

Работа посвящена одной из актуальных тем анестезиологии и реаниматологии, касающейся взаимосвязи механики дыхания при ВПС и легочной гемодинамики. Полученные в результате исследования данные корреляционно-регрессионных связей между механикой дыхания и легочной гемодинамикой с высокой степенью достоверности могут свидетельствовать не только о величине легочного кровотока, внутрисердечного шунта, но и о качестве проведенного оперативного лечения. Целесообразно рекомендовать для внедрения в практику мониторинг показателей механики дыхания в раннем послеоперационном периоде для оценки гемодинамики малого круга кровообращения у пациентов с внутрисердечным шунтированием.

Механические свойства легких у больных с атрезией легочной артерии с дефектом межжелудочковой перегородки в ближайшем послеоперационном периоде

**Е.С.Никитин, В.П.Подзолков, Г.Ю.Суворова,
М.В.Затевахина, И.М.Макрушин, Е.М.Сафонова**

**Научный Центр сердечно-сосудистой хирургии
им. А.Н.Бакулева РАМН, Москва**

С целью изучения механических свойств легких при атрезии легочной артерии (АЛА) в сочетании с дефектом межжелудочковой перегородки (ДМЖП) после выполнения паллиативной операции — реконструкции путей оттока правого желудочка (РПОПЖ) без закрытия ДМЖП — в ближайшем послеоперационном периоде обследовано 7 пациентов. Все больные находились на искусственной вентиляции легких (ИВЛ). Изучены механические свойства легких. По модифицированному методу Фика изучены параметры центральной гемодинамики. Корреляционно-регрессионный анализ выявил статистически достоверные зависимости между механическими свойствами легких и центральной гемодинамикой. Полученные данные по механике дыхания (МД) отражают особенности патоморфологии легочного кровообращения при этом врожденном пороке сердца (ВПС).

Изучение МД у кардиохирургических больных, включая пациентов с ВПС, представляется интересным и перспективным, так как позволяет глубже понять патоморфологические и патофизиологические изменения в легких, которые являются следствием имеющегося порока и/или остро развившегося нарушения кровообращения.

Механические свойства легких, зависящие,

с одной стороны, от параметров вентиляции: дыхательного объема, частоты дыхания, воздушного потока и градиента давления между атмосферой и альвеолами — и рассматриваемые как производные этих параметров [4], с другой стороны, определяются состоянием всех анатомических структур легких: дыхательных путей различного калибра, паренхимы, интерстиция, сосудистой и лимфатической систем, а также легочной гемодинамикой [4, 5, 6, 8, 9].

Теснейшая структурно-функциональная связь между дыхательной и сердечно-сосудистой системами позволяет рассматривать механические свойства легких как интегральный показатель функционального статуса этих систем, а высокая чувствительность параметров МД важна для мониторинга состояния кардиореспираторной системы в условиях операции на сердце и в послеоперационном периоде [3, 4].

При изучении МД при АЛА с ДМЖП мы руководствовались рабочей гипотезой, что у пациентов с этой патологией после необходимого на конкретный момент времени хирургического вмешательства возникают определенные изменения легочного кровотока по сравнению с исходным состоянием и, как следствие, изменение показателей МД.

Знание этих изменений могло бы служить дополнительным критерием при определении тактики ведения больных в послеоперационном периоде.

Изменение механических свойств легких в зависимости от вида оперативного вмешательства также представляется интересным.

Материалы и методы

Обследовано 7 пациентов с АЛА с ДМЖП, которым была выполнена паллиативная операция РПОПЖ без закрытия ДМЖП.

По классификации J.Somerville, у 5 пациентов диагностирована АЛА 1-го типа, у двух — 1,5-го типа. У 4 пациентов коллатеральный легочный кровоток осуществлялся через большие аорто-легочные коллатеральные артерии (БАЛКА), у двух — через открытый артериальный проток, у одного пациента — через мелкие коллатеральные артерии.

Четверо больных в группе оперированы впервые, двоим предварительно выполнена операция наложения системно-легочного анастомоза.

Средний возраст пациентов составил 6 ± 2 лет (здесь и далее указаны среднее значение и стандартное отклонение исследуемой выборки $M \pm SD$), средний рост составил $108,43 \pm 6,98$ см, средняя масса тела — $19,79 \pm 3,26$ кг, средняя площадь поверхности тела — $0,77 \pm 0,086$ м².

Показатели центральной гемодинамики до операции по данным зондирования были: легочный кровоток — $3,46 \pm 0,65$ л/мин/м²; системный кровоток — $3,88 \pm 0,69$ л/мин/м²; коэффициент отношения легочного кровотока к системному — $0,91 \pm 0,14$; эффективный легочный кровоток — $1,86 \pm 1,02$ л/мин/м²; внутрисердечный шунт справа налево — $2,00 \pm 0,46$ л/мин/м²; внутрисердечный шунт слева направо — $0,45 \pm 0,03$ л/мин/м².

Все пациенты в процессе исследования находились на ИВЛ с помощью объемно-ациклического респиратора «Puritan Bennett 7200». Артериальное давление контролировали через канюлю, установленную в *a. radialis*, мониторами «SIRECUST-404-1» фирмы SIMENS. Для оксиметрии забирали порции артериальной (из *a. radialis*) и венозной (из *v. cava sup.*) крови. Определение кислотно-основного равновесия, уровня основных электролитов и оксиметрия осуществлялись аппаратом «Nova biomedical».

МД изучали флуометрическим методом после обтурации воздушного потока на высоте вдоха длительностью 0,3 сек. с помощью специального блока, встроенного в респиратор, позволяющего по давлению в проксимальных дыхательных путях и заданному дыхательному объему автоматически рассчитывать показатели МД и отображать их на дисплее респиратора. Измеряли статический комплайнс (Cst) и инспираторное сопротивление дыхательных путей (Rinsp).

Измерения проводились у всех пациентов в стандартных условиях: первое — через 15 мин после поступления больного в отделение реанимации; второе, третье и четвертое — соответственно через 1, 2 и 3 часа, затем каждые 3 часа послеоперационного периода. ИВЛ осуществлялась в режиме CMV в условиях сна с $PEEP=0$, $FiO_2=1.0$. Параметры вентиляции устанавливали стандартно в соответствии с возрастом и массой тела пациента.

Параллельно проводили изучение показателей центральной гемодинамики по модифицированному методу Фика [4].

Всем пациентам определяли: статический комплайнс легких — Cst (мл/мбар; 1 мбар=1 см H₂O); инспираторное сопротивление дыхательных путей — Rinsp (мбар/л/сек); выдыхаемый объем — Vex (л); минутную вентиляцию легких — MV (л/мин); выдыхаемую — FeO_2 концентрацию O₂; сатурацию крови в верхней полой вене — Sat VO₂; сатурацию артериальной крови — SatAO₂; гемоглобин — Hb (г/л).

Рассчитывали: сатурацию смешанной венозной крови — SatVmixO₂, сатурацию крови в легочной артерии — SatpAO₂, эффективный легочный кровоток — Qepbf (л/мин/м²), легочный кровоток — Qp (л/мин/м²), системный кровоток — Qs (л/мин/м²), величину внутрисердечного шунта слева направо — Shl-p (л/мин/м²), справа налево — Slip-l (л/мин/м²), коэффициент отношения легочного кровотока к системному — Qp/Qs как показатель степени легочной волемии [3, 4]. Определение концентрации кислорода в выдыхаемом воздухе осуществлялось монитором «Oxygen Monitoring System» фирмы Puritan Bennett.

Для всех показателей были рассчитаны средние значения, средние ошибки, стандартные отклонения. На персональном компьютере IBM PC проведен корреляционно-регрессионный анализ между показателями МД и центральной гемодинамики с коэффициентом достоверности не более 0,05 ($P < 0,05$).

Результаты

Нами получены следующие показатели МД: статический комплайнс легких в среднем равнялся $17,3 \pm 3,38$ мл/мбар, инспираторное сопротивление дыхательных путей — $21,2 \pm 4,85$ мбар/л/с, дыхательный объем — $0,22 \pm 0,05$ л, коэффициент отношения Cst к Vex, создающему данный комплайнс — (Cst/Vex) $7,87 \pm 1,4$.

При сравнении показателей легочной гемодинамики, полученных после операции РПОПЖ, с исходными данными выявлена тенденция к увеличению эффективного легочного кровотока на 25% с $1,86$ до $2,34$ л/мин/м², легочного кровотока — на 11% с $3,46$ до $3,86$ л/мин/м², внутрисердечного шунта слева направо — на 24% с $0,45$ до $1,52$ л/мин/м², коэффициента отношения легочный кровоток / системный кровоток — на 55% с $0,75$ до $1,16$.

Корреляционно-регрессионный анализ между показателями МД и центральной гемодинамикой выявил следующие статистически достоверные взаимосвязи: между Cst/Vex и величиной легочного кровотока — Qp ($r=-0,82$, $P<0,025$); между Cst/Vex и величиной внутрисердечного шунта слева-направо ($r=-0,91$, $P<0,004$); между Cst/Vex и коэффициентом отношения легочного кровотока к системному Qp/Qs ($r=-0,84$, $P<0,02$); между сопротивлением дыхательных путей R_{insp} и величиной легочного кровотока Qp ($r=0,83$, $P<0,02$); между сопротивлением дыхательных путей и величиной внутрисердечного шунта слева-направо $r=0,85$, $P<0,01$.

Обсуждение

Полученные результаты можно считать первыми систематизированными данными по МД у больных с АЛА и ДМЖП после РПОПЖ, так как в доступной нам литературе имеются лишь единичные данные по МД при этом ВПС. На сегодняшний день вопрос о взаимосвязи между МД и легочной гемодинамикой не вызывает сомнений [3–10]. Большинство исследований по МД при ВПС проведено при пороках с увеличенным легочным кровотоком [5, 6, 8, 9], протекающих с легочной симптоматикой. Пороки с так называемым редуцированным легочным кровотоком, протекающие без легочной симптоматики [5, 6], изучались значительно менее активно и, как правило, использовались для подчеркивания значимости изменений механических свойств легких при пороках с гипervолемией малого круга кровообращения [5, 6, 8, 9].

Полученные результаты мы анализировали, опираясь на результаты [3, 4], которые выявили особенности МД в зависимости от преобладающего типа легочного кровотока (коллатерального или истинного легочного), а также на доказанные взаимосвязи между МД и центральной гемодинамикой [3–10].

При сравнении МД при АЛА с ДМЖП после РПОПЖ с аналогичными показателями при тетраде Фалло (ТФ) в антропометрически схожих группах оказалось, что МД при АЛА с ДМЖП после РПОПЖ занимает некое промежуточное положение между цианотической (классической) и ацианотической («бледной») формами ТФ. Коэффициент соотношения комплайенса к объему, который рассматривается как маркер коллатерального кровотока [3, 4], в нашем исследовании был меньшим, чем при «синей» форме ТФ ($7,87\pm 1,07$ и $9,30\pm 1,44$ соотв.), на 15% и большим, чем при «бледной» форме ТФ ($7,87\pm 1,07$ и $7,55\pm 0,88$ соотв.). Если учесть, что «синяя» форма ТФ рассматривается как модель преобладания коллатерального типа легочного кровотока, а «бледная» — как модель преобладания истинного легочного кровотока при пороках с редуцированным легочным кровотоком [3, 4], то полученные нами данные по коэффициенту отношения комплайенса к дыхательному объему можно

расценивать как признак появления после операции одновременно двух типов кровоснабжения легких у наших пациентов, что после выполнения РПОПЖ теоретически может иметь место.

Полученные средние значения комплайенса ($17,3\pm 3,05$ мл/мбар) были меньше, чем при «синей» форме ТФ ($30,0\pm 6,05$ мл/мбар), на 42% (разница достоверная — $P=0,002$), и меньше, чем при «бледной» форме ТФ ($20,1\pm 4,68$ мл/мбар). Меньшее значение податливости у пациентов исследуемой группы по сравнению с «синей» формой ТФ можно объяснить тем, что объем легочного кровотока у них был большим (учитывая сочетание двух видов легочного кровообращения).

При сравнении величины легочного, эффективного легочного кровотоков и величины внутрисердечного шунта слева-направо — параметров легочной гемодинамики, оказывающих наибольшее влияние на МД, полученных у наших больных, с аналогичными показателями при ТФ с «синей» формой, оказалось, что они действительно больше в исследуемой группе: легочный кровоток — $3,86\pm 1,32$ и $2,72\pm 0,79$ л/мин², что на 42% больше ($P=0,003$), эффективный легочный кровоток — $2,34\pm 0,58$ и $2,27\pm 0,76$ л/мин/м², внутрисердечный шунт слева-направо — $1,52\pm 0,99$ и $0,44\pm 0,19$ л/мин/м², что на 25% больше ($P=0,004$).

Тот факт, что значения комплайенса в исследуемой группе оказались меньшими, чем при «бледной» форме ТФ, мы также можем объяснить, опираясь на показатели легочной гемодинамики, несмотря на то что по всем показателям легочный кровоток у пациентов с «бледной» формой ТФ был большим, чем в исследуемой группе: легочный кровоток — $6,61\pm 1,97$ и $3,86\pm 1,32$ л/мин/м², эффективный легочный кровоток — $3,40\pm 0,92$ и $2,34\pm 0,58$ л/мин/м², внутрисердечный шунт слева-направо — $3,21\pm 1,66$ и $1,52\pm 0,99$ л/мин/м², по всем показателям разница статистически достоверная ($P=0,002$; 0,008 и 0,016 соотв.).

Не следует забывать о мощном коллатеральном кровоснабжении у больных с АЛА, которое, по всей видимости, редуцируется не сразу. Кроме того, при АЛА имеет место остаточное перекрестное шунтирование. В качестве рабочей гипотезы нам кажется вероятным, что на отличие МД при АЛА с ДМЖП от других ВПС с редуцированным легочным кровотоком, и прежде всего с ТФ, может влиять факт различия типов коллатерального кровотока при этих пороках. Так, при ТФ преобладает бронхиальный тип коллатерального кровотока [2]. Для него характерно, что максимальное количество анастомозов между бронхиальными и легочными артериями расположено в преацинарной зоне [1], что и оказывает решающее влияние на особенности МД при ТФ [3, 4].

При АЛА с ДМЖП преобладает коллатеральный кровоток через прямые и не прямые аортальные ветви, для которых характерно расположение

анастомозов с легочными артериями на уровне долевых и сегментарных артерий. По всей вероятности, для них также характерны и изменения микроциркуляторного русла, подробно описанным для ТФ (скорее для «бледной» формы), но, в какой степени они выражены, пока неясно.

Средние значения сопротивления в исследуемой группе были меньше, чем у «бледной» ТФ ($21,13 \pm 2,47$ и $33,3 \pm 6,04$ мбар/л/с соотв.), на 37% ($P=0,001$) и меньше, чем при «синей» ТФ ($21,13 \pm 2,47$ и $24,8 \pm 3,87$ мбар/л/с соотв.), на 15%, что мы также объясняем перечисленными выше особенностями коллатерального кровотока при этом ВПС.

Полученные нами корреляционно-регрессионные связи между МД и легочной гемодинамикой позволяют выделить величину легочного кровотока, внутрисердечного шунта слева-направо и коэффициент отношения легочного кровотока к системному как основные параметры гемодинамики, оказывающие наибольшее влияние на МД при АЛА с ДМЖП.

Полученные результаты корреляционно-регрессионного анализа между МД и легочной гемодинамикой при первом исследовании через 15 мин после поступления больного в отделение реанимации характерны для преобладания коллатерального типа легочного кровотока [3, 4]: корреляция между C/V_{ex} и легочным кровотоком — $r=0,69$; C/V_{ex} и величиной внутрисердечного шунта слева-направо — $r=0,84$; низкие значения коэффициента корреляции между легочной гемодинамикой, комплайном и сопротивлением дыхательных путей, а именно, между комплайном и легочным кровотоком — $r=0,15$; комплайном и шунтом слева-направо — $r=0,15$; комплайном и коэффициентом отношения легочного кровотока к системному — $r=0,32$. Однако исследования корреляций через 4 часа позволяют говорить о тенденции изменения типа легочного кровотока у наших пациентов, а именно, отмечается увеличение корреляционных зависимостей между Q_p/Q_s и комплайном — $r=0,84$; между шунтом слева-направо и комплайном — $r=0,99$; между сопротивлением дыхательных путей и Q_p/Q_s — $r=0,99$. Это подтверждается и выявленной тенденцией в изменении МД в первые 4 часа, а именно тенденцией к уменьшению

комплаинса на 13% — с 17,3 до 15,0 мл/мбар, увеличение сопротивления на 17,5% — с 21,1 до 24,8 мбар/л/с и снижение коэффициента C/V_{ex} на 16,8% — с 7,86 до 6,54 при одном и том же $V_{ex}=0,23$ л.

Действительно ли имеется переход от коллатерального типа легочного кровоснабжения к кровоснабжению по истинным легочным артериям после операции РПОПЖ при АЛА с ДМЖП, в какие сроки он происходит, в какой степени, могут ли показатели МД отражать этот процесс? Эти вопросы являются предметом наших дальнейших исследований.

Выводы

1. Показатели МД при АЛА с ДМЖП после РПОПЖ без закрытия ДМЖП занимают переходное положение между МД при «синей» и «бледной» формах ТФ.

2. После выполнения операции РПОПЖ отмечается тенденция к увеличению показателей легочной гемодинамики: легочного кровотока на 11,5%, эффективного легочного кровотока на 25% и величины внутрисердечного шунта слева-направо на 55%.

3. Выявленные корреляционно-регрессионные связи между МД и легочной гемодинамикой позволяют определить легочный кровоток, коэффициент отношения легочного кровотока к системному и внутрисердечный шунт слева-направо как главные показатели легочной гемодинамики, влияющие на МД при АЛА с ДМЖП после РПОПЖ.

4. Динамика показателей МД и их корреляций с легочной гемодинамикой в первые 4 часа послеоперационного периода может свидетельствовать о постепенном повышении удельного веса истинного легочного кровоснабжения в общей системе послеоперационного кровоснабжения легких у больных с АЛА и ДМЖП, включая коллатеральный тип.

5. Мониторинг показателей МД может быть использован в раннем послеоперационном периоде для оценки гемодинамики малого круга кровообращения у пациентов с внутрисердечным шунтированием при лабильной легочной гемодинамике.

Литература

1. Архангельская Н.В. Перестройка артерий легких при врожденных пороках сердца и магистральных сосудов. М., 1971. С.9–20.
2. Барчуков А.Ю. // Грудная хирургия. 1986. №4. С.73–80.
3. Затевахина М.В., Цимбалов С.Г. // Грудная хирургия. 1996. №3. С.135–140.
4. Цимбалов С.Г. Механические свойства легких у больных тетрадой Фалло: Дисс. ... канд. мед. наук. М., 1996.
5. Bancalari E., Tease M.J., et al. // J. Pediatr. 1977. V.90. P.192–195.
6. Freezer N.J., Lanteri C.J., Sly P.D. // J. Appl. Physiol. 1993. V.74. P.1083–1088.
7. Griffin A.J., Ferrara J.D. // Amer. J. Dis. Child. 1972. V.123. P.89–95.
8. Hewlett G. // Archives of Disease in Childhood. 1972. V.47. P.707–714.
9. Lanteri C.J., Kano S., Duncan A.W., Sly P.D. // Am. J. Respir. Crit. Care Med. 1995. V.152. P.1893–1900.
10. Wallcreech G.F., Greubelle, Koch G. // Acta Paediatrica. 1960. V. P.415–425.