

Список литературы

1. Байер В. Некоторые теоретические соображения о распределении концентрации продуктов обмена.— В кн.: Биофизика. М.: Изд-во иностр. лит., 1962, с. 340—343.
2. Зенин В. В. Определение коэффициентов проницаемости сферических бислойных мембран для ионов и неэлектролитов.— Цитология, 1978, 20, № 12, с. 1390—1395.
3. Лев А. А. Моделирование ионной избирательности клеточных мембран.— Л.: Наука, 1976.—210 с.
4. Некрасов Л. Н. Теоретические основы полярографического анализа с применением твердых электродов.— Науч. докл. высш. школы (Биол. науки), 1971, 95, № 11, с. 117—128.
5. Pogano R., Thompson T. E. Spherical lipid bilayer membranes.— Biochim. biophys. acta, 1967, 144, N 3, p. 666—669.
6. Pogano R., Thompson T. E. Spherical lipid bilayer membranes: electrical and isotopic studies of ion permeability.— J. Mol. Biol., 1968, 38, N 1, p. 41—57.

Отдел физиологии дыхания
Института физиологии им. А. А. Богомольца
АН УССР, Киев

Поступила в редакцию
16.02.81

УДК 616.12—008.1—073.731—079.96

М. И. Гуревич, Г. А. Григораш, А. И. Соловьев,
Л. Б. Долومان, И. Б. Зимгород

О МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЯХ МЕТОДА ТЕТРАПОЛЯРНОЙ ТРАНСТОРАКАЛЬНОЙ ИМПЕДАНСНОЙ РЕОПЛЕТИЗМОГРАФИИ В УСЛОВИЯХ КЛИНИКИ

Метод исследования сердечного выброса с помощью импедансной реоплетизмографии привлекает все большее внимание клиницистов и физиологов вследствие его атравматичности, простоты и безопасности, возможности часто повторяющихся исследований и длительной регистрации. Однако существуют сомнения в точности количественных данных, получаемых с помощью этого бескровного метода. В отечественной и зарубежной литературе имеется значительное количество противоречивых данных о надежности реоплетизмографического метода, причем мнения исследователей колеблются от признания достаточной надежности метода [2—5, 13, 15, 19 и др.] до категорического отрицания его пригодности для количественной оценки гемодинамики [9, 12]. Ранее [2] нами было проведено сопоставление величин сердечного выброса, полученных с помощью тетраполярной трансторакальной импедансной реоплетизмографии (ТТИРПГ) и метода возвратного дыхания CO_2 . Полученные данные (коэффициент корреляции $r=0,79$) позволили сделать вывод о целесообразности применения метода тетраполярной трансторакальной импедансной реоплетизмографии для оценки гемодинамики у здоровых.

Учитывая разнородность данных, особенно относящихся к применению метода импедансной реоплетизмографии в клинике, мы сочли целесообразным провести исследование по сравнению данных сердечного выброса, полученных путем синхронной регистрации с помощью наиболее совершенной разновидности импедансной реоплетизмографии — метода ТТИРПГ — и термодилуции у больных. Объектом исследования явились больные с атеросклеротическим поражением коронарных сосудов сердца, нижней трети аорты и магистральных сосудов нижних конечностей.

Методика исследований

Реографические исследования проводились методом ТТИРПГ, подробно описанным нами ранее [1, 7].

Минутный объем кровообращения (МОК) рассчитывали по формуле Кубичека:

$$\text{МОК} = \rho \cdot \frac{l^2}{Z^2} \cdot A_{\text{диф}} \cdot T_{\text{изгн}} \cdot \text{ЧСС} \cdot 10^{-3}, \text{ где: МОК — минутный объем кровообращения}$$

л/мин; ρ — удельное сопротивление крови, равное 135 Ом·см; l — расстояние между измерительными электродами, см; Z — базисный импеданс, Ом, определяемый по шкале реоплетизмографа; $A_{\text{диф}}$ — амплитуда дифференциальной реоплетизмограммы, Ом/с; $T_{\text{изгн}}$ — время изгнания крови, с; ЧСС — частота сердечных сокращений, уд/мин.

Запись реоплетизмографических кривых осуществляли с помощью реоплетизмографа РПГ2-0 2 на Миннографе-81 фирмы «Elema Schönder» (Швеция). Минутный объем

кровообращения мет
установке фирмы «
ходе исследования, п
Исследования п
экспериментальной и
дый по несколько ра

Результаты про
хорошая корреляция
Средние величины с

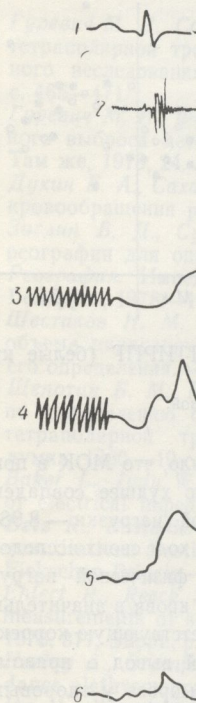


Рис. 1. Типичные кривые:
1 — электрокардиограмма
4 — дифференцированная реоплетизмограмма

отличались мало, рас
уровне достоверности
ные данные свидетел
шей воспроизводимос

Полученные резу
суются с данными, и
венной и зарубежной
тате сравнения показ
дечного выброса, по
методов импедансной
разведения индикатор
корреляционная завис
ним данным [6], разл
плетизмографического
с методом разведения
всего 2,3 %. По други
корреляции между ве
методов, составил 0,69
ма кровообращения д

кровообращения методом термодилуции определяли автоматически на компьютерной установке фирмы «Columbus Instruments» (США). Типичные кривые, полученные в ходе исследования, представлены на рис. 1.

Исследования проводились в отделе гемодинамики и газообмена Киевского НИИ экспериментальной и клинической хирургии. Всего было обследовано 14 больных, каждый по несколько раз.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты проведенных исследований представлены на рис. 2, из которого видна хорошая корреляция величин МОК, полученных методами ТТИРПГ и термодилуции. Средние величины сердечного выброса, полученные с помощью этих двух методов,

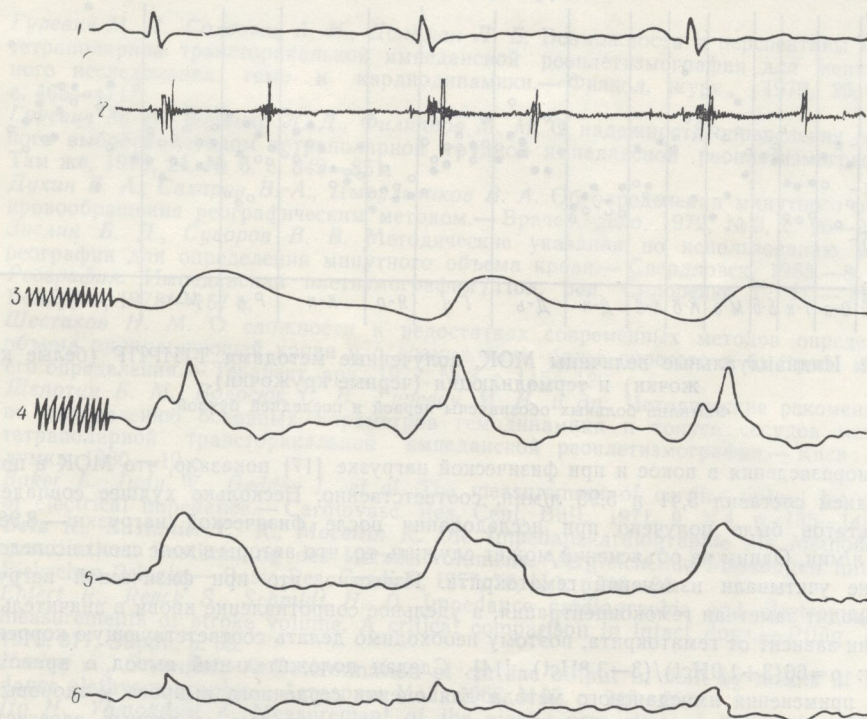


Рис. 1. Типичные кривые, полученные в ходе исследования гемодинамики у больного Г-к. 1 — электрокардиограмма (II отведение); 2 — фонокардиограмма; 3 — объемная реоплетизмограмма; 4 — дифференцированная реоплетизмограмма; 5 — кривая давления в правом желудочке; 6 — дифференцированная кривая давления в правом желудочке.

отличались мало, расхождения значений МОК в среднем составляли $\pm 4,27\%$ при 95 % уровне достоверности, коэффициент корреляции равен 0,91 (см. таблицу). Представленные данные свидетельствуют о достаточно высокой точности метода ТТИРПГ и хорошей воспроизводимости результатов измерений.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными, имеющимися в отечественной и зарубежной литературе. В результате сравнения показателей величины сердечного выброса, полученных с помощью методов импедансной реоплетизмографии и разведения индикатора, отмечается тесная корреляционная зависимость [3, 4]. По одним данным [6], различие показателей реоплетизмографического метода по сравнению с методом разведения красителя составляет всего 2,3 %. По другим [5] — коэффициент корреляции между величинами ударного объема, полученными с помощью этих двух методов, составил 0,69, а коэффициент корреляции между величинами минутного объема кровообращения достигал 0,78. Исследования Кубичека [15], выполненные на 10

Величины МОК, полученные с помощью методов ТТИРПГ и термодилуции

Статистические показатели	МОК _{ТД}	МОК _{ТТИРПГ}
<i>M</i>	6,33	6,06
<i>m</i>	$\pm 0,18$	$\pm 0,12$ $r = 0,91$
σ	1,54	0,96

здоровых мужчинах в покое и при физической нагрузке с помощью им же разработанного метода ТТИРПГ, показали, что этот метод обеспечивает определение параметров сердечного выброса с точностью $\pm 16\%$ при 95 % уровне достоверности. При сравнительной оценке данных сердечного выброса, полученных с помощью методов импедансной реоплетизмографии и разведения красителя, коэффициент корреляции составил 0,84 [13]. Отмечено [8], что величины сердечного выброса, полученные этими методами, хорошо согласуются. При определении УОК у 129 больных методами импедансной реоплетизмографии и радиокардиографии [18] сопоставление результатов выявило высокую степень корреляции ($r=0,80$). Измерение МОК методами импедансной реоплетизмографии

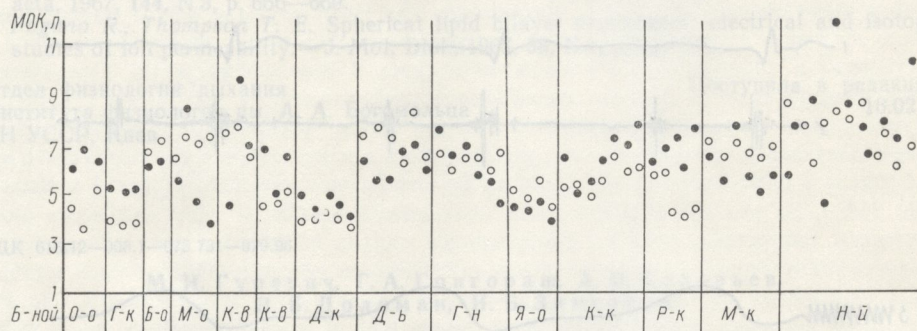


Рис. 2. Индивидуальные величины МОК, полученные методами ТТИРПГ (белые кружочки) и термодилуции (черные кружочки).

Фамилии больных обозначены первой и последней буквой.

и терморазведения в покое и при физической нагрузке [17] показало, что МОК в покое в среднем составил 5,41 и 5,95 л/мин, соответственно. Несколько худшее совпадение результатов было получено при исследовании после физической нагрузки — 8,98 и 10,42 л/мин. Одним из объяснений может служить то, что авторы в ходе своих исследований не учитывали изменений гематокрита. Известно, что при физической нагрузке происходит заметная гемоконцентрация, а удельное сопротивление крови в значительной степени зависит от гематокрита, поэтому необходимо делать соответствующую корректировку: $\rho = 66(3 + 1,9Hct)/(3 - 3,8Hct)$ [14]. Сделан положительный вывод о правомочности применения импедансного метода для оценки сердечного выброса у здоровых и больных [19]. Отличие результатов, полученных этим методом, от данных, зарегистрированных с помощью методов Фика и терморазведения, составило в среднем 12 %, что вполне допустимо при использовании неинвазивной методики.

Имеются и выводы противоположного характера. Так, при одновременном определении сердечного выброса методами импедансной реоплетизмографии и разведения красителя у 13 здоровых людей, получен коэффициент корреляции = 0,68. А при таком же обследовании 24 больных сердечно-сосудистыми заболеваниями корреляция была совершенно незначительна ($r=0,26$). На основании этого высказываются сомнения по поводу возможности широкого применения импедансного метода в клинических исследованиях. Несмотря на это, авторы все же указывают, что метод, благодаря своей атравматичности, заслуживает серьезного внимания. Определение с помощью методов импедансной реоплетизмографии и разведения красителя сердечного выброса у детей, привело к выводу, что эти данные плохо согласуются [16]. Измерение ударного объема крови (УОК) у детей 8—14 лет методом импедансной реоплетизмографии, выявило величины [9], не стоящие ни в каком закономерном соотношении с показателями УОК, полученными по методу Фика. С точки зрения авторов, измерение трансторакального импеданса указывает лишь на количество крови в грудной клетке и не может служить для измерения систолического объема крови. Высказано мнение [10], что метод импедансной реоплетизмографии полезен для измерения относительных сдвигов УОК, но не для оценки его абсолютных значений.

Как видно из краткого обзора литературных данных, надежность метода ТТИРПГ для определения относительных сдвигов сердечного выброса сомнений не вызывает. Подчеркивается также и достаточно высокая воспроизводимость результатов, полученных этим методом. Основным препятствием для широкого использования метода

ТТИРПГ в клинике с ров центральной гемо

Однако на осно вывод о правомочно выброса и в услови воспроизводимости ре сообразно использова информация о состоя

1. Гуревич М. И., Со тетраполярной тра ного исследования с. 465—471.
2. Гуревич М. И., Фо ного выброса мет Там же, 1978, 24, 1
3. Духин Е. А., Саха кровообращения р
4. Зислин Б. Д., Су реографии для оп
5. Реография. Импе Беларусь, 1978.—1
6. Шестаков Н. М. объема циркулиру его определения.—
7. Щепотин Б. М., Е по определению с тетраполярной тр думка, 1980.—19 с.
8. Baker L., Judy W. of electrical imped
9. Betz R., Bastanier quantitativen Best Fickschen Prinzip.—
10. Ehler R., Reeck measurements of s 1978, 377, Suppl., p.
11. Harlay A., Greenfu dance plethysmogra
12. Ito H., Yamokoshi transthoracic admit city measurement l (Techn. Lab. Clin.)
13. Kinnen E. Cardiac Acad. Sci., 1970, 170
14. Kobayashi Y., And cardiac output dur Environ. and Exerci
15. Kubicek W. G., Ka of the impedance C 1212.
16. Lababidi Z., Ehmke put in children. — P
17. Nechwatal W., Bie Herzzeitvolumens p mit der Thermodilu
18. Sacamoto K., Kan cardiography.—Sci.
19. Traugott F. M., Qu rement of human c Pharmacol. Soc., 19

Отдел физиологии кро
Института физиологии
АН УССР, Киев

ТТИРПГ в клинике остается вопрос о точности оценки абсолютных значений параметров центральной гемодинамики.

Однако на основании полученных нами данных можно с уверенностью сделать вывод о правомочности применения метода ТТИРПГ для оценки параметров сердечного выброса и в условиях клиники. Атрауматичность метода, простота, высокая степень воспроизводимости результатов делают его незаменимым в тех случаях, когда нецелесообразно использовать инвазивные методы и особенно, когда требуется экстренная информация о состоянии сердечно-сосудистой системы больного.

Список литературы

1. Гуревич М. И., Соловьев А. И., Доломан Л. Б. Возможности и перспективы метода тетраполярной трансторакальной импедансной реоплетизмографии для неинвазивного исследования гемо- и кардиодинамики. — Физiol. журн., 1979, 25, № 4, с. 465—471.
2. Гуревич М. И., Фесенко Л. Д., Филиппов М. М. О надежности определения сердечного выброса методом тетраполярной грудной импедансной реоплетизмографии. — Там же, 1978, 24, № 6, с. 849—851.
3. Духин Е. А., Сахаров В. А., Цырульников В. А. Об определении минутного объема кровообращения реографическим методом. — Врачеб. дело, 1972, № 3, с. 96—98.
4. Зислин Б. Д., Суворов В. В. Методические указания по использованию метода реографии для определения минутного объема крови. — Свердловск, 1968. — 8 с.
5. Реография. Импедансная плетизмография / Под. ред. Сидоренко Г. И. — Минск: Беларусь, 1978. — 157 с.
6. Шестаков Н. М. О сложности и недостатках современных методов определения объема циркулирующей крови и о возможности более простого и быстрого метода его определения. — Терапевт. арх., 1977, № 3, с. 115—120.
7. Щепотин Б. М., Волосюк С. В., Гуревич М. И. и др. Методические рекомендации по определению основных параметров гемодинамики и тонуса сосудов методом тетраполярной трансторакальной импедансной реоплетизмографии. — Киев: Наук. думка, 1980. — 19 с.
8. Baker L., Judy W., Geddes L. et al. The measurement of cardiac output by means of electrical impedance. — Cardiovasc. Res. Cent. Bull., 1971, 9, N 4, p. 135—145.
9. Betz R., Bastanier C. K., Mocellin R. Die Impedanzkardiographie als Methode zur quantitativen Bestimmung des Herzzeitvolumens. Vergleichende Messungen mit dem Fickschen Prinzip. — Basic Res. Cardiol., 1977, 72, N 1, p. 46—56.
10. Ehlert R., Reeck S., Schmidt H. D. Impedance cardiographic and electromagnetic measurements of stroke volume. A critical comparison in intact dogs. — Pflüg. Arch., 1978, 377, Suppl., p. 53.
11. Harlay A., Greenfield J. Determination of cardiac output in man by means of impedance plethysmography. — Aerospace Med., 1968, N 39, p. 248—252.
12. Ito H., Yamokoshi K. Measurement of the elastic properties of the aorta with the transthoracic admittance plethysmography method in the living animal. Aortic elasticity measurement by the admittance method. — In: Acquis. mes. impedance bioelec. (Techn. Lab. Clin.) C. r. 2e Congr. int., Lyon, 1976. — Lyon, 1978, p. 266—270.
13. Kinnen E. Cardiac output from transthoracic impedance variations. — Ann. N. Y. Acad. Sci., 1970, 170, Pt. 2, p. 747—756.
14. Kobayashi Y., Andoh Y., Fujinami T. et al. Impedance cardiography for estimating cardiac output during submaximal and maximal work. — J. Appl. Physiol.: Respir. Environ. and Exercise Physiol., 1978, 45, N 3, p. 459—462.
15. Kubicek W. G., Karnegis J. N., Patterson R. P. et al. Development and evaluation of the impedance Cardiac Output System. — Aerospace Med., 1966, 37, N 12, p. 1208—1212.
16. Lababidi Z., Ehmke D. A., Durnin R. E. et al. Evaluation of impedance cardiac output in children. — Pediatrics, 1971, 47, N 5, p. 870—879.
17. Nechwatal W., Bier P., Eversmann A., König E. Die unblutige Bestimmung des Herzzeitvolumens mit der Impedanzkardiographie. Vergleichende Untersuchungen mit der Thermodilutionsmethode. — Basic Res. Cardiol., 1976, 71, N 5, p. 542—552.
18. Sacamoto K., Kanai H. Analysis of the pulse waveform measured by impedance cardiography. — Sci. et techn. biomed., 1976, N 1, p. 5.
19. Traugott F. M., Quail A. W., White S. M. Transthoracic electrical impedance measurement of human cardiac output in health and disease. — Proc. Austral. Physiol. and Pharmacol. Soc., 1978, 9, N 2, p. 136.

Отдел физиологии кровообращения
Института физиологии им. А. А. Богомольца
АН УССР, Киев

Поступила в редакцию
23.11.81

ТТИРПГ вызывает, получен метод