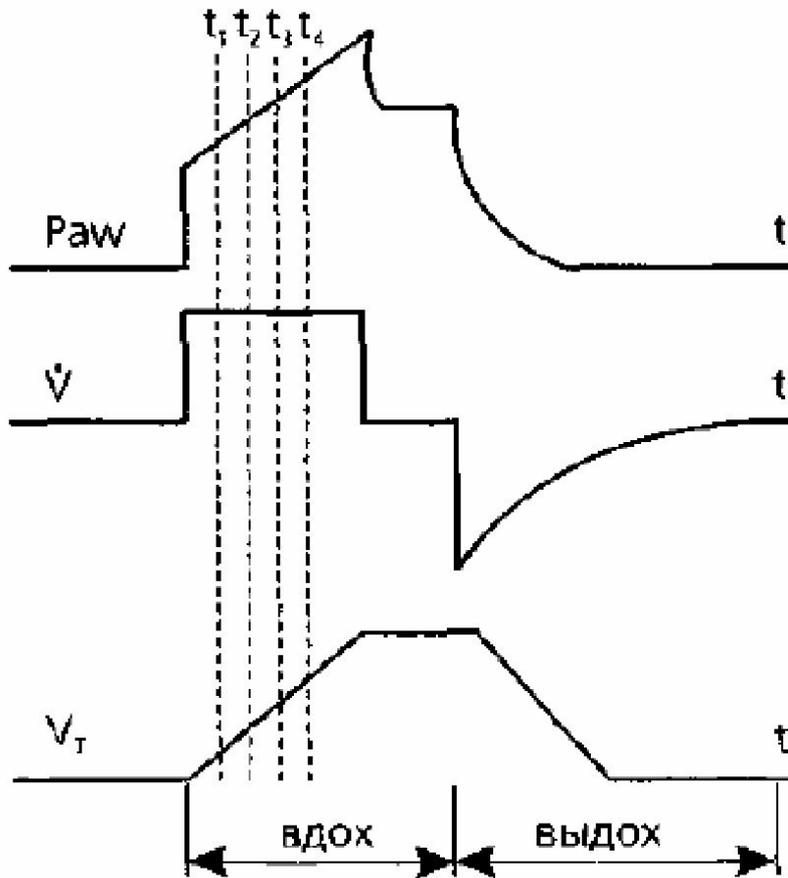
Расчет растяжимости и сопротивления дыхательной системы при ИВЛ с постоянной скоростью потока

$$C = \Delta V / P$$

$$R = P / \dot{V}$$



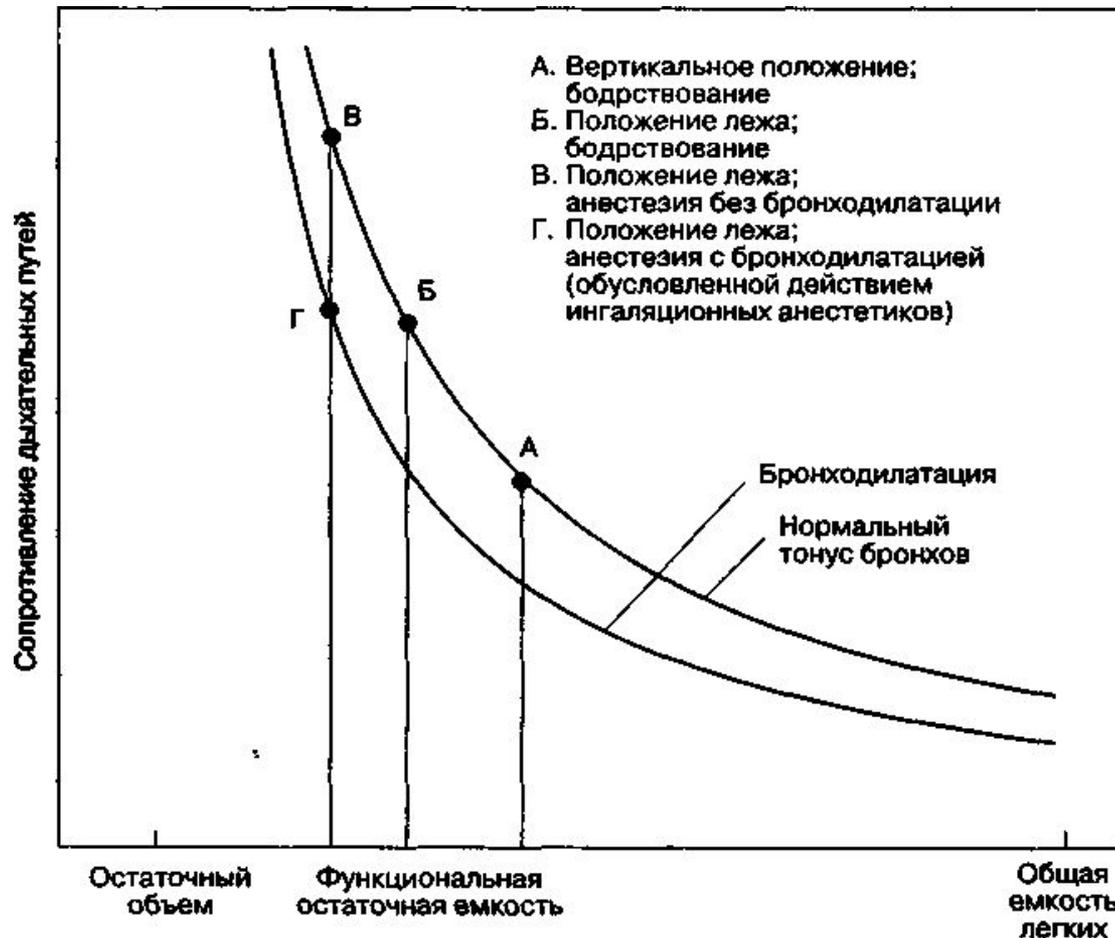
Метод наименьших квадратов



$$P_{aw} = VT/C + V_{insp} \times R_{aw} + \text{autoPEEP}$$

Рис. 8.44. Временной анализ реальных параметров вентиляции методом LSF.

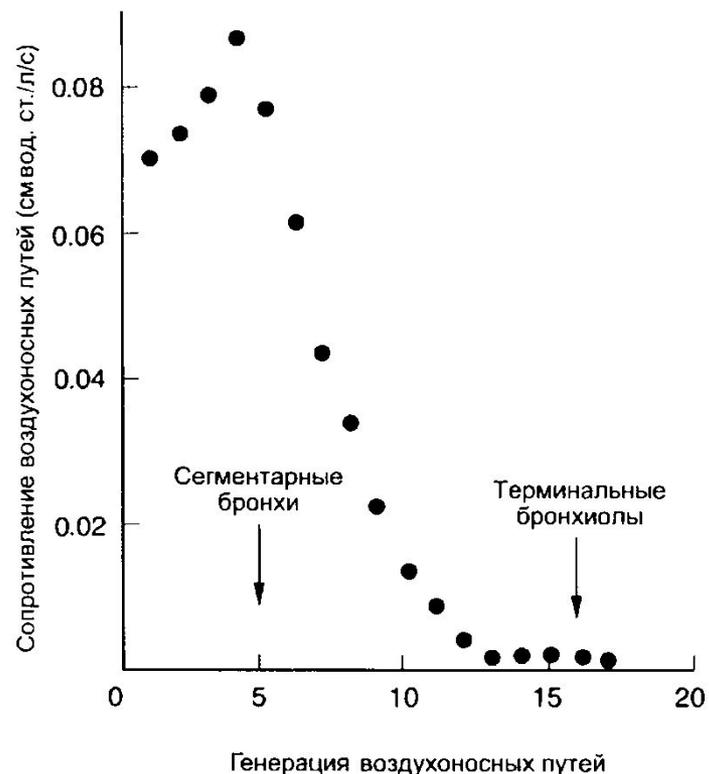
Зависимость сопротивления дыхательных путей от объема легких



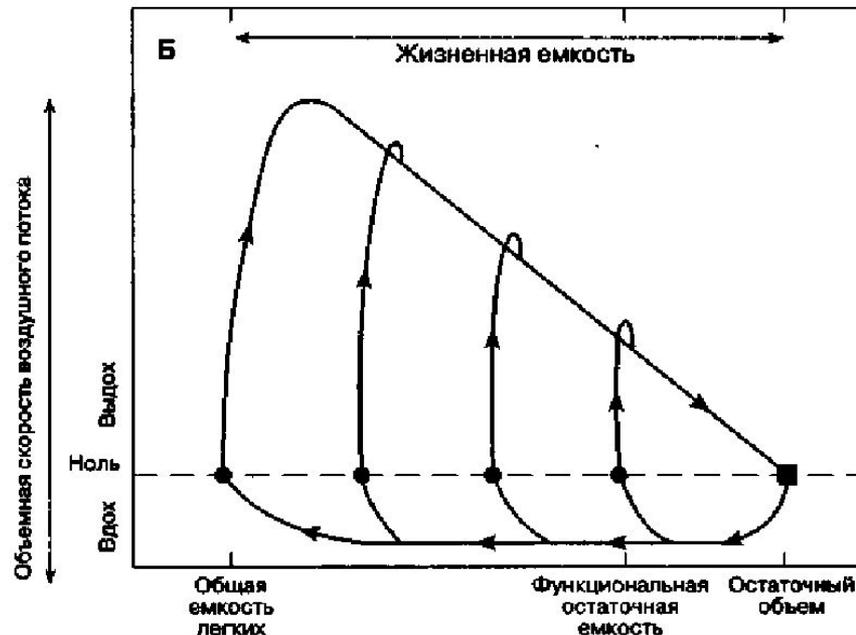
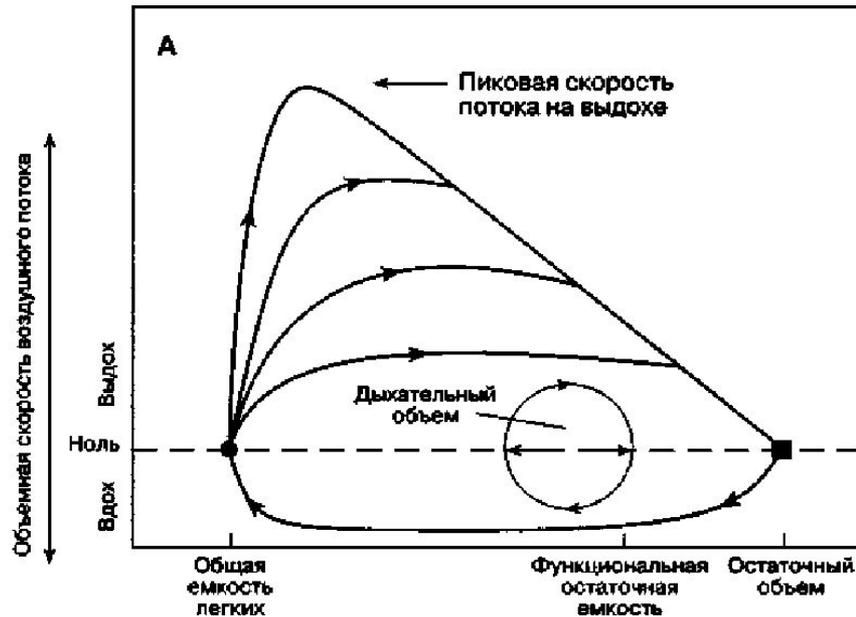
(Nunn J. F. Applied Respiratory Physiology, 3rd ed. Butterworths, 1987.)

Изменение сопротивления дыхательных путей как функция их генерации

		Порядок генерации
Проводящая зона	Трахея	0
		1
	Бронхи	2
		3
	Бронхиолы	4
	Терминальные бронхиолы	↓
Переходная и дыхательная зоны		17
	Дыхательные бронхиолы	18
		19
	Альвеолярные ходы	20
		21
	Альвеолярные мешочки и альвеолы	22
		23

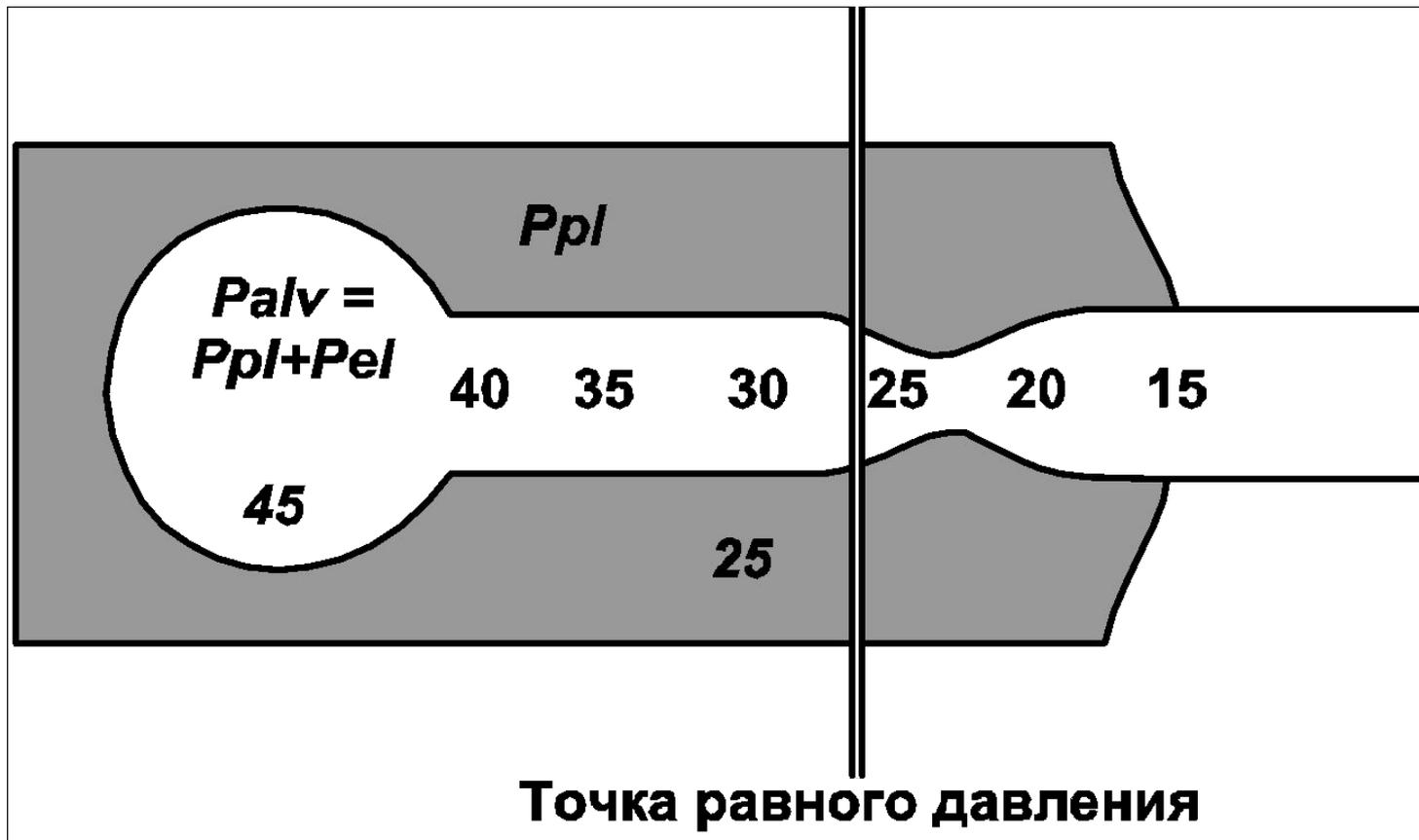


PcdlcyT.J., Schroter R. C, Sudlow M. F. Rcsplr. Physiol. 9:391,1970.

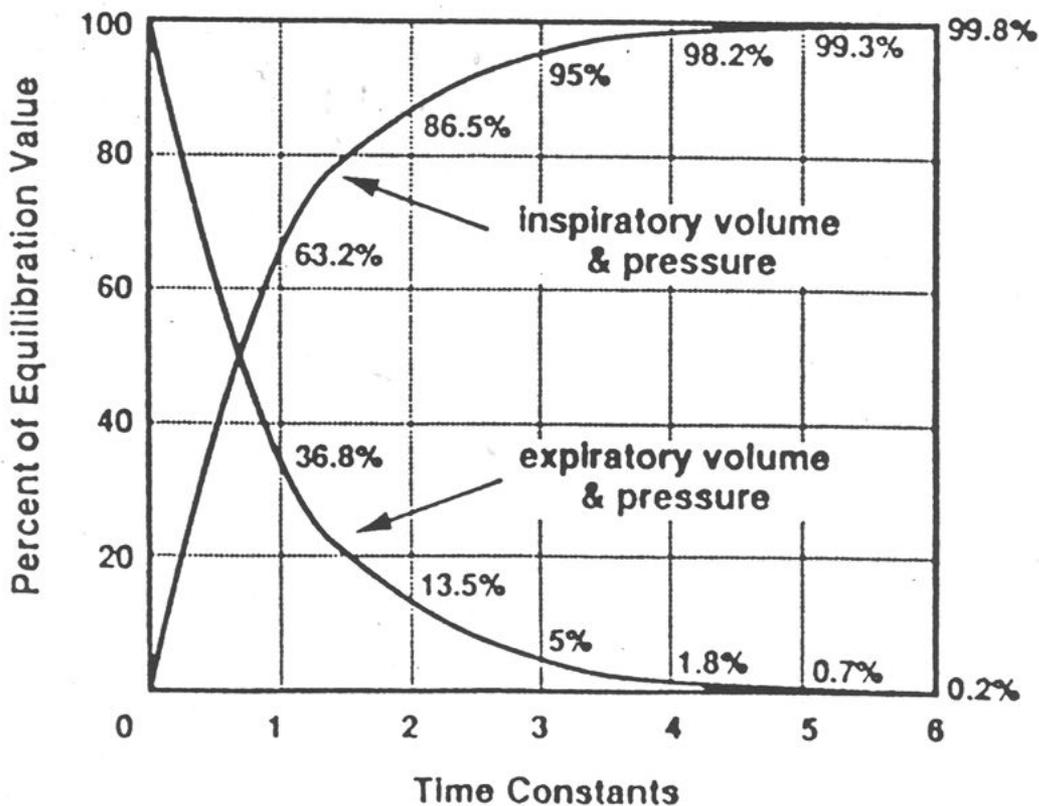


Поток газа (А) при форсированном выдохе после максимального вдоха с различным усилием и (Б) с максимальным усилием после вдохов различной глубины. (Из: Nunn J. F. *Applied Respiratory Physiology*, 3rd ed. Butterworths, 1987.)

Механизм развития ЭЗДП



Постоянная времени



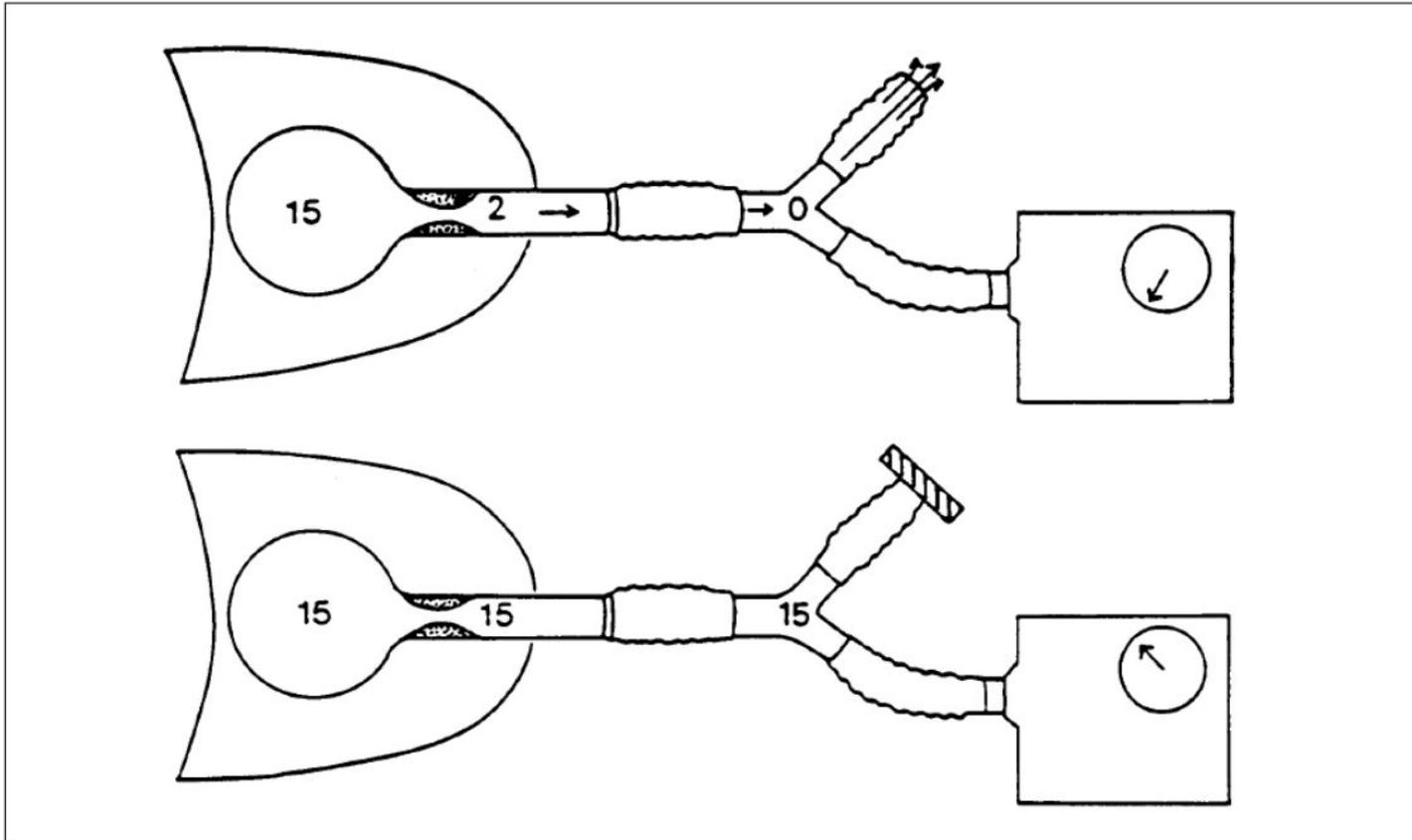
$$T = C \times R =$$

$$= 0,1 \text{ л/см} \times 2 \text{ см H}_2\text{O} /$$

$$(\text{л} \times \text{с}) = 0,2 \text{ с}$$

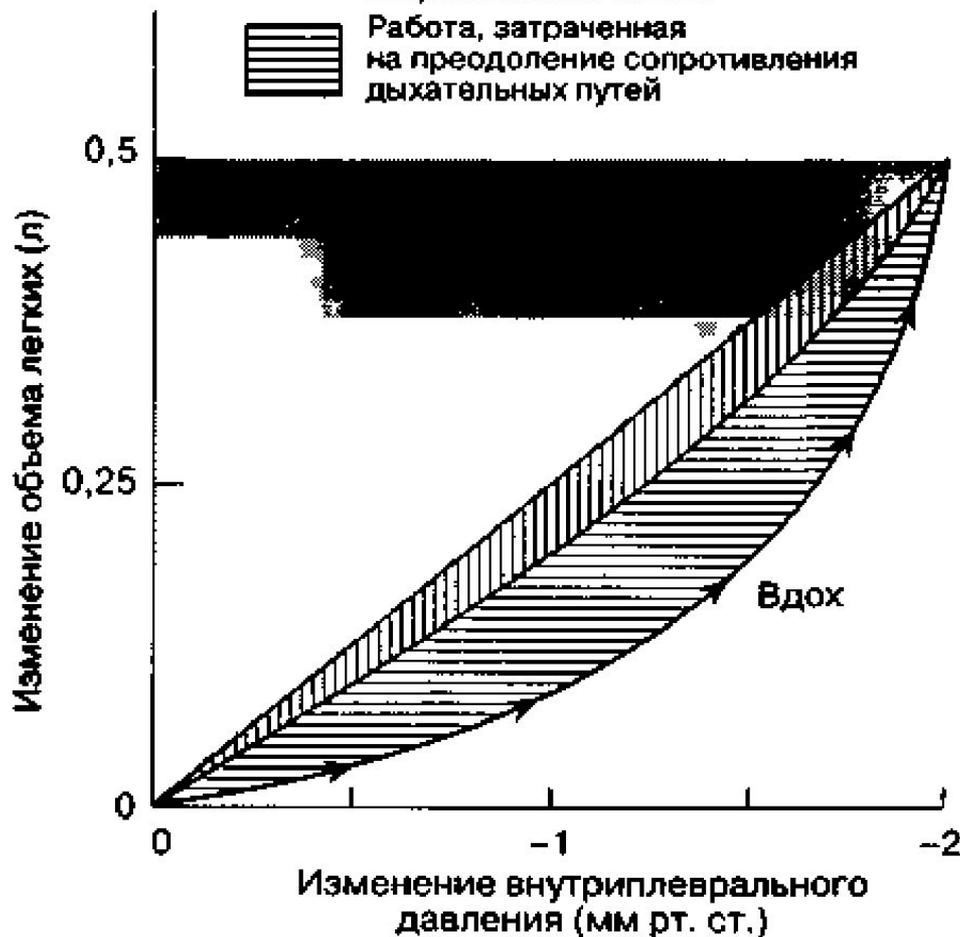
Время, соответствующее $1T$ - это время, необходимое для расправления альвеолы приблизительно на 60% от максимального объема. Расправление на 99% требует времени, равного $4T$.

Измерение ауто-ПДКВ методом окклюзии экспираторного клапана



Работа дыхания во время вдоха и ее составляющие

- Работа, затраченная на преодоление упругих сил (т.е. эластического сопротивления)
- ▨ Работа, затраченная на преодоление сопротивления тканей
- ▨ Работа, затраченная на преодоление сопротивления дыхательных путей



$$W_{el,rs} = \int P_{el,rs} \times dV$$

СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ!

