УДК 616.134-089.86-02:617.57-005

Особливості кровоплину руки після класичного шунтування за Блелоком–Тауссіг. Опис клінічного випадку

В.Ф. ПЕТРОВ, І.М. ФЕДОРИШИН, Х.Т. ЦВІГУН
Львівська обласна клінічна лікарня, Львів, Україна
E-mail: medicine_mail@yahoo.com

Хірургічне лікування природжених вад серця зі збідненим кровоплином легенів іноді виконується у кілька етапів – паліативне втручання в ранньому і радикальна корекція в старшому віці. Перша паліативна операція, яка була здійснена Альфредом Блелоком і Геленою Тауссіг у 1945 р., полягала у пересіченні підключичної артерії дистальніше відгалуження колатералей і створенні анастомозу між підключичною і легеневою артеріями за типом «кінцев-у-бік». Шунтування крові з підключичної в легеневу артерію із застосуванням судинного протезу без пересічення підключичної артерії здійснив Марк де Леваль у 1975 р. [4, 6]. Сучасних літературних даних про особливості колатерального кровоплину верхньої кінцівки після пересічення підключичної артерії операції Блелока–Тауссіг обмаль.

Мета дослідження – дослідити особливості кровопостачання верхньої кінцівки після накладання класичного шунта Блелока–Тауссіг при складній ваді серця зі зменшеним легеневим кровоплином у віддаленому періоді.

Матеріали й методи дослідження. Хлопчик (2002 р. н.), у віці 9 місяців переніс класичне системно-легеневе шунтування за Блелоком–Тауссіг справа з приводу ціанозу на ґрунті подвійного відходження магістральних судин від правого шлуночка, стенозу легеневої артерії, мальпозиції магістральних судин, субаортального дефекту міжшлуночкової перегородки. У 2006 р. проведена радикальна корекція ваді серця за Растеллі з імплантацією легеневого гомографта, який замінений у 2017 р.

Для порівняльної оцінки розвитку і кровоплину кінцівок ми застосували такі інструментальні дослідження: цифрове рентгенографічне – апаратом General Electric Series 9600, доплерографічне – апаратом General Electric Vivid S6, інвазивне вимірювання артеріального тиску і пульсоксиметрія – монітором Drager Infinity Kappa.

Кровоплин у судині з круглим поперечним перерізом визначали за формулою:

$$Q = VTI \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2, \text{ де}$$

Q – об'єм потоку крові, см^3 ;

VTI (Velocity Time Integral) – інтеграл швидкості антеградного потоку по часу, см , π – стале число; D – діаметр судини, см .

З цієї формули обчислили співвідношення кровоплину правої та лівої плечових артерій:

$$\frac{Q_r}{Q_l} = \frac{VTI_r}{VTI_l} \cdot \left(\frac{D_r}{D_l} \right)^2, \text{ де}$$

Q_r і Q_l – об'ємний потік крові у правій та лівій плечових артеріях; VTI_r і VTI_l – інтеграл швидкості антеградного потоку по часу у правій та лівій плечовій артерії; D_r і D_l – діаметр правої та лівої плечової артерії [1].

Результати дослідження та їх обговорення. Під час обстеження у 2017 р. пацієнт скарж не висловлював. М'язи рук симетрично розвинені.

Артеріальний тиск на лівій руці становив 116/67 мм рт. ст., на правій – 87/64 мм рт. ст.

Результати рентгенографічного обстеження кистей рук подані на рис. 1 а, б.

Рис. 1. Рентгенографія: а – ліва рука, б – права рука

При рентгенографії виявлено однаковий розвиток центрів окостеніння кистей і дистальних епіфізів кісток передпліччя.

Результати ультразвукового обстеження подані у табл. 1 і рис. 2 а, б.

Таблица 1

Результати ультразвукового дослідження плечових артерій

Показник	Ліва рука	Права рука
Діаметр плечової артерії, см	0,5	0,4
Характер доплерографічної кривої	Трифазний	Монофазний
Наростання систолічного піку	Швидке	Повільне
Час прискорення систолічного піку, мсек	59	96
Спадання систолічного піку	Швидке	Повільне
Пікова систолічна швидкість, см/с	82	36
Діастолічний реверс	+	–
Діастолічний антеградний потік	Короткий	Довгий
Інтеграл швидкості потоку по часу, см		
систолічний потік	7,3	9,6
діастолічний потік	1,9	(оцінка всієї
пізній систолічний потік	1,3	фази потоку)
сумарний антеградний потік	7,3 – 1,9 + 1,3 = 6,7	9,6
Індекс резистентності	0,65	0,58

Оцінюючи показники табл. 1 та характер кривих доплерограм, зліва спостерігаємо нормальний кровоплин, крива побудована з трьох фаз – швидкий систолічний пік, невеликий діастолічний реверс і кінцевий діастолічний антеградний потік. При доплерографії правої плечової артерії крива кровоплину монофазна, складається із систолічного наповнення і подовженої діастолічної хвилі.

Рис. 2. Ультразвукове обстеження плечових артерій: а – ліва рука; б – права рука

На підставі результатів ультразвукового дослідження визначили співвідношення об'ємного потоку крові правої та лівої руки, показник Q_r/Q_l становив 1, що свідчить про високу сумарну ефективність кровонаповнення правої руки.

Результати інвазивного вимірювання артеріального тиску у променевих артеріях подані у табл. 2 і рис. 3 а, б.

Таблиця 2

Результати інвазивного вимірювання артеріального тиску у променевих артеріях

Показник	Ліва рука	Правої рука
Артеріальний тиск, сист/діаст (сер), мм рт.ст.	116/67(82)	87/64(74)
Пульсовий тиск, мм рт.ст.	49	23
Наростання анакроти	Швидке	Повільне
Плато	–	+
Катакрота	Швидка	Повільна
Дикротичний зубець	Чіткий	Невиражений

Рис. 3. Криві артеріального тиску у променевих артеріях, *а* – ліва рука; *б* – права рука

Аналізуючи результати табл. 2 і рис. 3 *а, б*, спостерігаємо криву нормального артеріального периферичного кровоплину, яка складається з анакроти, катакроти і дикротичного зубця. При вимірюванні артеріального тиску у правій променевій артерії виявлені анакрота, плато, катакрота і дикротичний зубець.

Результати пульсоксиметричного обстеження подані на рис. 4, *а, б*.

Рис. 4. Плетизмограми: *а* – ліва рука; *б* – права рука

Порівнюючи показники пульсоксиметрії вказівних пальців, спостерігаємо однакові показники насичення крові. Водночас крива зліва високої амплітуди, справа плетизмограма сплюснена.

Після здійснення операції класичного шунтування за Блелоком–Тауссіг рука забезпечується артеріальною кров'ю від проксимальної третини підключичної артерії: кінцеві гілки щитошийного стовбура завершуються у надлопатковій артерії і дорсальній артерії лопатки; останні формують мережу анастомозів із підлопатковою артерією, яка постачає кров'ю пахвову артерію [6]. Отже, припинення магістрального кровоплину руки після класичного шунтування за Блелоком–Тауссіг компенсувалось регіональними змінами кровопостачання – розширенням колатералей, зростанням їх мережі, зниженням опору судин, виникненням міжсудинних градієнтів тиску [11]. Зазначимо, що у дітей порівняно з дорослими здатність до колатералізації вища і пов'язана із активністю ендотеліального фактора росту судин, відмінностями у адренергічній іннервації, ємністю судинного басейну та його опором, ростом і фізичною активністю дитини [3, 9].

У нашого пацієнта підтверджений нормальний артеріальний кровоплин лівої і добре колатеральне кровозабезпечення правої плечової артерії. У лівій плечовій артерії доплерографічно виявлена трифазна крива кровопли-

ну – перша фаза антеградна, спричинена викидом крові з лівого шлуночка під час систоли, друга фаза ретроградна, пов'язана із закриттям аортального клапана під час діастоли, ретракцією артерії та опором судинного русла у скелетних м'язах, третя фаза антеградна, зумовлена еластичністю артерій, що підтримують кровонаповнення тканин кінцівки у діастолу [2, 10]. У правій плечовій артерії крива монофазна, що свідчить про немагістральне кровозабезпечення руки – пропускна здатність колатералей не дає змоги заповнити кров'ю судини під час систоли, а тому в діастолу триває значний додатковий антеградний потік крові [7]. Однакове співвідношення об'ємного потоку крові у плечових артеріях Q_r/Q_l свідчить про високу сумарну ефективність кровонаповнення правої руки порівняно з лівою.

Швидка анакрота і високий систолічний пік у лівій променевій артерії відповідають систолічному викиду крові з лівого шлуночка, а діастолічна хвиля, перервана дикротичним зубцем, демонструє діастолічне закриття стулок аортального клапана [5]. У правій променевій артерії крива артеріального тиску нижчої амплітуди, анакрота і катакрота розділені плато, що відповідає затримці пульсуючої хвилі під час проходження через мережу колатералей.

Ми спостерігали сповільнений характер наповнення систолічного компоненту та знижений піковий потік крові у кінцівці з колатеральним кровоплином порівняно з неураженою рукою. Нами підтверджене постсistolічне кровозабезпечення руки за рахунок тривалого діастолічного антеградного потоку крові. Індекс резистентності та діастолічний артеріальний тиск в обох кінцівках суттєво не відрізняється, що свідчило про однаковий тонус периферичного артеріального русла у віддаленому періоді після пересічення магістральної артерії. Незважаючи на відмінності у характері кровоплину під час систоли та діастоли у правій та лівій верхніх кінцівках, сумарна перфузія забезпечила задовільний ріст органів. Ефективність колатерального кровоплину також підтверджена рентгенографічним обстеженням кісток рук, яке виявило симетричну осифікацію кісток кисті та дистального відділу передпліччя [8].

Висновок. Розвиток колатерального кровоплину після класичного шунтування за Блелоком–Тауссіг з пересіченням підключичної артерії у дитини зі складною ціанотичною вадою серця у віці 9 місяців забезпечив задовільний розвиток руки у віці 17 років. Недостатність систолічного компоненту кровонаповнення була компенсована діастолічною фазою і локальною вазодилатацією.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Armstrong WF, Ryan T. Feigenbaum's echocardiography*, 7th Edition. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2010. 1577.
2. *Cattermole GN, Leung PY, Mak PS, Chan SS, Graham CA, Rainer TH*. The normal ranges of cardiovascular parameters in children measured using the Ultrasonic Cardiac Output Monitor. *Critical Care Medicine*. 2010;38(9):1875–81.
3. *Choy M, Ganesan V, Thomas D, Thornton JS, Proctor E, King MD et al*. The chronic vascular and haemodynamic response after permanent bilateral common carotid occlusion in newborn and adult rats. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*. 2006;26(8):1066–75.
4. *Dirks V, Prêtre R, Knirsch W, Buechel ERV, Seiferte B, Schweigera M et al*. Modified Blalock Taussig shunt: a not-so-simple palliative procedure. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2013;44(6):1096–102.
5. *Esper SA, Pinsky MR*. Arterial waveform analysis. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 2014;28(4):363–80.
6. *Kirklin JW, Barratt-Boyes BG*. *Cardiac surgery*, 2nd Edition. New York: Churchill Livingstone; 1993. 1779.
7. *Lunt MJ*. Review of duplex and colour Doppler imaging of lower-limb arteries and veins. *Journal of Tissue Viability*. 1999;9(2):45–55.
8. *Peterson HA*. *Physical injury other than fracture*. Heidelberg: Springer; 2012. 428.
9. *Taylor JC, Yang HT, Laughlin MH, Terjung, RL*. Alpha-adrenergic and neuropeptide Y Y1 receptor control of collateral circuit conductance: influence of exercise training. *Journal of Physiology*. 2008;586(24):5983–98.
10. *Tutar O, Yildirim D, Samanci C, Rafiee B, Inan K, Dikici S et al*. Defining the collateral flow of posterior tibial artery and dorsalis pedis artery in ischemic foot disease: is it a preventing factor for ischemia? *Iranian Journal of Radiology*. 2016;13(1):e21819.
11. *Ziegler MA, Distasi MR, Bills RG, Miller SJ, Alloosh M, Murphy MP et al*. Marvels, mysteries, and misconceptions of vascular compensation to peripheral artery occlusion. *Microcirculation*. 2010;17(1):3–20.

RESEARCH ARTICLE

Peculiarities of the Arm Blood flow after classical Blalock-Taussig Shunt. Clinical case Description

V. PETROV, I. FEDORYSHYN, H. TSVIGUN

Lviv clinical regional hospital, Lviv, Ukraine

E-mail: medicine_mail@yahoo.com

Classical Blalock-Taussig shunting is rarely performed today, thus contemporary data on the arm blood flow after this procedure are lacking. The aim of the study was to evaluate the peculiarities of the arterial blood supply to the arm in a patient with the classical Blalock-Taussig shunt 14 years after the procedure.

The article describes a case of a male patient with a congenital heart disease – double outlet right ventricle, malposition of the great arteries, pulmonary stenosis and subaortic ventricular septal defect, who underwent a classical right Blalock-Taussig shunting at the age of 9 months. Rastelli correction with a pulmonary homograft insertion was performed at the age of 4 years. The pulmonary homograft was replaced in 2017, when the client was 15 years old.

The patient presented with no complaints in 2017, his arms were symmetrically developed. Digital wrist and distal forearm X-ray examination revealed identical ossification of both arms.

Dopplerography confirmed a normal three-phase blood flow in the left brachial artery and evaluated a monophasic blood flow in the right brachial artery. The normal arterial signal showed a systolic antegrade peak with a small retrograde wave and a residual antegrade blood flow. The collateral pattern consisted of a slow systolic component of reduced amplitude and prolonged acceleration time, followed by an uninterrupted diastolic antegrade blood flow. Ultrasonography evaluated the diameters of the brachial arteries (D) and the velocity time integral (VTI) of the total antegrade blood flow in both arteries. A right to left blood brachial flow ratio Q_r/Q_l was calculated according to the formula

$$\frac{Q_r}{Q_l} = \frac{VTI_r}{VTI_l} \cdot \left(\frac{D_r}{D_l} \right)^2$$

The right to left arterial blood flow ratio was 1, which suggested an efficient collateralization in the right arm.

Invasive blood pressure measurement in the radial arteries showed 116/67 mmHg on the left and 87/64 mmHg on the right side. The waveform of the left radial artery depicted a fast upslope, a sharp peak, followed by a fast downslope with a dicrotic notch. The right arm gave a slow ascending curve, followed by a plateau and a descending component with a less prominent dicrotic notch. Pulse oximetry showed identically high saturation in both arms, but the plethysmography waveform was flattened in the right arm as compared to the normal pattern on the left side.

Transection of the subclavian artery distally to the origin of the thyrocervical trunk during the classical Blalock-Taussig shunt enables sufficient blood supply to the arm through the scapular collateral network feeding the axillary artery. The collaterals dilate and the lack of systolic component is compensated by the prolonged antegrade blood flow during the diastole. Both the Doppler resistance index and the diastolic blood flow were comparable on both sides indicating similar tone of the arterial basins.

In conclusion, the investigation detected a reduced systolic component of the blood waveform on the side of the classical Blalock-Taussig shunt, which corresponds to the delay of the cardiac output while passing through the collaterals, compensated by a markedly prolonged diastolic portion. The clinical effectiveness of the collateralization was high in the long term after the subclavian artery transection in its distal part.

Key words: collateral circulation, classical Blalock-Taussig shunt, dopplerography.