

**В.Л. Кассиль  
М.А. Выжигина  
А.А. Еременко  
Ю.Ю. Сапичева**



**БИБЛИОТЕКА  
ВРАЧА-СПЕЦИАЛИСТА**

**АНЕСТЕЗИОЛОГИЯ  
И РЕАНИМАТОЛОГИЯ**

# **Вентиляция легких в анестезиологии и интенсивной терапии**

**Москва**



**ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА  
«ГЭОТАР-Медиа»**

**2016**

# Глава 21

---

## Искусственная вентиляция легких в общей анестезиологии

Основной способ респираторной поддержки при общехирургических операциях (на органах брюшной полости, забрюшинного пространства и конечностях) — традиционная ИВЛ с управляемым объемом и давлением.

Минутный и дыхательный объемы, частота вентиляции, отношение «вдох : выдох» и  $F_iO_2$  — ведущие параметры, определяющие эффективный газообмен при ИВЛ в условиях общей анестезии.

Минутный и дыхательный объемы можно выбрать по различным номограммам (Рэдфорда — рис. 21.1, Энгстрема—Герцога и др.) и формулам. С практической точки зрения наиболее удобной для начальных установок представляется формула, предложенная Т.М. Дарбиняном и соавт. (1976):

$$\text{МОД (л/мин)} = \text{масса тела}/10+1.$$

С.С. Павлова и соавт. (1989) предложили для беременных женщин использовать поправочный коэффициент к этой формуле:

$$\text{МОД} = \text{масса тела}/10 \times 1,4+1.$$

В клинической практике для выбора дыхательного объема часто используют величины 8–10 мл/кг массы тела. Величина дыхательного объема ограничивается величиной  $P_{\text{peak}}$ , которая не должна превышать 15–18 см вод.ст. Превышение этого предела при нормальной проходимости дыхательных путей может вызвать нарушение кровообращения в газообменных микрососудах легких (см. главу 1) и попадание воздуха в желудок в связи с открытием глоточно-пищеводного сфинктера.

Частоту вентиляции обычно устанавливают в пределах от 8 до 12 циклов в минуту. Изменение частоты вентиляции

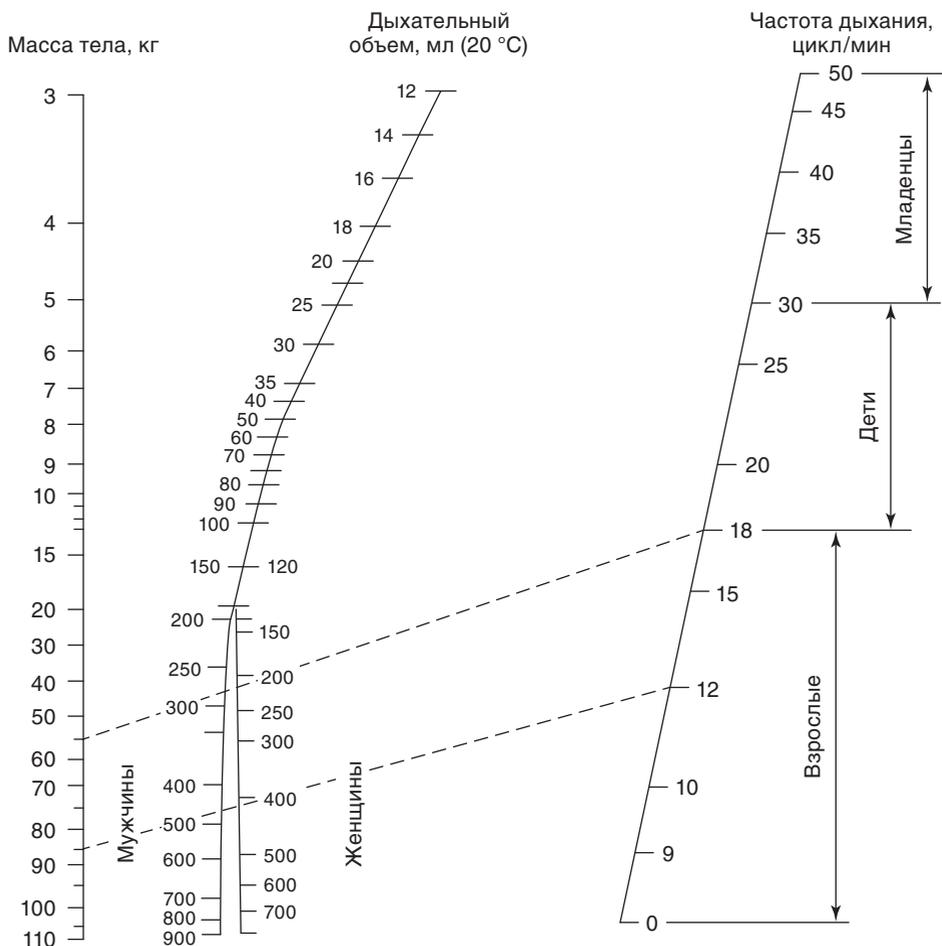


Рис. 21.1. Номограмма Редфорда для расчета дыхательного объема

отражается, в первую очередь, на динамике элиминации углекислоты, и если у больного намечается тенденция к гиперкапнии, рекомендуется постепенно увеличить частоту вентиляции.

Чаще всего используют отношение «вдох : выдох» 1:2. Увеличение этого отношения рекомендуется при склонности к гиперкапнии, в первую очередь при хронических обструктивных заболеваниях легких, бронхо- и бронхиолоспазме.

Содержание кислорода в дыхательной газовой смеси ни при каких обстоятельствах не должно быть меньше 21% ( $F_{I}O_2$  не менее 0,21). Это особенно актуально при использовании ингаляционных анестетиков, в первую очередь динитрогена оксида (закиси азота\*), занимающего большой объем в составе вдыхаемого газа. При наиболее часто используемом соотношении  $O_2 : N_2O = 1:2$  содержание кислорода составляет всего 33%. Увеличение содержания закиси азота\* выше приведенного уровня представляется весьма опасным вследствие возможного развития гипоксемии. В связи с высокой

диффузионной способностью закиси азота\* применение ее нецелесообразно и даже опасно у больных с кишечной непроходимостью (частое развитие послеоперационного пареза кишечника даже у пациентов без непроходимости, но оперированных на желудочно-кишечном тракте, может быть связано с диффузией  $N_2O$  в просвет кишки), воздушными кистами легких, не дренирующимися в бронх, и при операциях по поводу отита. Кроме того, динитрогена оксид (закись азота\*) нужно применять с осторожностью у пациентов со сниженной сократительной способностью миокарда и нарушенной оксигенирующей функцией легких.

Следует уделять внимание выбору и верхнего предела  $F_1O_2$ . Избыточная концентрация кислорода, сопровождающаяся чрезмерным повышением  $PaO_2$ , может иметь ряд неблагоприятных последствий: разрушение сурфактанта, развитие интра- и послеоперационных ателектазов легких, увеличение венозного шунта (гипероксическое легочное шунтирование), гипергидратацию интерстиция, затрудняющую газообмен, и др. Чрезмерное повышение  $P_AO_2$  приводит к нарушению функции сурфактанта, а  $PaO_2$  — к увеличению шунтирования крови (гипероксическое шунтирование).

В плановой хирургии выбор всех параметров ИВЛ должен также основываться на результатах предоперационного обследования больных (функция внешнего дыхания, параметры газообмена и гемодинамики и т.д.). Большое значение имеют сопутствующие заболевания, сопровождающиеся нарушениями гомеостаза, степень выраженности дыхательной и сердечной недостаточности, интоксикации и т.д. Таким образом, выбор параметров респираторной поддержки, как и выбор метода анестезии, должен быть индивидуализирован в соответствии с характером основной хирургической патологии, возрастом и состоянием пациента, наличием той или иной дыхательной аппаратуры. Важно учитывать также предпочтения и опыт хирурга.

Большое значение имеют увлажнение и согревание вдыхаемого газа, особенно при полостных операциях, когда происходит наиболее интенсивная потеря влаги и тепла с серозных поверхностей (потеря тепла может достигать 2–3 °C за 3–4 ч операции), и при использовании аппаратов с полуоткрытым дыхательным контуром. Недостаточное увлажнение вдыхаемого газа приводит к снижению выработки и активности сурфактанта, отеку и воспалению дыхательных путей вплоть до терминальных бронхиол и альвеол, что сопровождается нарушениями газообмена. Последствия несоблюдения этих правил в послеоперационном периоде могут выражаться в нарушениях бронхиальной проходимости, развитии ателектазов и пневмонии.

Оптимизация вентиляционных характеристик во время анестезии облегчается мониторингом основных физиологических параметров. Для контроля правильности выбора параметров респираторной поддержки целесообразно мониторировать МОД или дыхательный объем и частоту вентиляции, отношение «вдох : выдох»,  $P_{peak}$ , растяжимость легких (compliance), а также  $SpO_2$  по пульсоксиметру,  $F_{et}CO_2$  (концентрация  $CO_2$  в конце выдоха, принимаемая за  $F_A CO_2$ ) и содержание  $O_2$  и ингаляционных анестетиков во вдыхаемой газовой смеси. Естественно, это не снижает значимости мониторинга параметров гемодинамики (хотя бы ЭКГ, ЧСС и АД).

## 21.1. ОСОБЕННОСТИ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ ПРИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ БОЛЬНОГО НА ОПЕРАЦИОННОМ СТОЛЕ

Особое значение приобретает выбор рациональных параметров ИВЛ при специальных положениях больного на операционном столе. Так, при боковом положении происходят значительные изменения вентиляционно-перфузионных отношений в легких. В нижележащем (гравитационно зависимом) легком в силу гравитационного эффекта они резко снижаются, перфузия легкого увеличивается по отношению к верхнему, возникает тенденция к повышению давления в соответствующих ветвях легочной артерии. Начинается гипердинамическая гипергидратация интерстиция нижнего (гравитационно зависимого) легкого, уменьшается альвеолярная вентиляция. Этому способствуют более высокое стояние купола диафрагмы на этой стороне, вызванное смещением органов брюшной полости, и давление на нижележащее легкое органов средостения, главным образом — сердца. Растяжимость зависимого легкого уменьшается.

В боковой позиции большая часть дыхательного объема перемещается в верхнее (гравитационно независимое) легкое, где вентиляционно-перфузионные отношения повышаются. Увеличивается отношение  $V_D/V_T$ . Особенно резко нарушаются функции легких при поднятом под грудной клеткой валике. Этот прием у пациентов со сниженными резервными возможностями дыхания и кровообращения следует использовать с большой осторожностью (!).

Следовательно, при боковом положении больного на операционном столе необходимо на 15–20% увеличивать дыхательный объем, хотя при этом увеличивается  $P_{\text{peak}}$ . Следует подчеркнуть, что при положении на боку оксигенация артериальной крови нарушается реже и в меньшей степени, чем элиминация  $\text{CO}_2$ , в связи с этим особенно важен постоянный мониторинг  $P_{\text{et}}\text{CO}_2$  или  $F_{\text{et}}\text{CO}_2$ , особенно у пациентов с выраженными паренхиматозными повреждениями легких.

Значительные нарушения газообмена и гемодинамики возникают, если пациенту придать положение Тренделенбурга. Помимо резкого перемещения диафрагмы и брюшных органов, которые сдавливают оба легких, в результате существенно увеличивается плевральное давление, что затрудняет венозный отток от головного мозга. Современные методы анестезиологического пособия в подавляющем большинстве случаев позволяют провести операцию на тазовых органах, не прибегая к положению Тренделенбурга. Однако, если такое положение все же используют, необходимо повысить  $F_1\text{O}_2$  до 0,45–0,5, а по показаниям — до 1,0. Давление в дыхательных путях, в зависимости от массы тела пациента, как правило, повышается. В этих условиях достаточную элиминацию  $\text{CO}_2$  следует восстанавливать не за счет увеличения дыхательного объема, а увеличивая частоту вентиляции.

Ряд неполостных операций, не сопровождающихся высокой травматичностью, может быть выполнен в условиях общей анестезии без применения миорелаксантов на фоне сохраненного самостоятельного дыхания. В этих

условиях при респираторной поддержке не используют эндотрахеальную интубацию, а проводят ВВЛ масочным методом. Применение традиционных лицевых масок возможно, но предпочтение следует отдать гортанной маске (см. главу 18). Ее использование гарантирует проходимость верхних дыхательных путей, обеспечивает герметичность дыхательного контура и предотвращает аспирацию желудочного содержимого, позволяет выполнять как ВВЛ, так и, при необходимости, ИВЛ. Кроме того, герметичность дыхательного контура позволяет мониторировать газообмен и в соответствии с данными мониторинга прибегать к тому или иному методу респираторной поддержки.

При операциях на органах брюшной полости при наличии показаний можно использовать различные модификации ВЧ ИВЛ: через инжектор, присоединенный к интубационной трубке, тонкий инсuffляционный катетер, введенный в трубку, или специальную эндотрахеальную трубку с двумя каналами. Частота вентиляции обычно составляет 60–110 циклов в минуту при отношении «вдох : выдох» 1:3 или 1:2. ВЧ ИВЛ значительно уменьшает экскурсию диафрагмы и органов брюшной полости, обеспечивая относительную неподвижность операционного поля, что может иметь значение при вмешательствах на верхнем этаже брюшной полости. Преимущества ВЧ ИВЛ перед традиционными методами у больных пожилого и старческого возраста проявляются в достоверном повышении ударного и сердечного индексов, в снижении общелегочного сосудистого сопротивления.

Хорошие результаты были получены и при использовании ВЧО и масочных методов ИВЛ.

Определенные особенности имеет ИВЛ во время реконструктивно-пластических операций, выполняемых с применением микрохирургической техники, которые могут иметь экстраординарную продолжительность (до 30 ч). В этих условиях особое значение приобретают нормовентиляционный режим, эффективное увлажнение и согревание вдыхаемой газовой смеси.

При операциях, выполняемых в положении больного на животе, ограничивается экскурсия грудной клетки и альвеолярная вентиляция снижается при сохранной перфузии. Поэтому показано увеличение дыхательного объема с увеличением  $P_{\text{peak}}$  до безопасного уровня (не более 30 см вод.ст.).

## 21.2. ИСКУССТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ ЛЕГКИХ ВО ВРЕМЯ ОПЕРАЦИЙ У БОЛЬНЫХ С ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА

Особые требования предъявляются к респираторной поддержке у больных с ожирением. Для определения соответствия массы должным величинам обычно используют индексы массы тела (ИндМТ, кг/м<sup>2</sup>):

$$\text{ИндМТ} = \text{масса тела (кг)} : [\text{рост (м)}]^2.$$

При этом:

- ИндМТ < 18,5 кг/м<sup>2</sup> — недостаточная масса тела;
- ИндМТ = 18,5–24,9 кг/м<sup>2</sup> — нормальная масса тела;
- ИндМТ = 25,0–29,9 кг/м<sup>2</sup> — I степень (избыточная масса тела);