

МОНИТОРИНГ ВЕНОЗНОЙ САТУРАЦИИ В АНЕСТЕЗИОЛОГИИ И ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ

А. А. Сметкин, М. Ю. Киров

Северный государственный медицинский университет,
кафедра анестезиологии и реаниматологии, Архангельск

Venous Saturation Monitoring in Anesthesiology and Intensive Care

A. A. Smetkin, M. Yu. Kirov

Department of Anesthesiology and Reanimatology,
North State Medical University, Arkhangelsk

Обзор освещает проблему адекватности транспорта кислорода к тканям и возможность ее оценки с помощью мониторинга насыщения венозной крови кислородом. Приведены физиологические основы и принципы мониторинга венозной сатурации, а также литературные данные об эффективности использования мониторинга насыщения венозной крови кислородом в различных областях медицины критических состояний. *Ключевые слова:* транспорт кислорода, венозная сатурация, доставка кислорода.

The review describes the problem of adequacy of oxygen transport and the ability of its assessment using the venous oxygen saturation monitoring. The paper contains physiological basics and principles of venous oxygen saturation monitoring as well as current data regarding the efficacy of such monitoring in different fields of critical care medicine. *Key words:* oxygen transport, venous oxygen saturation, oxygen delivery.

Трудно представить себе жизнь без кислорода. Все живые организмы, за исключением некоторых бактерий и паразитов, для поддержания своей жизнедеятельности непрерывно поглощают кислород из окружающей среды. Важность кислорода в поддержании жизни впервые была показана в экспериментах Джозефа Пристли в 1772 году, в которых он помещал лабораторных мышей под герметично закрытый стеклянный колпак [1]. Мыши, которых помещали под колпак вместе с растениями, выживали (таким образом, одновременно был открыт и фотосинтез), тогда как находившиеся под колпаком изолированно, без растений, умирали.

Транспорт кислорода к клеткам является сложноорганизованным и определяется слаженной работой многих систем организма, поэтому повреждение даже одного из его звеньев может привести к нарушению всего процесса доставки кислорода. Именно поэтому любое критическое состояние, проявляющееся полиорганной недостаточностью (ПОН), сопровождается нарушением доставки кислорода к клеткам. В то же время считается, что одной из причин развития и поддержания ПОН является дефицит кислорода в тканях организма [2, 3]. При этом летальность, в зависимости от количества вовлеченных органов и продолжительности органной дисфункции, по данным разных авторов, достигает 90% и более [4].

В работе Shoemaker и соавт. было отмечено, что выживаемость реанимационных больных, имеющих так называемую супранормальную доставку кислорода, когда уровень доставки кислорода к клеткам превышает нормальные показатели, существенно выше [5]. Эта находка послужила основанием для проведения многочисленных исследований терапии, основанной на достижении супранормального уровня доставки кислорода к клеткам. Однако результаты проведенных исследований оказались противоречивыми — одни работы подтвердили преимущества супранормальной доставки кислорода к клеткам [6–8], в других данная тактика не показала каких-либо преимуществ [9, 10]. Тем не менее, несмотря на неоднозначность полученных результатов, обеспечение адекватности доставки кислорода к клеткам остается одним из важнейших вопросов интенсивной терапии.

При проведении интенсивной терапии в качестве целевых ориентиров чаще всего используются такие показатели как артериальное давление, частота сердечных сокращений, центральное венозное давление и уровень диуреза. Однако тканевая гипоксия может сохраняться несмотря на нормализацию данных показателей [11]. Одним из маркеров адекватности доставки кислорода к клеткам организма может служить уровень насыщения венозной крови кислородом (венозная сатурация), который отражает количество кислорода, оставшееся в крови после ее прохождения через капиллярное русло, где происходит экстракция кислорода.

Венозная сатурация — основы метода

Доставка кислорода к клеткам определяется взаимодействием трех основных факторов — уровня гемоглобина в крови, степени насыщения гемоглобина кислородом (артериальная сатурация) и сердечного выброса (минутный объем кровообращения), что может быть отражено в известной формуле:

$$DO_2 = 1,34 \times Hb \times SaO_2 \times CB,$$

где DO_2 — уровень доставки кислорода к клеткам (мл/мин); $1,34$ — коэффициент, который показывает количество кислорода в мл, которое может связаться с 1 г гемоглобина при его полном насыщении (может варьировать от 1,34 до 1,39); Hb — уровень гемоглобина в крови (г/л); SaO_2 — уровень насыщения артериальной крови кислородом (в относительных единицах); CB — сердечный выброс (л/мин). В свою очередь, состояние детерминант доставки кислорода зависит от еще большего количества факторов. Так, например, CB определяется взаимодействием преднагрузки, сократимости миокарда, постнагрузки, частоты сердечных сокращений и состояния клапанного аппарата. На уровень доставки кислорода к клеткам кроме Hb , SaO_2 и CB оказывают влияние периферическое распределение сердечного выброса, механическая проходимость капиллярного русла, способность эритроцитов деформироваться, способность гемоглобина отдавать в капиллярах кислород и т. д.

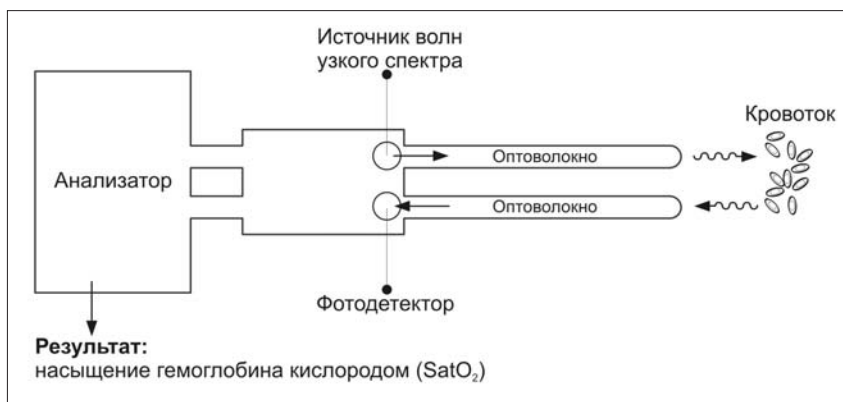


Рис. 1. Принцип спектрофотометрии.

С другой стороны, кислородный баланс клеток и тканей организма определяется уровнем потребления кислорода, основной детерминантой которого является функциональная активность клеток. Так, о работе желез внутренней секреции можно судить по уровню вырабатываемых ими гормонов в крови, а о состоянии мышечных клеток можно судить по способности их преодолевать прикладываемую к ним нагрузку. О функциональной активности клеток всего организма косвенно можно судить по температуре тела. Соответственно, повышение температуры тела свидетельствует о повышении общей активности клеток, а снижение температуры тела — о снижении функциональной активности клеток. В целом, повышение активности клеток организма приводит к возрастанию потребности в кислороде, что компенсируется повышением доставки кислорода и увеличением степени его экстракции из крови.

Как было отмечено выше, уровень венозной сатурации определяется количеством кислорода, доставленного к клеткам, и степенью его экстракции в капиллярах, в связи с чем данный показатель можно использовать в качестве индикатора адекватности транспорта кислорода к клеткам и его потребления.

Уровень венозной сатурации может быть определен одним из двух основных методов — дискретным (прерывистым) и непрерывным [12].

При использовании дискретного метода для определения уровня венозной сатурации из соответствующей анатомической области забирается образец венозной крови с последующим проведением анализа данного образца на стационарном газовом анализаторе, позволяющем определять уровень насыщения крови кислородом (метод кооксиметрии). Дискретный способ определения венозной сатурации применим у относительно стабильных пациентов, когда не ожидается внезапных изменений доставки и потребления кислорода. Кроме того, на правильность и точность дискретного метода определения насыщения венозной крови кислородом оказывают влияние правильность забора образца крови (отсутствие в образце воздушных пузырей и сгустков крови) и своевременность проведения газового анализа (не позднее 30 мин с момента забора образца).

В основу непрерывного определения уровня венозной сатурации положен принцип спектрофотометрии, базирующийся на способности оксигенированного и деоксигенированного гемоглобина поглощать и отражать световые волны разной длины. В венозное сосудистое русло пациента вводится оптоволоконный катетер, проводящий световые волны красного и инфракрасного спектра, излучаемые светодиодами аппарата. Частично поглотившись и частично отразившись, световые волны возвращаются по тому же оптическому волокну в аппарат, где анализируется уровень их интенсивности и по разности интенсивности излученного и поглощенного света вычисляется уровень насыщения крови кислородом (рис. 1).

Использование непрерывного метода определения венозной сатурации позволяет проводить мониторинг адекватности доставки кислорода к клеткам организма в условиях, когда существует вероятность резкого изменения доставки и/или потребле-

ния кислорода. Кроме того, непрерывное определение венозной сатурации позволяет избежать ятрогенную кровопотерю, связанную с забором образцов крови при дискретном методе. Однако при использовании непрерывного метода определения насыщения венозной крови кислородом возможны ошибки, связанные преимущественно с неправильным положением катетера (кончик катетера может упираться в сосудистую стенку). В данном случае, ошибку измерения помогает выявить уровень сигнала, отображаемый на некоторых мониторных системах. Кроме того, определение венозной сатурации непрерывным методом сопряжено с увеличением инвазивности процедуры.

Точки определения венозной сатурации

Для определения уровня венозной сатурации потенциально может быть выбран любой венозный сосуд. При этом, чем ближе выбранная вена будет расположена к сосудистому бассейну какого-либо определенного органа, тем более полученное значение венозной сатурации будет отражать кислородный баланс данного органа. Так, например, при анализе уровня венозной сатурации в лukuвице яремной вены полученное значение будет отражать кислородный баланс головного мозга. Наиболее часто значение венозной сатурации определяют в двух основных точках:

- в проксимальной части легочной артерии — смешанная венозная сатурация (СВС);
- в одной из полых вен (чаще в верхней), непосредственно перед входом в правое предсердие — центральная венозная сатурация (ЦВС).

Для определения уровня СВС необходимо проведение катетеризации легочной артерии — метода, который сам по себе позволяет получить много ценной информации о состоянии гемодинамики пациента. Появление катетеров Сван-Ганца со встроенными оптоволоконными датчиками позволило расширить возможности гемодинамического мониторинга за счет дополнительного введения такой важной опции, как непрерывное определение СВС, отражающее глобальный уровень оксигенации организма. Однако высокая стоимость подобных катетеров несколько ограничивает их широкое использование в клинической практике. Другим важным фактором, ограничивающим применение этих катетеров, является потенциальный риск осложнений, возникающих при катетеризации легочной артерии.

В качестве альтернативы может быть использовано определение уровня центральной венозной сатурации. Мониторинг ЦВС осуществляют с помощью катетера в центральной вене, который устанавливается в рутинном порядке у большинства реанимационных больных. Это позволяет существенно сократить денежные затраты на используемые расходные материалы и снизить риск инфекционных, травматических и других осложнений катетеризации легочной артерии.

Нормальное значение венозной сатурации

Считается, что нормальное значение венозной сатурации — 70%, тем не менее в определенных ситуациях оно может варьировать. Так, в одном из наиболее ранних исследований венозной сатурации, проведенном на 26-и здоровых добровольцах, которые дышали атмосферным воздухом, были проанализированы значения сатурации венозной крови, взятой из верхней и нижней полых вен, из правого предсердия, из правого желудочка и из легочной артерии [13]. Среднее значение венозной сатурации в верхней по-

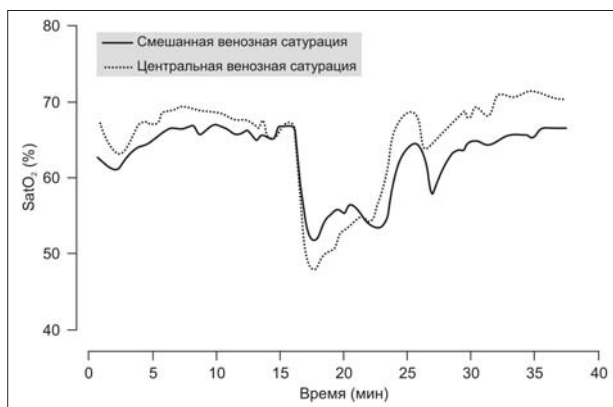


Рис. 2. Параллельность изменения показателей центральной и смешанной венозной сатурации у пациента с острым респираторным дистресс-синдромом [27].

лой вене составляло при этом 76,8%, в легочной артерии — 78,4%. В другом исследовании, изучавшем изменение показателя ЦВС в ответ на ортостатическую гипотензию, его среднее значение на момент начала исследования было 75% (разброс 69–78%) [14].

Принимая во внимание данные приведенных выше исследований и нормальное значение парциального напряжения кислорода в венозной крови, которое составляет 35–40 мм рт. ст., значение венозной сатурации у здоровых людей может варьировать в пределах 70–80%. Однако пациенты с хронической сердечной недостаточностью могут жить с более низкой венозной сатурацией (до 65%) без признаков тканевой гипоксии, что обусловлено компенсаторным увеличением экстракции кислорода в ответ на сниженную его доставку [15].

Взаимосвязь между смешанной и центральной венозной сатурацией

Введение в клиническую практику катетера Сван-Ганца значительно расширило возможности гемодинамического мониторинга. Однако высокая инвазивность, техническая сложность, угроза потенциально опасных осложнений и прочие недостатки катетеризации легочной артерии послужили основанием для проведения многочисленных исследований эффективности интенсивной терапии, основанной на показателях легочной гемодинамики. Результаты работ последних лет не показали каких-либо преимуществ катетеризации легочной артерии у больных, находящихся в критических состояниях, в том числе у пациентов с септическим шоком и при периоперационном ведении пациентов высокого риска [16–18]. В связи с этим возникает вопрос об эффективности использования центральной венозной сатурации в качестве альтернативы более инвазивному определению смешанной венозной сатурации.

Различия в доставке и потреблении кислорода между верхней и нижней половинами туловища варьируют у здоровых и у больных людей.

В норме значение центральной венозной сатурации (определенной в верхней полой вене) несколько ниже, чем смешанной (76,8 против 78,4%) [13]. Это обусловлено более высоким содержанием кислорода в крови нижней полой вены, что объясняется преобладанием в спланхнической зоне доставки кислорода над его потреблением. Однако нормальное соотношение между центральной и смешанной венозной сатурацией может изменяться при развитии нестабильности гемодинамики. В состоянии шока происходит снижение кровотока в спланхнической области и в зоне почек, тогда как кровоток в сердце и головном мозге остается неизменным [19]. Это неизбежно приводит к снижению содержания кислорода в крови нижней полой вены и изменению нормального соотношения между центральной и смешанной венозной сатурацией.

Одно из наиболее ранних исследований, сравнивающих центральную и смешанную венозные сатурации, было проведено Scheinman и соавт. в 1969 г. [20]. В своей работе авторы проводили сравнение данных показателей у гемодинамически стабильных пациентов и пациентов с шоком. При стабильной гемодинамике значения центральной и смешанной венозной сатурации не различались (соответственно, $54,7 \pm 19,9$ и $56,9 \pm 21,2\%$, $p > 0,1$), тогда как у пациентов с сердечной недостаточностью ЦВС была несколько выше, чем СВС (соответственно, $61,8 \pm 8,8$ и $58,2 \pm 8,7\%$, $p < 0,1$), а у пациентов с шоком сдвиг в соотношении центральной и смешанной венозной сатурации был еще более выраженным (ЦВС $58,0 \pm 13,1$ против СВС $47,5 \pm 15,1\%$, $p < 0,001$). Авторы отметили тесную корреляцию между ЦВС и СВС у гемодинамически стабильных пациентов, однако коэффициент корреляции уменьшался при развитии шока. В то же время, несмотря на то, что корреляция между значениями ЦВС и СВС при шоке уменьшалась, сохранялась однонаправленность изменений обоих показателей.

Дальнейшие исследования, проведенные как в экспериментальных, так и в клинических условиях, также показали высокий коэффициент корреляции между двумя показателями при стабильной гемодинамике [21, 22]. Как и в предыдущих работах, нестабильность гемодинамики оказывала существенное влияние на соотношение между показателями венозной сатурации. В ряде исследований отмечалась тесная корреляция, как между абсолютными значениями, так и между направленностью их изменений (рис. 2) [23–27]; в других работах подобная ситуация сохранялась лишь по динамике венозной сатурации [28].

Тем не менее, несмотря на неоднозначность данных о взаимосвязи между абсолютными значениями центральной и смешанной венозной сатурации, высокая корреляция между направленностью изменений этих показателей позволяет использовать ЦВС как альтернативу СВС. Окончательное клиническое решение должно приниматься на основании динамики показателей, а не руководствуясь данными единичного измерения.

Использование венозной сатурации в клинической практике

Оценка тяжести состояния больного.

У пациентов с дыхательной недостаточностью смешанная венозная сатурация может быть одним из критериев нарушения кислородного баланса, на основании чего осуществляется подбор параметров ИВЛ и других методов респираторной терапии [29–31].

В одном из недавних исследований, проведенном в многопрофильном отделении интенсивной терапии, было показано, что летальность пациентов с ЦВС $< 60\%$ была в 1,7 раза выше. При этом проводимые лечебные мероприятия позволили лишь незначительно повысить значение ЦВС, что, однако, не повлияло на исход [32].

Гиповолемия и геморрагический шок.

Влияние кровопотери на изменение венозной сатурации хорошо описано как в экспериментальных, так и в клинических работах.

Так, Reinhart и соавт. в исследовании на анестезированных собаках продемонстрировали изменения СВС и ЦВС, которые точно отражали основные этапы исследования — период гипоксии, период гипероксии, период кровопотери и последующее восстановление волемического статуса. При этом значения венозной сатурации варьировали от 60% в начале исследования до 35% в период гиповолемии [23]. В другом экспериментальном исследовании, также проведенном на собаках, определяли корреляционные зависимости между рядом гемодинамических показателей и выраженностью кровопотери [24]. Центральное венозное давление, давление заклинивания легочных капилляров, артериальное давление и частота сердечных сокращений не показали тесной корреляционной зависимости с выраженностью кровопотери, тогда как изменения сердечного индекса, а также центральной и смешанной венозной сатурации точно отражали ее объем.

В клинических условиях Madsen и соавт. исследовали влияние гиповолемии и ортостатической гипотензии на показатель центральной венозной сатурации. Среднее значение ЦВС на фоне гипотензии снижалось с 75 до 60%, параллельно с этим происходило падение сердечного выброса с 4,3 до 2,7 л/мин [14]. Примечательно, что Kowalenko и соавт. [33], а также Scalea и соавт. [34] показали, что пациенты с травмой и геморрагическим шоком, у которых после проведения первичных реанимационных мероприятий значение ЦВС оставалось ниже 65%, чаще нуждались в проведении дополнительных лечебных мероприятий и оперативных вмешательств.

Сердечная недостаточность и инфаркт миокарда.

Первое исследование ЦВС в кардиологии было выполнено Goldman, который определял корреляцию между данным показателем, тяжестью миокардиальной недостаточности и последующим ответом на проводимую терапию [35]. Было доказано, что пороговое значение ЦВС 60% позволяет выявить больных со скрытой сердечной недостаточностью. Снижение ЦВС менее 45% ассоциировалось с развитием кардиогенного шока. Дальнейшие исследования показали, что снижение ЦВС и СВС у больных с инфарктом миокарда, сердечной недостаточностью и кардиогенным шоком также коррелирует с тяжестью поражения миокарда [20, 36].

Andeg и соавт. [37] изучали пациентов с декомпенсированной хронической сердечной недостаточностью (фракция выброса < 30%). Больные были разделены на две группы — с нормальным лактатом крови и с повышенным лактатом. Авторы отметили достаточно высокое количество больных со «скрытым кардиогенным шоком», у которых значения ЦВС варьировали от 26,4 до 36,8%, несмотря на отсутствие клинических признаков кардиогенного шока. Использование целенаправленного подхода к контролю преднагрузки, постнагрузки, сократимости миокарда, коронарной перфузии и оптимизации частоты сердечных сокращений позволило стабилизировать ситуацию у пациентов с нормальным уровнем лактата, в то время как при «скрытом кардиогенном шоке» требовалось проведение дополнительных лечебных мероприятий.

Остановка кровообращения, сердечно-легочная реанимация и постреанимационный период.

В ряде работ ЦВС была исследована у пациентов с острой остановкой кровообращения [38–40]. Развитие остановки кровообращения сопровождалось падением ЦВС до 5–20%. Было отмечено, что неспособность достигнуть хотя бы 40% уровня ЦВС при проведении комплекса сердечно-легочной реанимации ассоциируется со 100% летальностью. При увеличении ЦВС до значений 40–72% вероятность благоприятного исхода резко возрастает. Вероятность восстановления спонтанного кровообращения наиболее высока при достижении ЦВС > 72%. Кроме того, ЦВС использовалась на фоне предполагаемой электромеханической диссоциации и идиовентрикулярного ритма [41]. При этом, более чем у 35% пациентов было выявлено наличие спонтанного кровообращения, свидетельствующее о ложной диагностике электромеханической диссоциации.

В раннем постреанимационном периоде пациенты часто остаются гемодинамически нестабильными, при этом высок риск повторной остановки кровообращения. В этой ситуации снижение ЦВС (< 40–50%) свидетельствует о высокой вероятности повторной остановки кровообращения, тогда как ее значение в пределах 60–70% говорит о стабильности гемодинамики. При длительном повышении ЦВС (> 80%) на фоне низкой доставки кислорода очень высока вероятность неблагоприятного исхода, так как данные изменения говорят о неспособности тканей утилизировать кислород [39]. Подобные изменения чаще всего встречаются при длительной остановке кровообращения и на фоне использования высоких доз вазопрессоров [42].

Оперативные вмешательства высокого риска.

В недавнем исследовании, проведенном Pearse и соавт., изучалось влияние так называемой целенаправленной терапии на исход лечения у пациентов, которым проводили обширные оперативные вмешательства. Для достижения цели (доставки кислорода более 600 мл/мин/м² — супранормальная доставка

кислорода) авторы использовали инфузионную терапию и введение допексамина в течение 8 ч послеоперационного периода. Целевое значение доставки кислорода было достигнуто у 80% пациентов группы целенаправленной терапии и у 45% пациентов контрольной группы. Данная тактика не позволила достоверно снизить риск летального исхода, однако было отмечено, что у пациентов, имевших уровень ЦВС менее 64,4%, частота развития послеоперационных осложнений была значимо выше, чем у больных с более высокими значениями венозной сатурации [43].

В многоцентровом исследовании, проведенном Jacob и соавт., изучалась взаимосвязь низких значений ЦВС и периоперационных осложнений у пациентов высокой категории риска. Авторы отметили, что частота развития послеоперационных осложнений и продолжительность госпитализации были значимо выше в группе пациентов с ЦВС менее 73% [44].

Мониторинг венозной сатурации имеет важное значение и в кардиохирургии. Так, у этой категории больных было доказано, что изменения СВС достоверно отражают динамику сердечного индекса и развиваются раньше, чем изменения артериального давления и частоты сердечных сокращений [45, 46]. В другом исследовании, проведенном на 19-и пациентах кардиохирургического и пульмонологического профиля, авторы показали, что снижение СВС < 65% ассоциировалось с большей частотой развития осложнений, особенно аритмий [47].

Тяжелый сепсис и септический шок.

Первоначально в большом проспективном исследовании, проведенном Gattinoni и соавт., не было показано убедительных преимуществ тактики ведения пациентов, направленной на достижение уровня СВС более 70% [10]. Однако дальнейшие работы изменили отношение к венозной сатурации при сепсисе. Так, проспективное рандомизированное исследование, проведенное Rivers и соавт., показало, что тактика ранней агрессивной терапии, основанной на данных ЦВС, центрального венозного и среднего артериального давлений, позволяет достоверно улучшить клинический исход у пациентов с тяжелым сепсисом и септическим шоком. Авторы отметили, что больные, которым проводили раннюю целенаправленную терапию, получали больший объем инфузионной терапии, большие дозы добутамина и больший объем трансфузии эритроцитарной массы. Тем самым, удалось снизить госпитальную летальность с 42,4 до 26,1%, а 28-дневную летальность с 48,2 до 30,5% [48].

В одном из недавних ретроспективных исследований Vargula и соавт. оценивали влияние гемодинамических показателей на 30-дневную летальность у больных с септическим шоком. Авторы показали, что наиболее важными прогностическими показателями являются среднее артериальное давление и уровень лактата в первые 6 часов, а также среднее артериальное давление, уровень СВС и центрального венозного давления в первые 48 ч. При этом пороговое значение СВС, ниже которого возрастает риск неблагоприятного исхода, составляет 70% [49].

Таким образом, основываясь на результатах приведенных выше работ, можно рекомендовать мониторинг центральной и смешанной венозной сатурации в следующих ситуациях:

1. Все виды шока (септический, кардиогенный, гиповолемический и др.).
2. Тяжелая сочетанная травма.
3. Сердечная недостаточность.
4. Остановка кровообращения и постреанимационный период.
5. Тяжелый сепсис.
6. Периоперационный период при обширных оперативных вмешательствах (абдоминальная и торакальная хирургия, кардиохирургия, нейрохирургия, травматология, и др.).

Заключение

Мониторинг смешанной и центральной венозной сатурации отражает адекватность доставки кислорода к клеткам организма, а высокая чувствительность данных показателей позволяет в более ранние сроки выявлять возможное неблагоприятное со стороны пациента.

Определение показателей венозной оксиметрии имеет высокую прогностическую ценность у больных реанимационного профиля и при периоперационном ведении пациентов высокого

риска. Вместе с тем, мониторинг венозной сатурации может оказаться важным ориентиром в выборе тактики и методов интенсивной терапии больных, находящихся в критических состояниях.

Литература

- Priestley J. Experiments and observations on different kinds of air. 2nd ed. L.: J. Johnson; 1775–1777.
- Vincent J. L. Prevention and therapy of multiple organ failure. World J. Surg. 1996; 20: 465–470.
- Marshall J. C. Inflammation, coagulopathy and the pathogenesis of multiple organ dysfunction syndrome. Crit. Care Med. 2001; 29: S99–S106.
- Zimmerman J. E., Knaus W. A., Sun X., Wagner D. P. Severity stratification and outcome prediction for multisystem organ failure and dysfunction. World J. Surg. 1996; 20: 401–405.
- Shoemaker W. C., Montgomery E. S., Kaplan E., Elwyn D. H. Physiologic patterns in surviving and nonsurviving shock patients. Arch. Surg. 1973; 106: 630–636.
- Tuchschmidt J., Fried J., Astiz M., Rackow E. Elevation of cardiac output and oxygen delivery improves outcome in septic shock. Chest 1992; 102: 216–220.
- Boyd O., Grounds R. M., Bennett E. D. A randomized clinical trial of the effect of deliberate perioperative increase of oxygen delivery on mortality in high-risk surgical patients. JAMA 1993; 270: 2699–2707.
- Pearse P., Dawson D., Fawcett J. et al. Early goal-directed therapy after major surgery reduces complications and duration of hospital stay. Critical Care 2005; 9: R687–R693.
- Hayes M. A., Timmins A. C., Yau E. H. et al. Elevation of systemic oxygen delivery in the treatment of critically ill patients. N. Engl. J. Med. 1994; 330: 1717–1722.
- Gattinoni L., Brazzi L., Pelosi P. et al. A trial of goal-oriented hemodynamic therapy in critically ill patients. N. Engl. J. Med. 1995; 333: 1025–1032.
- Reinhart K. Monitoring O₂ transport and tissue oxygenation in critically ill patients. In: Reinhart K., Eyrich K. (eds). Clinical aspects of O₂ transport and tissue oxygenation. Berlin: Springer; 1989. 195–211.
- Pearse R. M., Rhodes A. Mixed and central venous oxygen saturation. In: Vincent J. L. (ed.) Yearbook of intensive care and emergency medicine. Berlin: Springer; 2005. 592–602.
- Barratt-Boyes B. G., Wood E. H. The oxygen saturation of blood in the venae cavae, right-heart chambers, and pulmonary vessels of healthy subjects. J. Lab. Clin. Med. 1957; 50: 93–106.
- Madsen P., Iversen H., Secher N. H. Central venous oxygen saturation during hypovolaemic shock in humans. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 1993; 53: 67–72.
- Marx G., Reinhart K. Venous oximetry. Curr. Opin Crit. Care 2006; 12: 263–268.
- Comparison of two fluid-management strategies in acute lung injury. N. Engl. J. Med. 2006; 354: 2564–2575.
- Pulmonary-artery versus central venous catheter to guide treatment of acute lung injury. N. Engl. J. Med. 2006; 354: 2213–2224.
- Sandham J. D., Hull R. D., Brant R. F. et al. A randomized, controlled trial of the use of pulmonary-artery catheters in high-risk surgical patients. N. Engl. J. Med. 2003; 348: 5–14.
- Forsyth R., Hoffbrand B., Melmon K. Re-distribution of cardiac output during hemorrhage in the unanesthetized monkey. Circ. Res. 1970; 27: 311–320.
- Scheinman M. M., Brown M. A., Rapaport E. Critical assessment of use of central venous oxygen saturation as a mirror of mixed venous oxygen in severely ill cardiac patients. Circulation 1969; 40: 165–172.
- Herrera A., Pajuelo A., Morano M. J. et al. Comparison of oxygen saturations in mixed venous and central blood during thoracic anesthesia with selective single-lung ventilation. Rev. Esp. Anesthesiol. Reanim. 1993; 40: 349–353.
- Kong C. H., Thompson F. D., Imms F. J. Cardiac output and oxygen uptake in patients with renal failure. Clin. Sci. 1990; 78: 591–596.
- Reinhart K., Rudolph T., Bredle D. L. et al. Comparison of central-venous to mixed-venous oxygen saturation during changes in oxygen supply/demand. Chest 1989; 95: 1216–1221.
- Scalea T. M., Holman M., Fuortes M. et al. Central venous blood oxygen saturation: an early, accurate measurement of volume during hemorrhage. J. Trauma 1988; 28: 725–732.
- Schou H., Perez de Sa V., Larsson A. Central and mixed venous blood oxygen correlate well during acute normovolemic hemodilution in anesthetized pigs. Acta Anesthesiol. Scand. 1998; 42: 172–177.
- Berridge J. C. Influence of cardiac output on the correlation between mixed venous and central venous oxygen saturation. Br. J. Anaesth. 1992; 69: 409–410.
- Reinhart K., Kuhn H. J., Hartog C., Bredle D. L. Continuous central venous and pulmonary artery oxygen saturation monitoring in the critically ill. Intensive Care Med. 2004; 30: 1572–1578.
- Dueck M. H., Klimek M., Appenrodt S. et al. Trends but not individual values of central venous oxygen saturation agree with mixed venous oxygen saturation during varying hemodynamic conditions. Anesthesiology 2005; 103: 249–257.
- Baele P. L., McMichan J. C., Marsh H. M. et al. Continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation in critically ill patients. Anesth. Analg. 1982; 61: 513–517.
- Divertie M. B., McMichan J. C. Continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation. Chest 1984; 85: 423–428.
- Fathey P. J., Harris K., Vanderwarf C. Clinical experience with continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation in respiratory failure. Chest 1984; 86: 748–752.
- Bracht H., Hanggi M., Jeker B. et al. Incidence of low central venous oxygen saturation during unplanned admissions in a multidisciplinary ICU. Critical Care 2007; 11: R2.
- Kowalenko T., Ander D., Hitchcock R. et al. Continuous central venous oxygen saturation monitoring during the resuscitation of suspected hemorrhagic shock. Acad. Emergency Medicine 1994; 1: A69.
- Scalea T. M., Hartnett R. W., Duncan A. O. et al. Central venous oxygen saturation: a useful clinical tool in trauma patients. J. Trauma 1990; 30: 1539–1543.
- Goldman R. H., Klughaupt M., Metcalf T. et al. Measurement of central venous oxygen saturation in patients with myocardial infarction. Circulation 1968; 38: 941–946.
- Hutter A. M. Jr., Moss A. J. Central venous oxygen saturations. Value of serial determinations in patients with acute myocardial infarction. JAMA 1970; 212: 299–303.
- Ander D. S., Jaggi M., Rivers E. et al. Undetected cardiogenic shock in patients with congestive heart failure presenting to the emergency department. Am. J. Cardiol. 1998; 82: 888–891.
- Snyder A. B., Salloum L. J., Barone J. E. et al. Predicting short-term outcome of cardiopulmonary resuscitation using central venous oxygen tension measurements. Crit. Care Med. 1991; 19: 111–113.
- Rivers E. P., Rady M. Y., Martin G. B. et al. Venous hyperoxia after cardiac arrest: characterization of a defect in systemic oxygen utilization. Chest 1992; 102: 1787–1793.
- Nakazawa K., Hikawa Y., Saitoh Y. et al. Usefulness of central venous oxygen saturation monitoring during cardiopulmonary resuscitation: a comparative case study with end-tidal carbon dioxide monitoring. Intens. Care Med. 1994; 20: 450–451.
- Paradis N. A., Martin G. B., Goetting M. G. et al. Aortic pressure during human cardiac arrest: identification of pseudo-electromechanical dissociation. Chest 1992; 101: 123–128.
- Rivers E. P., Wortsman J., Rady M. Y. et al. The effect of the total cumulative epinephrine dose administered during human CPR on hemodynamic, oxygen transport, and utilization variables in the postresuscitation period. Chest 1994; 106: 1499–1507.
- Pearse R., Dawson D., Fawcett J. et al. Changes in central venous saturation after major surgery, and association with outcome. Crit. Care 2005; 9: R694–R699.
- Jakob S. M. et al. Multicenter study on peri-postoperative central venous oxygen saturation in high-risk surgical patients. Crit. Care 2006; 10: R158.
- Jamieson W. R., Turnbull K. W., Larrieu A. J. et al. Continuous monitoring of mixed venous oxygen saturation in cardiac surgery. Can. J. Surg. 1982; 25: 538–543.
- Waller J. L., Kaplan J. A., Bauman D. I., Craver J. M. Clinical evaluation of a new fiberoptic catheter oximeter during cardiac surgery. Anesth. Analg. 1982; 61: 676–679.
- Krauss X. H., Verdouw P. D., Hughenoltz P. G., Nauta J. On-line monitoring of mixed venous oxygen saturation after cardiopulmonary surgery. Thorax 1975; 30: 636–643.
- Rivers E., Nguyen B., Havstad S. et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. N. Engl. J. Med. 2001; 345: 1368–1377.
- Varpula M., Tallgren M., Saukkonen K. et al. Hemodynamic variables related to outcome in septic shock. Intensive Care Med. 2005; 31: 1066–1071.

Поступила 02.05.07