



Таким образом, сравнив динамику показателей гемограммы у больных, мы получили достоверное увеличение уровня НВ, эритроцитов в крови на ответ терапией БПВП.

Выводы:

1. У пациентов с ревматическими заболеваниями нередко имеется анемический синдром, в том числе при первичной постановке диагноза ревматоидный артрит отмечается высокая степень выраженности анемического синдрома до 22,9%.

2. Чем выше степень выраженности анемического синдрома, в т.ч. гипохромии, тем выше показатели степени активности ревматического заболевания.

3. В момент постановки диагноза ревматоидный артрит оценка уровня ССГ может рассматриваться как дополнительный маркер высокой активности заболевания.

4. Применение принципов «лечения до достижения цели» с назначением адекватной базисной противовоспалительной терапии позволяет достичь ремиссии или низкой активности у большего числа пациентов, которая приводит к значимому уменьшению частоты встречаемости анемического синдрома.

Литература:

1. Воробьев, А.И. Руководство по гематологии / А.И. Воробьев. – М.: Ньюдиамед, 2002. – С.50-67.
2. Мазуров, В.И. Клиническая ревматология: Руководство для практических врачей / Под ред. В.И. Мазурова. – СПб.: Фолиант, 2001. – С.100-340.
3. Насонов, Е.Л. Ревматология: Российские клинические рекомендации / Под ред. Е.Л. Насонова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – С.104-130.
4. Богданов, А.Н. Изменения системы крови при ревматических заболеваниях / А.Н. Богданов [и др.] // Вестн. Росс. Воен.-мед. акад. 2013. – №2. – С.173-179.
5. Волков, К.Ю. Анемия хронических заболеваний в практике ревматолога: особенности патогенеза, диагностики, и дифференциальной диагностики / К.Ю. Волков [и др.] // Клин. патофизи. Воен.-мед. акад. – 2018. – №24. – С.37-41.
6. Кулибаба, Т.Г. Гематологические синдромы при ревматических заболеваниях / Т.Г. Кулибаба // Медицина. XXI век (Санкт-Петербургский государственный университет, медицинский факультет). – 2006. – №4. – С.45-51.
7. Giannouli, S. Anaemia in systemic lupus erythematosus: from pathophysiology to clinical assessment / S. Giannouli [et al.] // Ann. rheum. dis. – 2006. – №2. – P.144-148.

Макаровская Н.П.¹(3468-9356), Кузьмич В.Г.¹(7135-6357)

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕТОДА КАПНОГРАФИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЫРАЖЕННОСТИ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У ПАЦИЕНТОВ ОРИТ

¹ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, 194044, ул. Академика Лебедева, д. 6, Россия

Резюме. Обзор посвящен патогенетическим особенностям формирования метаболических нарушений в медицине критических состояний и интегральным методам мониторинга их выраженности – капнографии и расчётным показателям, получаемых с применением данного метода. Одним из компонентов патогенеза септического процесса является метаболический стресс, характеризующийся нарушением всех видов обмена, формирующий цикл взаимобусловленных процессов, потенцирующих нарушения тканевой оксигенации и микроциркуляции. Выявлено, что в научной литературе данное состояние получило определение микроциркуляторно-митохондриального дистресс-синдрома. Практически все метаболические процессы сопровождаются при завершённом катаболизме глюкозы образованием углекислого газа и воды, углекислый газ, в свою очередь, обладая высокой диффузионной активностью, быстро попадает из тканей через микроциркуляторное русло в системный кровоток и элиминируется с выдыхаемым воздухом. В связи с этим, создаётся возможность динамической оценки уровня метаболизма в тканях по объёмному проценту CO₂ в выдыхаемом воздухе, которая реализована в методе капнографии. Применение капнографии является важным элементом интенсивной терапии. Информативность метода капнографии является достаточной для интегральной оценки выраженности метаболических сдвигов при мониторинге витальных функций пациентов в ОРИТ с различными типами патологии, сопровождающихся изменениями энергетического баланса организма и скорости обменных процессов. Диагностическая ценность капнографии заключается в возможности её непрерывного выполнения, неинвазивности, относительной невысокой себестоимости, а также возможностью автоматического информирования для медперсонала при регистрации критичных для пациента значений капнограммы. Целесообразно учесть возможность включения метода капнографии в клинические рекомендации и протоколы лечения для заболеваний и состояний, требующих управляемой коррекции метаболических нарушений.

Ключевые слова: капнография, капнограмма, сепсис, воспаление, метаболический стресс, критические состояния, гиперкапния, гипоксемия, углекислый газ, вентиляционно-перфузионные отношения.

Makarovskaya N.P.¹(3468-9356), Kuzmich V.G.¹(7135-6357)

DIAGNOSTIC POTENTIAL OF THE CAPNOGRAPHY METHOD FOR ASSESSING THE SEVERITY OF METABOLIC DISORDERS IN PATIENTS IN THE INTENSIVE CARE UNIT

¹ S.M. Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense, St. Petersburg, 194044, Academica Lebedeva str., 6, Russia

Abstract: The review is devoted to the pathogenetic features of the formation of metabolic disorders in critical state medicine and to integral methods for monitoring their severity - capnography and the calculated indicators obtained using this method. A component of the pathogenesis of the septic process is metabolic stress, characterized by a violation of all types of metabolism, forming a cycle of interdependent processes that potentiate tissue oxygenation and microcirculation disorders. It was revealed that in the scientific literature this condition has been defined as microcirculatory-mitochondrial distress syndrome. Almost all metabolic processes are accompanied by the completion of glucose catabolism by the formation of carbon dioxide and water, carbon dioxide, in turn, having high diffusion activity, quickly gets from the tissues through the microvasculature into the systemic circulation and is eliminated with exhaled air. In this regard, it is possible to dynamically assess the level of metabolism in tissues by the volume percentage of CO₂ in exhaled air, which is implemented in the method of capnography. The use of capnography is an important element of intensive care. The informativeness of the method of capnography is sufficient for an integrated assessment of the severity of metabolic changes when monitoring the vital functions of patients in ICU with various types of pathology, accompanied by changes in the energy balance of the body and the speed of metabolic processes. The diagnostic value of capnography lies in the method of its continuous implementation, non-invasiveness, relative low cost, as well as the ability to automatically inform the medical staff when registering capnogram values that are critical for the patient. It is advisable to take into account the possibility of including the method of capnography in clinical guidelines and treatment protocols for diseases and conditions requiring controlled correction of metabolic disorders.



Keywords: capnography, capnogram, sepsis, inflammation, metabolic stress, critical conditions, hypercapnia, hypoxemia, carbon dioxide, ventilation-perfusion relationships.

По мнению зарубежных [10, 17] и отечественных [4, 6, 7] исследователей, у пациентов с выраженными нарушениями метаболических функций, в том числе при тяжелом сепсисе или септическом шоке, имеются проявления единого синдрома, который представляет собой суммарный метаболический ответ организма на системную воспалительную реакцию. Метаболический стресс, как компонент патогенеза септического процесса, стимулирует симпато-адреналовую систему, что приводит к выбросу значительного количества биологически активных агентов. Данный процесс также характеризует нарушение всех видов обмена с повышенным потреблением энергетических субстратов в процессах гликолиза, липолиза, протеолиза и глюконеогенеза, вследствие чего наблюдается развитие инсулино-резистентной гипергликемии и отрицательного азотистого баланса [2, 3].

К настоящему времени сложилась новая парадигма патогенетического механизма сепсиса, в которой изменения гомеостаза представляются каскадом параллельно нарастающих нарушений в системах коагуляции, воспаления и фибринолиза. Можно охарактеризовать данный процесс, как цикл взаимообусловленных процессов, потенцирующих нарушения тканевой оксигенации и микроциркуляции с развитием метаболического дисбаланса на фоне угнетения деятельности митохондриального аппарата клеток. В научной литературе данное состояние получило определение микроциркуляторно-митохондриального дистресс-синдрома [6].

Нарушения гемодинамических показателей при сепсисе занимают одно из центральных мест в его патогенезе. Циркулирующие в крови микробиологические агенты вызывают повреждение легочной паренхимы и играют роль в формировании дыхательной недостаточности. В результате данных патогенетических условий снижаются артериовенозный градиент и возникает дефицит доставки кислорода тканям организма. В связи с нарушением сердечно-сосудистой деятельности в сочетании с дыхательной недостаточностью нарастает тканевая гипоксия, которая сопровождается снижением метаболической активности и угнетением микроциркуляции, что обуславливает расширение сосудов на фоне накопления недоокисленных продуктов обмена, приводящих к уменьшению давления в артериолах среднего калибра с их последующей миогенной дилатацией. В свою очередь, расширение крупных артериол больше обусловлено вкладом эндотелий-зависимой вазодилатации [9].

В целом, практически все метаболические процессы сопровождаются при завершеном катаболизме глюкозы образованием углекислого газа (CO_2) и воды в тканях. CO_2 , обладая высокой диффузионной активностью, быстро попадает из тканей через микроциркуляторное русло в системный кровоток и элиминируется с выдыхаемым воздухом. В связи с этим, создаётся возможность динамической оценки уровня метаболизма в тканях по объёмному проценту CO_2 в выдыхаемом воздухе, которая была реализована в методе капнографии.

Методика капнографии используется в мировой клинической практике с 1950-х годов, в конце 20-го века включена в международные стандарты мониторинга в анестезиологии и интенсивной терапии, в т.ч. в Гарвардский стандарт мониторинга и национальные стандарты (ASA, ESA, ФАР и др.).

Основными областями для применения метода капнографии в клинической практике являются: подтверждение интубации трахеи, оценка эффективности сердечно-легочной реанимации, диагностика апноэ и дыхательной недостаточности, лечение бронхоспазма и кризов астмы, проведение ИВЛ (для оценки эффективности вентиляции, для коррекции параметров вентиляции, фиксации оптимального уровня ПДКВ, отлучение от ИВЛ, контроль герметичности контура), мониторинг метаболизма и перфузии, скрининг ТЭЛА, в том числе ДВС-синдрома, контроль адекватности седации и обезболивания, транспортировка больных, наблюдение в палате реанимации и интенсивной терапии, совместное использование с газами крови, снижение количества назначаемых анализов. Немаловажным является применение капнографии в нейрохирургической практике. Нейрохирургические операции со вскрытием синусов твердой мозговой оболочки, особенно в положении пациента сидя имеют очень большой риск воздушной эмболии. Более чем в половине случаев газовой эмболии изменения капнограммы оказываются первым симптомом, привлекающим внимание к патологическому процессу. При внезапном и быстром падении EtCO_2 часто отмечается синхронное снижение сатурации и артериального давления. Из применяемых методов мониторинга, при которых показатели быстро реагируют на эмболию (капнография, пульсоксиметрия, ЭКГ, измерение артериального давления), только лишь капнография предоставляет информацию для конкретного диагноза, остальные – говорят об общем ухудшении гемодинамики, вследствие большого диапазона факторов, влияющих на их интерпретацию.

Применение капнографии освещается в рекомендациях Европейского общества анестезиологии по седации при малоинвазивных процедурах 2017 года. Авторы указывают на более раннюю диагностику апноэ по сравнению с пульсоксиметрией при стандартном мониторинге, дополненном капнографией, более раннюю верификацию эпизодов гипоксемии. Проведенный Европейским обществом анестезиологии мета-анализ говорит о том, что при капнографии на спонтанном дыхании диагностирование депрессии дыхания происходит в 17 раз чаще, чем без использования капнографии.

Капнография помогает оценить метаболизм по трем направлениям: вентиляционный показатель – как эффективно CO_2 устраняется легочной системой, перфузия – как эффективно CO_2 транспорти-



руется через сосудистую систему, метаболизм – уровень продукции CO_2 клеточным метаболизмом, регуляция КОС, в качестве одного из буферов.

Уровень EtCO_2 является константой, интегрально отражающей деятельность системы внешнего дыхания. Повышение EtCO_2 – гиперкапния указывает на повышение продукции CO_2 из-за изменения метаболических процессов при оперативном лечении с недостаточной глубиной анестезии, гипертермии, мышечной дрожи, альвеолярной гиповентиляции, повышении сердечного выброса на фоне ИВЛ без изменения параметров.

Быстрое снижение EtCO_2 – гипокапния, развивается при альвеолярной гипервентиляции, нестабильности гемодинамики (гипотензия при массивном кровотечении, ТЭЛА и др.), внезапное падение до нулевых значений – сбой в работе аппарата ИВЛ, отсоединение контура от пациента (в том числе экстубация), полная обструкция дыхательных путей, остановка сердца.

Постепенное снижение EtCO_2 говорит о гипотермии, системной или легочной гипоперфузии, снижении метаболизма, относительной гипервентиляции, гиповолемии, снижении сердечного выброса. По данным некоторых авторов, EtCO_2 показывает восприимчивость к инфузии лучше, чем данные измерения артериального давления и центрального венозного давления [9, 13].

В клинической практике помимо капнографии, получили распространение и некоторые расчётные индексы, в которых применяются для дальнейшего расчёта значения EtCO_2 определяемые данным методом.

Так, на основе оценки минутной продукции CO_2 (VCO_2) возможно определить уровень метаболизма (повышено при сепсисе, гипертермии), вентиляции (понижение при росте отношения мертвого пространства к дыхательному объёму), перфузии (понижение при эмболии, гипотензии) и эффективность лечения данных состояний.

На основе капнографии разработан интегральный легочный индекс (IPI), который представляет собой расчётный интегральный показатель, вычисляемый по измерению четырех параметров: EtCO_2 , насыщению артериальной крови кислородом (SpO_2), частоте пульса и частоте дыхания в баллах от 1 до 10.

В раннем послеоперационном периоде IPI позволяет прогнозировать нарушения функции дыхания, если его значение менее 8 при поступлении в ОРИТ, то это говорит о необходимости более тщательного мониторинга в раннем постэкстубационном периоде.

Также IPI меньше с чувствительностью 92% и специфичностью 48% прогнозирует развитие осложнений после АКШ, ассоциируется с изменениями сердечного выброса, может быть предиктором ранних послеоперационных осложнений. Таким образом, показатель IPI может стать дополнением к стандартным методам мониторинга дыхания.

Нарушения вентиляционно-перфузионных отношений при сепсисе играют важную роль, так как указывают на такие патологические состояния как снижение сердечного выброса, гиповолемическое состояние, нарастающую эмфизему, тромбоемболию легочной артерии.

Вентиляционно-перфузионное соотношение (V/Q) – отношение величины вентиляции легких к величине их перфузии, в норме составляет 0,7-0,8. При V/Q менее 0,7 вентиляция ухудшена по сравнению с перфузией, если более 0,9 – ухудшена перфузия.

Отношение мертвого пространства (Vd) к дыхательному объёму (Vt) характеризует патологию внешней вентиляции. Мониторинг отношения Vd / Vt косвенно отражает эффективность и патологию внешней вентиляции, рост данного показателя свидетельствует о паренхиматозной патологии легких (пневмония, ОРДС), в тесной связи с тяжестью дыхательной недостаточности и риском летального исхода. Снижение Vd / Vt – один из критериев эффективности рекрутмента, поэтому является одним из критериев установки положительного давления конца выдоха (РЕЕР, ПДКВ). Отношение Vd / Vt можно также расценивать как прогностический критерий эффективности «отлучения» пациента от аппарата ИВЛ.

При тяжелом сепсисе наблюдается сепсис-индуцированная тканевая гипоперфузия, которую можно определить как гипотензию, сохраняющуюся после стартовой инфузионной терапии, или лактацидоз. После выявления гипоперфузии начинают лечение, целью которого, в первую очередь является стабилизация гемодинамики, достижение адекватной тканевой оксигенации. Всем пациентам с септическим шоком, требующим вазопрессорной поддержки, и/или с ОРДС рекомендуется устанавливать артериальный катетер для инвазивного мониторинга АД и газового состава крови. При отсутствии технического обеспечения для инвазивного мониторинга артериального давления или на этапе до получения артериального доступа целесообразно пользоваться данными капнографического мониторинга. Таким образом, EtCO_2 является универсальным инструментом клинического мониторинга при сепсисе [10].

Применение капнографии является важным элементом интенсивной терапии. Метод пермиссивной гиперкапнии основан на создании PaCO_2 выше нормальных значений и применяется у пациентов с ОРДС, для минимизации давления плато и дыхательного объёма. Возможно также проведение инфузии натрия бикарбоната у пациентов, которым показано применение пермиссивной гиперкапнии.

Также некоторые авторы указывают на целесообразность применения метода капнографии при проведении инфузий бикарбоната совместно с гипервентиляцией легких на фоне отравления трицик-



лическими антидепрессантами, а также для первичной диагностики метаболического ацидоза у пациентов со спонтанным дыханием [17].

Однако, в настоящее время, по мнению некоторых отечественных исследователей [1, 4, 8], возможности капнографии применяются в клинической практике недостаточно широко, несмотря на её многочисленные достоинства.

Выводы. Информативность метода капнографии является достаточной для интегральной оценки выраженности метаболических сдвигов при мониторинге витальных функций пациентов в ОРИТ с различными типами патологии, сопровождающихся изменениями энергетического баланса организма и скорости обменных процессов.

Диагностическая ценность капнографии заключается в методике её непрерывного выполнения, неинвазивности, относительной невысокой себестоимости, а также возможностью автоматического информирования для медперсонала при регистрации критичных для пациента значений EtCO₂.

С учётом вышеизложенного целесообразно учесть возможность включения метода капнографии в клинические рекомендации и протоколы лечения для заболеваний и состояний, требующих управляемой коррекции метаболических нарушений в условиях ОРИТ.

Литература:

1. Абросимов, В.Н. Диагностические возможности капнографии в оценке нарушений дыхания у больных обструктивными заболеваниями органов дыхания / В.Н. Абросимов, И.Б. Пономарева // Материалы ежегодной научной конференции, посвященной 70-летию основания Рязанского государственного медицинского университета имени академика И.П. Павлова. – 2013. – С.186-187.
2. Долгих, В.Т. Метаболические нарушения при критических состояниях / В.Т. Долгих, А.И. Ларин, И.А. Пилипчук // Политравма. – 2007. – №3. – С.73-78.
3. Коннов, В.А. Метаболические нарушения и возможности нутритивной поддержки при критических состояниях / В.А. Коннов, К.Г. Шаповалов // Забайкал. мед. вестн. – 2012. – №1. – С.139-150.
4. Кецко, Ю.А. Показатели основного обмена при воспалительном синдроме бактериального генеза: предикторы прогноза или необходимость своевременной коррекции / Ю.А. Кецко, А.В. Лунина, О.А. Гусякова, Е.В. Петровская, А.В. Лямин, С.Г. Новокщёнов // Клиническая лабораторная диагностика. – 2019. – №2. – С.122-127.
5. Лейдерман, И.Н. Синдром полиорганной недостаточности, метаболические основы / И.Н. Лейдерман // Вестник интенсивной терапии. – 1999. – №2. – С.21-26.
6. Протасевич, П.П. Коагуляционные механизмы при сепсисе (особенности патогенеза и диагностики) / П.П. Протасевич; В.В. Спас // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2009. – №1. – С.23-25.
7. Суборов, Е.В. Капнографический мониторинг: возможности и новые перспективы / Е.В. Суборов, М.Ю. Киров // Вестник интенсивной терапии. – 2008. – №3. – С.3-9.
8. Торок, П. Объемная капнография как способ оценки эффективности альвеолярной вентиляции в клинической практике / П. Торок, Ф. Делта, В. Донич, М. Носаль, Ш. Имрэх, Я.Беньова, З. Галкова, М. Пауликова, М. Берешик // Общая реаниматология. – 2018. – №5. – С.16-24.
9. Шахнович, П.Г. Периферическое кровообращение в условиях гипоксической и циркуляторной гипоксии / П.Г. Шахнович // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2016. – №1. – С.12-16.
10. Guirgis, F.W. End-tidal carbon dioxide as a goal of early sepsis therapy / F.W. Guirgis., D.J. Williams, C.J. Kalynych, M.E. Hardy, A.E. Jones, S. Dodani // Am. J. Emerg. Med. – 2015. – P.1351-1356.
11. Jolley, C.J. Understanding Heroin Overdose: A Study of the Acute Respiratory Depressant Effects of Injected Pharmaceutical Heroin / C.J. Jolley, J. Bell, G.F. Rafferty, J. Moxham, J. Strang // PLoS One. – 2015. – №10. – P.10-12.
12. Jungquist, C.R. Identifying Patients Experiencing Opioid-Induced Respiratory Depression During Recovery From Anesthesia: The Application of Electronic Monitoring Devices / C.R. Jungquist, V. Chandola, C. Spulecki, K. Nguyen, P. Crescenzi, D. Tekeste, P. Sayapaneni // Worldviews Evid. Based Nurs. – 2019. – №16. – P.186-194.
13. Lam, T. Continuous Pulse Oximetry and Capnography Monitoring for Postoperative Respiratory Depression and Adverse Events: A Systematic Review and Meta-analysis / T. Lam, M. Nagapp, J. Wong, M. Singh, D. Wong, F. Chung // Anesth. Analg. – 2017. – №6. – P.2019-2029.
14. Langan, M.L. Respiratory depression detected by capnography among children in the postanesthesia care unit: a cross-sectional study / M.L. Langan, F. Li, J.L. Lichtor // Paediatr. Anaesth. – 2016. – №26. – P.1010-1017.
15. Langan, M.L. End-Tidal Carbon Dioxide Use for Tracheal Intubation: Analysis From the National Emergency Airway Registry for Children (NEAR4KIDS) Registry / M.L. Langan, B.L. Emerson, S. Nett, M. Pinto // Pediatr. Crit. Care Med. – 2018. – №2. – P.98-105.
16. Loon, K. Wireless non-invasive continuous respiratory monitoring with FMCW radar: a clinical validation study / K. Loon, M. Breteler, L. Wolfwinkel // J. Clin. Monit. Comput. – 2016. – №6. – P.797-805.
17. Taghizadieh, A. Comparison of end-tidal carbon dioxide and arterial blood bicarbonate levels in patients with metabolic acidosis referred to emergency medicine / A. Taghizadieh, M. Pouraghaei, P. Moharamzadeh, A. Ala, F. Rahmani // J. Cardiovasc. Thorac. Res. – 2016. – №8. – P.98-101.