

Механизмы адаптации внутрисердечной гемодинамики у диализных пациентов по данным радиоизотопной вентрикулографии

В.А. Гаврилин, А.Г. Строков, Е.Н. Остроумов, А.Е. Ермоленко

ФГУ «ФНЦ трансплантологии и искусственных органов имени акад. В.И. Шумакова» Минздравсоцразвития РФ, Москва

The mechanisms of intracardiac adaptation in dialysis patients: data of radioisotopic ventriculography

V.A. Gavrilin, A.G. Strokov, E.N. Ostroumov, A.E. Ermolenko

Shumakov Federal Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Moscow

Ключевые слова: гемодиализ, гипергидратация, внутрисердечная гемодинамика, вентрикулография.

Для изучения особенностей ремоделирования сердечно-сосудистой системы (ССС), а также механизмов развития артериальной гипотензии на фоне ультрафильтрации 36 стабильным диализным пациентам проводилась радиоизотопная скintiграфия в начале и в конце процедуры гемодиализа. Было показано, что в поддержании сердечного выброса на фоне ультрафильтрации большую роль играет адекватное наполнение желудочков сердца. При этом на выброс левого желудочка (ЛЖ) влияет фаза активного наполнения ($r = 0,85$), а для правого желудочка (ПЖ) эта зависимость выражена в меньшей степени ($r = 0,42$). Интересно, что при значительном снижении ударного объема (УО) ПЖ происходит существенное увеличение УО ЛЖ ($r = -0,91$). Это можно рассматривать как компенсаторный механизм, обеспечивающий улучшение притока крови к правым отделам сердца. На основе полученных данных создана теоретическая модель адаптации ССС у диализных пациентов.

Radioisotope ventriculography was performed in 36 stable dialysis patients in the beginning and at the end of haemodialysis sessions for studying remodeling of cardiovascular system and the mechanisms of intradialysis hypotension. It has been shown that adequate ventricle refilling plays a critical role in the maintenance of cardiac output during haemodialysis with ultrafiltration. In the left ventricle the active refilling phase was more significant than in the right one. Interestingly, the decrease of the right ventricle output was accompanied by augmentation of the left ventricle output ($r = -0,91$). It can be a mechanisms providing blood return to the right heart. Based on data obtained a theoretical model of adaptation of cardiovascular system in haemodialysis patients was suggested.

Key words: haemodialysis, overhydration, intracardiac haemodynamic, ventriculography.

Особенностью проведения процедуры гемодиализа является быстрое изменение внутрисосудистого объема в результате ультрафильтрации. У пациентов из-за отсутствия выделительной функции почек между сеансами диализа происходит быстрая прибавка веса, которая может достигать 5% массы тела и более [4], что через определенное время приводит к характерным изменениям со стороны сердечно-сосудистой системы (ССС), таким, например, как гипертрофия левого желудочка (ЛЖ) [2]. Основные осложнения при проведении гемодиализа, такие, как гипотензия, судороги, аритмия, ортостатический коллапс после гемодиализа, также связаны с быстрым изменением внутрисосудистого объема. При этом у части пациентов, несмотря на большую прибавку веса между сеансами диализа (до 6 кг и более), интрадиализные осложнения развиваются реже [5] и риск развития сердечно-сосудистых осложнений в течение длительного времени также не высок [7, 10–12]. Это связано с хорошей адаптацией ССС таких пациентов.

В данном исследовании для изучения особенностей адаптации (ремоделирования) ССС и механизмов поддержа-

ния стабильности гемодинамики на фоне ультрафильтрации проводилась радиоизотопная скintiграфия в начале и в конце процедуры гемодиализа.

Материалы и методы

36 диализным пациентам (17 мужчин и 19 женщин в возрасте от 19 до 54 лет, в среднем 36,1; длительность диализного лечения от 6 до 165 месяцев, в среднем 75,4 месяца) проводилась радиоизотопная вентрикулография с технецием-99 в начале (на 30-й минуте) и в конце (на 210-й минуте) процедуры гемодиализа.

Диализные процедуры длительностью 4 часа проводились на диализаторах F6 и F6HPS (Fresenius Medical Care, Германия) с использованием бикарбонатного диализата следующего состава: Na – 136–140; К – 2,0–4,0; Са – 1,5; Mg – 0,5 ммоль/л – на аппаратах Fresenius 4008 S при кровотоке 200–300 мл в минуту. Междиализная прибавка в весе составляла от 3,2 до 4,5 кг, в среднем $3,7 \pm 0,4$ кг.

Оценивались параметры систолической (сердечный

Адрес для переписки: 123182, г. Москва, ул. Щукинская, д. 1
Телефон: (499) 158-22-33. Гаврилин Владимир Анатольевич
E-mail: medick@bk.ru

выброс, ударный и минутный объем ЛЖ и ПЖ) и диастолической (наполнение за 1/3 диастолы, вклад предсердий) функций миокарда, артериальное давление (АД), частота сердечных сокращений (ЧСС) и частота эпизодов гипотензии, требующих вмешательства персонала.

Для обработки результатов использовали программу Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение

В прошлых работах мы показали важную роль активной фазы диастолического наполнения ЛЖ в поддержании стабильности гемодинамики в ходе гемодиализа [3–5]. У диализных пациентов при быстрой дегидратации может уменьшаться внутрисосудистый объем и приток крови к левому желудочку. К третьему часу проведения процедуры, когда объем ультрафильтрации значителен, вклад левого предсердия в наполнение ЛЖ может увеличиваться до восьми раз (рис. 1). Коэффициент корреляции, показывающий связь предсердного вклада с ударным объемом левого желудочка, составил $r = 0,85$.

В такой ситуации, несмотря на значительную дегидратацию, средний уровень АД практически не изменялся, а самочувствие пациентов оставалось удовлетворительным. Среднее АД в начале диализа составляло $108,7 \pm 4,7$ мм рт. ст., а в конце процедуры $105,4 \pm 5,6$ мм рт. ст.

В тех случаях, когда предсердный вклад в наполнение ЛЖ при активной дегидратации существенно не изменялся, частота эпизодов гипотензии, требующей вмешательства персонала, была выше, а среднее АД значительно снижалось в конце процедуры. Среднее АД в начале диализа составляло $103,6 \pm 4,2$ мм рт. ст., а в конце процедуры – $87,6 \pm 6,9$ мм рт. ст. ($p < 0,05$).

Фаза пассивного наполнения существенно не влияла на УО ЛЖ. Коэффициент корреляции между наполнением ЛЖ за первую треть диастолы и УО ЛЖ составил $r = 0,514$.

Интересна роль правых отделов сердца как в общей,

так и во внутрисердечной гемодинамике. Нами были исследованы обе фазы диастолической функции, пассивного и активного наполнения правого желудочка. Роль правого предсердия в активном наполнении ПЖ была значительно меньшей, чем в левых отделах сердца. Коэффициент парной корреляции между вкладом правого предсердия и фракцией выброса ПЖ составил $r = 0,42$. А вот роль пассивной фазы наполнения ПЖ была существенно выше. Коэффициент парной корреляции между ударным объемом ПЖ и наполнением за первую треть диастолы составил $r = 0,69$.

Получается, что в диастолической функции правых и левых отделов сердца преобладают различные механизмы. В диастолической функции правых отделов преобладает пассивная, а левых отделов – активная фаза наполнения.

Это представляется вполне логичным. Малый круг кровообращения обладает значительно меньшей емкостью, чем большой [1, 6]. К тому же трудно представить значительное изменение объема легочного круга кровообращения [9]. При сравнении ударных объемов правого и левого желудочков, измеренных в одно и то же время, УО ПЖ в среднем составил $62,2 \pm 8,4$ мл, а УО ЛЖ – $87,5 \pm 9,2$ мл. Соответственно минутный объем ПЖ в среднем равнялся 4169,8 мл; а минутный объем ЛЖ – 5865 мл. Столь существенное различие отчасти можно объяснить ошибкой метода определения объемов желудочков. Тем не менее можно попытаться дать этому феномену теоретическое обоснование.

ССС является замкнутой гидростатической системой. Всю ССС человека можно представить в виде модели, состоящей из двух цилиндров, помещенных один в другой (рис. 2).

Маленький цилиндр – «малый круг кровообращения» имеет практически постоянную емкость и открытый внешний контур для связи с большим цилиндром – «большим кругом кровообращения». Малый цилиндр может двигаться вдоль стенок большого и в зависимости от этого объем полостей большого цилиндра может меняться либо в пользу «депо», либо в пользу БКК (большой круг кровообращения), а объем полости малого цилиндра при этом остается неизменным.

Нечто похожее, но гораздо сложнее происходит при взаимодействии правых и левых отделов сердца, большого и малого кругов кровообращения. Левые отделы сердца всегда выбрасывают крови больше, чем правые, но правые отделы сердца не могут воспринять весь этот объем, так как ограничены малым объемом легочного круга кровообращения. Отсюда преобладание пассивной фазы диастолической функции правых отделов. «Лишняя»

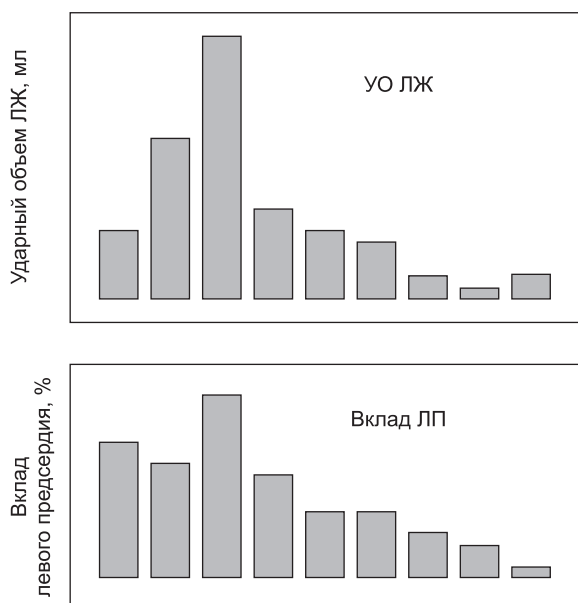


Рис. 1. Зависимость УО ЛЖ от вклада левого предсердия на 210-й минуте гемодиализа

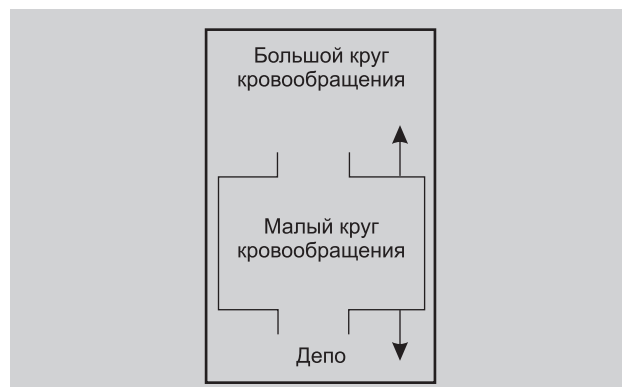


Рис. 2. Теоретическая модель адаптации ССС у диализных пациентов

кровь частично депонируется в больших и малых емкостных сосудах большого круга кровообращения, а частично по множеству анастомозов вновь оказывается в большом круге кровообращения (сердечно-легочная рециркуляция). Соотношение между «лишним» и «нужным» объемом регулируется потребностью организма в поддержании необходимого объема, а на местном уровне – региональными регуляторами, тканевыми гормонами. При быстрой дегидратации во время диализа становится понятным преобладание фазы активной диастолы в левых отделах для поддержания нормального минутного объема и АД. Во-первых, активная диастола создает необходимое отрицательное давление для нормального поступления крови к левым отделам сердца из кровяных депо и по анастомозам, во-вторых, способствует нормальному наполнению ЛЖ и поддержанию сердечного выброса на физиологическом уровне.

Но, несмотря на отличающиеся механизмы диастолической функции правых и левых отделов сердца, действие этих механизмов направлено на одну единственную задачу – поддержание гемодинамики на нормальном уровне [8, 13, 14]. Интересно, что при значительном снижении УО ПЖ происходит существенное увеличение УО ЛЖ. Эти показатели находятся в чрезвычайно сильной обратной корреляции ($r = -0,91$). При снижении УО ПЖ парадоксально увеличивается приток крови к ЛЖ. Это происходит за счет активного вклада левого предсердия. УО ЛЖ увеличивается, и возрастает приток крови к ПЖ за счет пассивной фазы диастолы. Это подтверждает нашу теорию, изложенную выше, и может рассматриваться как компенсаторный механизм, обеспечивающий улучшение притока крови к правым отделам сердца.

Выводы

Диастолическая функция миокарда играет очень важную роль в поддержании адекватной гемодинамики во время гемодиализа на фоне ультрафильтрации.

В правых отделах сердца преобладает пассивное наполнение желудочка в диастолу.

В левых отделах сердца активная диастола, большая емкость резистентных сосудов и сердечно-легочная рециркуляция обеспечивают не только нормальный УО ЛЖ, но и адекватное наполнение правых отделов сердца.

Литература

1. Бадиков В.И. Кровообращение. Физиология. Курс лекций / Под ред. К.В. Судачова. М., 2000. С. 319–365.
2. Котов А.В. Жидкие среды организма. Физиология. Курс лекций / Под ред. К.В. Судачова. М., 2000. С. 319–298.
3. Гаврилин В.А., Строков А.Г., Ермоленко А.Е. и др. Внутрисердечная гемодинамика у пациентов в условиях относительной гипervолемии и активной дегидратации // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2005. № 3. С. 66–67.
4. Гаврилин В.А., Строков А.Г., Ермоленко А.Е. и др. Гипергидратация и сердечно-сосудистая система у больных, находящихся на гемодиализе // Вестник Российской академии медицинских наук. 2006. № 11. С. 41–45.
5. Гаврилин В.А., Строков А.Г. Диаметр нижней полой вены у пациентов, получающих лечение гемодиализом // Нефрология и диализ. 2001. Т. 3. № 1. С. 67–69.
6. Белялов Ф.И. Факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний и хроническая почечная недостаточность (обзор) // Кардиология. 2005. № 7. С. 92–96.
7. Hermen P., Krepel R., Nette W. et al. Variability of relative blood volume during haemodialysis // NDT. 2000. Vol. 15 (5). P. 673–679.
8. Ohtake T., Kobayashi S., Moriya H. et al. High Prevalence of Occult Coronary Artery Stenosis in Patients with Chronic Kidney Disease at the Initiation of Renal Replacement Therapy: An Angiographic Examination // J

Am Soc Nephrol. 2005. Vol. 16. P. 1141–1148.

9. Dahan M., Viron B.M., Poiseau E. et al. Combined dipyridamole-exercise stress echocardiography for detection of myocardial ischemia in hemodialysis patients: An alternative to stress nuclear imaging // Am J Kidney Dis. 2002. Vol. 40 (4). P. 737–744.

10. Rostand S.G., Kirk K.A., Rutsky E.A. Dialysis-associated ischemic heart disease: insights from coronary angiography // Kidney Int. 1984. Vol. 25. P. 653–659.

11. Samak M.J., Coronado B.E., Greene T. et al. Cardiovascular disease risk factors in chronic renal insufficiency // Clin Nephrol. 2002. Vol. 57 (5). P. 327–335.

12. Savage T., Fabbian F., Giles M. et al. Interdialytic weight gain and 48-h blood pressure in haemodialysis patients // NDT. 1997. Vol. 12. P. 2308–2311.

13. Gabrielli D., Kristal B., Katzarski K. et al. Improved intradialytic stability during haemodialysis with blood volume-controlled ultrafiltration // J Nephrol. 2009. Vol. 22. P. 232–240.

14. Wizemann V., Wabel P., Chamney P. et al. The mortality risk of overhydration in haemodialysis patients // NDT. 2009. Vol. 24 (5). P. 1574–1579.

Получено 18.01.2010 – принято к печати 10.08.2010