

А. А. Павлов, Ю. В. Богун, Б. А. Кабаков

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСТОРАКАЛЬНОЙ ЭХОКАРДИОГРАФИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ ВОЛЕМИИ

Харьковская медицинская академия последипломного образования

Недостаточный уровень внутрисосудистого наполнения приводит к неудовлетворительной перфузии тканей с последующим ацидозом и дисфункции органов. Чрезмерное парентеральное введение жидкости вызывает острое повреждение легких, продлевая как время искусственной вентиляции легких, так и срок пребывания в отделении интенсивной терапии. Использование трансторакальной эхокардиографии для определения вариабельности диаметра нижней полой вены путем поднимания нижних конечностей обеспечивает высокую степень воспроизводимости метода для оценки ответа на волемическую нагрузку. Методика может быть использована как изолированный метод и в сочетании с другими методиками для исключения возможных ошибок.

Ключевые слова: волемическая нагрузка, трансторакальная эхокардиография, вариабельность диаметра нижней полой вены.

Основной задачей интенсивной терапии критического состояния является оптимизация доставки кислорода в ткани. Недостаточный уровень внутрисосудистого наполнения приводит к неудовлетворительной перфузии тканей с последующим ацидозом и дисфункции органов. Чрезмерное парентеральное введение жидкости приводит к острому повреждению легких, продлевая как время искусственной вентиляции легких, так и время пребывания в отделении интенсивной терапии [1]. Сообщается, что лишь у 40% пациентов, находящихся в критическом состоянии, введение стандартного болюса жидкости приводит к повышению сердечного выброса, а у более чем половины – к возникновению перегрузки [2].

Динамический контроль величины преднагрузки при помощи оценки изменения центрального венозного давления, давления в легочной артерии не имеет информационной ценности, а определение конечно-диастолического и внутригрудного объема крови затруднительно для рутинного применения [3–6]. Это означает, что анализ величины преднагрузки не отражает ее ответ на объем инфузионной терапии. Поэтому в настоящее время ведется активный поиск клинических маркеров, которые позволят предсказать ответную реакцию организма на введение болюса жидкости. Такие “динамические”

маркеры используют ответную реакцию сердечной деятельности, для получения которой нет необходимости осуществлять волемическую нагрузку. Вместо этого используют анализ изменений сердечно-легочного взаимодействия во время вентиляции или в ответ на постуральные изменения, имитирующие эффект болюсного введения жидкости.

При искусственной вентиляции легких в режиме спонтанного дыхания изменение внутригрудного давления имеет циклический характер как в левом, так и в правом отделе сердца. Увеличение внутривенозного давления приводит к уменьшению диаметра легочных сосудов и, в свою очередь, вызывает уменьшение венозного притока к сердцу. Это снижает величину преднагрузки как в правом желудочке (ПЖ), так и в левом (ЛЖ), в то время как величина постнагрузки в ПЖ, наоборот, имеет неуклонную тенденцию к увеличению. Эти эффекты акцентируются при гиповолемии и подразумевают изменение ударного объема при циклическом дыхании. Их можно использовать для прогнозирования динамики ударного объема при изменении величины преднагрузки. Этот принцип лежит в основе системы мониторинга ударного объема, однако, последний также можно определить с помощью доплер-эхокардиографии. Если поперечное сечение в точке измерения

¹ А. А. Павлов, Ю. В. Богун, Б. А. Кабаков, 2013

постоянно, то произведение этой величины и интегрального показателя кровотока во времени (отраженный доплеровский сигнал) равно величине ударного объема.

При спонтанной вентиляции отрицательное внутривентрикулярное давление во время вдоха приводит к повторному увеличению диаметра брюшного отдела нижней полой вены (dIVC). Степень коллапса во время вдоха отражает давление в правом предсердии с достаточной точностью [2]. В определенной степени обратный эффект проявляется у пациентов, которые находятся на искусственной вентиляции с положительным давлением.

Поднимание ног из горизонтального положения на 45 градусов вызывает гравитационное движение венозной крови нижних конечностей к сердцу. Это приводит к увеличению объемной нагрузки с 150 до 300 мл центральной циркуляции в течение нескольких минут [7, 8]. Использование доплер-эхокардиографии для оценки изменений сердечного выброса позволяет получить общее представление об объеме величины преднагрузки и таким образом спрогнозировать ответ организма на введение болюса жидкости.

Принимая во внимание современную тенденцию в интенсивной терапии к минимизации инвазивных процедур, которые вносят негативный вклад в развитие осложнений, связанных с катетер-ассоциированной инфекцией, использование неинвазивного определения dIVC может быть перспективным [9].

Чреспищеводная эхокардиография может обеспечить превосходное качество изображения и все чаще используется для сердечно-сосудистого мониторинга в отделениях интенсивной терапии. Однако такая процедура требует специального оборудования, времени и навыков. Кроме того, к ограничениям метода относятся патология верхних дыхательных путей или хирургия пищевода. Проведение такой манипуляции обычно требует седации, которая не всегда проходит без последствий.

Цель данного обзора – анализ литературных данных о возможности использования трансторакальной эхокардиографии для прогнозирования уровня волеми.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Электронный поиск литературы проводили с использованием Medline, EMBASE, CINAHL

и Кокрановской баз данных систематических обзоров.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Динамика изменений dIVC в ответ на введение жидкости. Вариабельность показателя dIVC была изучена у пациентов интенсивной терапии, которые не находились на искусственной вентиляции легких, путем пассивного поднимания нижних конечностей [12–15]. Методика исследования отличалась. Так, Maizel и Preau проводили определение dIVC путем поднимания нижних конечностей до угла наклона 30–45°, в то время как другие авторы поднимали каудальную часть кровати на указанную высоту. В результате вариабельность показателя dIVC отличалась в отношении наличия хвостового всплеска, который влиял на достоверность теста. Во всех исследованиях базовое измерение ударного объема в значительной степени коррелировало с изменением dIVC в ответ на волемическую нагрузку.

Все исследования показали хорошую чувствительность (77–100%) и специфичность (88–99%) теста при пороговом приросте ударного объема и сердечного выброса 10–15%. Удивительным фактом явилось то, что вариабельность показателя dIVC демонстрировала позитивный ответ на волемическую нагрузку у 16 из 18 пациентов с аритмией.

Динамика изменений dIVC в ответ на введение жидкости при искусственной вентиляции легких. В исследовании [19] определяли вариабельности dIVC у пациентов, которые находились на искусственной вентиляции легких. В качестве волемической нагрузки был использован 4 % раствор альбумина из расчета 20 мл/кг/мин. Кривая ошибок учитывала наличие позитивного или негативного результата изменений величины dIVC в ответ на инфузионную нагрузку. Чувствительность теста составила 100%, а специфичность – 80%.

Вариабельность величины dIVC при инфузионной нагрузке. В исследованиях Barbier и Feissel анализировали максимальный и минимальный диаметр dIVC в процентом выражении. Barbier продемонстрировал 90% чувствительность и специфичность при изменении диаметра dIVC более 18% от базовых измеряемых показателей. Feissel установил высокую положительную и отрицательную

прогностическую ценность (92 и 93% соответственно) при изменении на 12% исходных показателей максимального и минимального dIVC.

ОБСУЖДЕНИЕ

Результатом проведенного обзора является тот факт, что измерение dIVC методом трансторакальной эхокардиографии – это достаточно точный тест для прогнозирования величины сердечного выброса в ответ на волемическую нагрузку. Данная методика продемонстрировала высокий результат у пациентов со спонтанным дыханием и у лиц с аритмией, что в отличие от методов инвазивного мониторинга является уникальным. Еще одним позитивным аспектом клинического применения измерения dIVC методом трансторакальной эхокардиографии является возможность мобильного и быстрого применения методики практически у постели пациента. При условии наличия оборудования и подготовленного медперсонала длительность измерения занимает считанные минуты [20]. Кроме того, большая часть данных, полученных методом катетеризации легочной артерии, может быть получена при использовании трансторакальной эхокардиографии, что избавляет от необходимости проведения инвазивного мониторинга, и, что немаловажно, не оказывает существенного влияния на конечный результат исследования [4]. Методика измерения dIVC методом трансторакальной эхокардиографии с пассивным подниманием нижних конечностей имела высокую прогностическую ценность при оценке реагирования величины сердечного выброса в ответ на волемическую нагрузку. Изменение исходных показателей максимального и минимального dIVC в ответ на волемическую нагрузку превышала 0,9 во всех исследованиях. В то же время четких пороговых данных изменения величины dIVC не установлено, что, с одной стороны, обусловило неоднозначность трактовки результатов, с другой – позволяло широко трактовать динамику указанных изменений величины сердечного выброса.

Ни одна из описанных методик измерения величины dIVC не имела убедительных преимуществ перед другими, что требует их

совместного использования с целью минимизации ошибок измерения. В некоторых клинических ситуациях такой подход в значительной степени ограничен (наличие резко выраженного болевого синдрома, открытая раневая поверхность, дренажные трубки, ожирение или вынужденное положение в постели). Из 260 предпринятых попыток провести трансторакальную эхокардиографию 13 оказались неудачными в связи с указанными причинами.

Клиническое применение. Понятия «недолитый» и «перелитый» пациент уже давно являются предметом обсуждения. Очевидные преимущества целенаправленной агрессивной инфузионной терапии на ранних стадиях заболевания должны быть подтверждены доказательством

снижения заболеваемости [21]. В литературе отсутствуют однозначные соглашения относительно определения понятий “недолитой” и “перелитой” пациента или “либеральный” и “рестриктивный” протокол инфузионной терапии. Следовательно, у клинициста не хватает доказательной базы применения того или иного методического подхода в конкретной ситуации.

Brandstrup в исследовании ARDSNET привел убедительные доказательства того, что острое повреждение легких не является однозначным фактом погрешности проведения инфузионной терапии [1, 22]. Данное исследование не дало однозначного ответа на вопрос о влиянии продолжительности инфузионной терапии на факт повреждения паренхимы легких. Этот автор также утверждает, что реакция организма на болюсное парентеральное введение жидкости не имеет прогностического значения с точки зрения профилактики паренхиматозного отека легких.

В литературе имеется ряд указаний на использование иных эхокардиографических параметров для определения ответной реакции на парентеральное введение жидкости [23, 24], в частности, предлагается использовать параметры сократимости миокарда, состояние митрального клапана или реограмму кровотока в полостях сердца. Определение скорости кровотока в непосредственной близости к митральному клапану, с помощью доплера

позволяет оценить диастолическую функцию левого желудочка вне зависимости от вариабельности величины преднагрузки [25]. Давление в легочной артерии может быть определено не только с помощью Допплера, но и путем изучения сократимости межпредсердной перегородки. Определение вариабельности величины межпредсердных перегородок может служить для оценки количества внесосудистой воды легких, а также коррелирует с давлением в легочной артерии [26]. Тем не менее, оценка ряда параметров на разных этапах лечения у пациентов с неустойчивой степенью тяжести представляется весьма затруднительной [27].

Перспективы развития. Представленные результаты обзора не дают информации о влиянии на частоту осложнений и летальность, вызванных неадекватной волемической нагрузкой. Эти данные могут рассматриваться в контексте сравнительного анализа консервативной и либеральной стратегий инфузионной терапии.

Транспульмонарная эхокардиография, вероятно, имеет больше возможностей для определения объемных характеристик сократимости миокарда [30]. Трехмерная эхокардиография все еще не получила широкого клинического применения [31, 32].

ВЫВОДЫ

Трансторакальная эхокардиография становится мощным неинвазивным инструментом в повседневной практике интенсивной терапии. В обзоре приведены доказательства использования трансторакальной эхокардиографии для прогнозирования уровня волемии. Экспертная оценка определения вариабельности dIVC является воспроизводимым и надежным способом прогнозирования ответа организма на волемическую нагрузку.

Использование трансторакальной эхокардиографии для определения вариабельности dIVC путем поднимания нижних конечностей обеспечивает высокую степень воспроизводимости метода для оценки ответа на волемическую нагрузку. Методика может быть использована как изолированный метод и в сочетании с другими методиками для

исключения возможных ошибок. Последующие исследования с участием большего количества пациентов позволят получить доказательную базу с клинически значимыми результатами для прогностической оценки использования инотропов, времени отлучения от искусственной вентиляции легких и выбора схемы инфузионной терапии. Повсеместное внедрение эхокардиографии в практику интенсивной терапии будет способствовать повышению информативности при выборе тактики инфузионной терапии и расширению спектра методов неинвазивного мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wiedemann H.P., Wheeler A.P., Bernard G.R. (2006) Comparison of two fluid management strategies in acute lung injury. *The New England Journal of Medicine*;354:2564–2575.
2. Kircher B.J., Himelman R.B., Schiller N.B. (1990) Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory col-lapse of the inferior vena cava. *American Journal of Cardiology*;66:493–496.
3. Bigatello L.M., Kistler E.B., Noto A. (2010) Limitations of volumetric indices obtained by transthoracic thermodilution. *Minerva Anestesiologica*;76:945–949.
4. Harvey S., Harrison D.A., Singer D. (2005) Assessment of the clinical effectiveness of pulmonary artery catheters in management of patients in intensive care (PAC-Man): a randomized controlled trial. *The Lancet*;366: 472–477.
5. Michard F. (2011) Stroke volume variation: from applied physiology to improved outcomes. *Critical Care Medicine*;39:402–403.
6. Reuter D.A., Felbinger T.W., Schmidt C. (2002) Stroke volume variations for assessment of cardiac responsiveness to volume loading in mechanically ventilated patients after cardiac surgery. *Intensive Care Medicine*;28:392–398.
7. Rutlen D.L., Wackers F.J., Zaret B.L. (1981) Radionuclide assessment of peripheral intravascular capacity: a technique to measure intravascular volume changes in the capacitance circulation in man. *Circulation*;64:146–152.
8. Lafanchere A., Pene F., Goulenok C. (2006) Changes in aortic blood flow induced by passive leg raising predict fluid responsiveness in critically ill patients. *Critical Care*;10:1–32.
9. Pronovost P., Needham D., Berenholtz S. (2006) An intervention to decrease catheter-related bloodstream infections in the ICU. *New England Journal of Medicine*;355:2725–2732.
10. Bossuyt P.M., Reitsma J.B., Bruns D.E. (2003) Towards complete and accurate reporting of studies of diagnostic accuracy: the STARD initiative. *British Medical Journal*;326:41–44.
11. Gatsonis C., Paliwal P. (2006) Meta-analysis of diagnostic and screening test accuracy evaluations: methodologic primer. *American Journal of Roentgenology*;187: 271–281.
12. Preau S., Saulnier F., Dewavrin F. (2010) Chagnon Passive leg raising is predictive of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with severe sepsis or acute pancreatitis. *Critical Care Medicine*;38:L819–825.
13. Maizel J., Airapetian N., Lorne E. et al. (2007) Diagnosis of central hypovolemia by using passive leg raising. *Intensive Care Medicine*;33:1133–1138.
14. Lamia B., Ochagavia A., Monnet X. et al. (2007) Echocardiographic prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneously breathing activity. *Intensive Care Medicine*;33:1125–1132.

15. Biais M., Vidal L., Sarrabay P. et al. (2009) Changes in stroke volume induced by passive leg raising in spontaneously breathing patients: comparison between echocardiography and Vigileo/FloTrac device. *Critical Care*;13:1-9.
16. Thiel S.W., Kollef M., Isakow W. (2009) Non-invasive stroke volume measurement and passive leg raising predict volume responsiveness in medical ICU patients: an observational cohort study. *Critical Care*;13: 11-16.
17. Barbier C., Loubieres Y., Schmit C. (2004) Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Medicine*;30:1740-1746.
18. Feissel M., Michard F., Faller J., Teboul J. (2009) The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Medicine*;30:1834-1837.
19. Biais M., Nouette-Gaulain K., Rouillet S. et al. (2009) A comparison of stroke volume variation measured by vigileo/ flotracs system and aortic doppler echocardiography *Anesthesia and Analgesia*;109:466-469.
20. Jensen M.B., Sloth E., Larsen K., Schmidt M. (2004) Transthoracic echocardiography for cardiopulmonary monitoring in intensive care. *European Journal of Anaesthesiology*;21:700-707.
21. Rivers E., Nguyen B., Havstadet S. (2001) Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock *The New England Journal of Medicine*;345:1368-1377.
22. Brandstrup B., Tnnesen H., Beier-Holgersen R. (2003) Effects of intravenous fluid restriction on postoperative complications: comparison of two perioperative fluid regimens: a randomized assessor-blinded multicenter trial *Annals of Surgery*;238:641-648.
23. Vignon P., Allot V., Lesage J. (2007) Diagnosis of left ventricular diastolic dysfunction in the setting of acute changes in loading conditions. *Critical Care*;11:3-12.
24. Nagueh S., Middleton K., Kopelen H. et al. (1997) Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *American College of Cardiology*;30:1527-1533.
25. Roysse C., Roysse A., Soeding P., Blake D. (2001) Shape and movement of the interatrial septum predicts change. *Critical Care Research and Practice*;7:79-83.
26. Lichtenstein D., Meziere A., Lagoueyte J. et al. (2009) A-lines and B-lines: lung ultrasound as a bedside tool for predicting pulmonary artery occlusion pressure in the critically ill. *Chest*;136:1014-1020.
27. Teboul J.L., Monnet X., Richard C. (2010) Weaning failure of cardiac origin: recent advances. *Critical Care*;14:2-11.
28. Walker D. (2010) Echocardiography: time for an in-house national solution to an unmet clinical need? *Intensive Care Society*;11:14-17.
29. Charron C., Fessenmeyer C., Cosson C. (2006) The influence of tidal volume on the dynamic variables of fluid responsiveness in critically ill patients. *Anesthesia and Analgesia*;102:1511-1517.
30. Mulvagh S.L., Rakowski H., Vannan M.A. (2008) American Society of Echocardiography consensus statement on the clinical applications of ultrasonic contrast agents in echocardiography. *American Society of Echocardiography*;21:1179-1201.
31. Wei J., Yang H.S., Tsai S.K. (2011) Emergent bedside real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in a patient with cardiac arrest following a caesarean section. *European Journal of Echocardiography*;12:1-6.
32. Jacobs L.D., Salgo I.S., Goonewardena S. (2006) Rapid online quantification of left ventricular volume from real-time three-dimensional echocardiographic data. *European Heart Journal*;27:460-468.

О.А.Павлов, Ю.В.Богун, Б.А.Кабаков

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАНСТОРАКАЛЬНОЇ ЕХОКАРДІОГРАФІЇ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ВОЛЕМІЇ

Недостатній рівень внутрішньосудинного наповнення призводить до незадовільної перфузії тканин з наступним ацидозом і дисфункції органів. Надмірне парентеральне введення рідини спричиняє гостре пошкодження легенів, подовжуючи як тривалість штучної вентиляції легень, так і термін перебування у відділенні інтенсивної терапії. Використання трансторакальної ехокардіографії для визначення варіабельності діаметра нижньої порожнистої вени шляхом піднімання нижніх кінцівок забезпечує високий ступінь відтворюваності методу для оцінки відповіді на волемічне навантаження. Методика може бути використана як ізольований метод і у поєднанні з іншими методиками для виключення можливих помилок.

Ключові слова: волемічне навантаження, трансторакальна ехокардіографія, варіабельність діаметра нижньої порожнистої вени.

A.A.Pavlov, Y.V.Bohun, B.A.Kabakov

THE POSSIBILITY OF USING TRANSTHORACIC ECHOCARDIOGRAPHY TO PREDICT THE LEVEL OF VOLEMIA

Insufficient intravascular filling leads to inadequate tissue perfusion with subsequent acidosis, and organ dysfunction. Excessive parenteral fluid leads to acute lung damage, prolonging the time of mechanical ventilation and stay in the intensive care unit. Transthoracic use echocardiography in determining the variability of the diameter of the inferior vena cava by lifting the lower limbs provides a high degree of reproducibility of the method for assessing response to volemic load. The technique can be used as a stand-alone method and other techniques in combination to avoid possible errors.

Keywords: volemic load, transthoracic echocardiography, the variability of the diameter of the inferior vena cava.