

## TULBURĂRI DE RITM ȘI CONDUCERE DUPĂ CORECȚIA CHIRURGICALĂ A TETRALOGIEI FALLOT

MANUEL CHIRA, SIMONA OPRÎȚA, STANCA ASZALOS,  
IOAN MUREȘAN, RUDOLF BUTYKA

Institutul Inimii "Niculae Stăncioiu" Cluj-Napoca

### Rezumat

**Motivația studiului.** Tulburările de ritm și conducere sunt complicații relativ frecvente după corecția Tetralogiei Fallot.

**Pacienți și metodă.** A fost studiat un lot de 71 de pacienți operați în Institutul Inimii între 1 septembrie 2001 și 1 iulie 2006, toți cu corecție chirurgicală per primam, fără operații paleative. Tehnicile folosite au fost: petec transanular (46), petec infundibular (12), petec infundibular + petec pe artera pulmonară (5) și corecție combinată prin atriu drept și artera pulmonară (8). Pacienții au fost împărțiți în 2 grupe, operația sub 1 an și operația peste 1 an, pentru studierea comparativă a rezultatelor. Din acești 71 de pacienți, 58 au fost controlați la un interval de 43 de luni - lotul 1 și 48 de luni - lotul 2 prin electrocardiografie, monitorizare Holter 24 h și ecografie cardiacă.

**Rezultate.** S-au observat diferențe majore între cele 2 loturi și anume: durata complexului QRS și a complexului QTc cu diferență semnificativă între cele 2 loturi, blocul de ramură dreaptă cu hemibloc anterior stâng a apărut în special la pacienții operați peste 1 an, tulburările de ritm ventriculare au apărut în special la pacienții operați peste 1 an și nu au apărut la corecția combinată prin atriu drept și artera pulmonară; de asemenea, tulburările de ritm ventriculare au apărut în special la pacienții cu insuficiență pulmonară „liberă” postoperatorie; media duratei complexului QRS a fost intens semnificativ corelată cu tipul tulburărilor de ritm și de conducere.

**Concluzii.** Tulburările de ritm și de conducere sunt semnificativ statistic corelate cu vârsta la operație (cu cât vârsta este mai mare, cu atât riscul de apariție a acestor complicații este mai mare), fiind de asemenea corelate și cu tehnica chirurgicală folosită.

**Cuvinte cheie:** tetralogia Fallot, QRS, QTc, tulburări de ritm, tulburări de conducere.

## LATE ARRHYTHMIAS AFTER SURGICAL CORRECTION OF TETRALOGY OF FALLOT

### Abstract

**Aim of study.** Rhythm and conduction disturbances are not uncommon complication after surgical correction of Tetralogy of Fallot.

**Patients and method.** The study is based on a group of 71 pediatric patients operated in Heart Institute between September, 2001 and July, 2006, surgically corrected per primam, without prior palliations. The surgical techniques were: transannular patch (46), infundibular patch (12), infundibular patch + pulmonary patch (5), transatrial + transpulmonary repair (8). The patients were divided into 2 groups, correction under 1 year of age and correction above 1 year of age, for comparative study of results. From the 71 patients group, 58 were followed up at 43 months interval group 1, and 48 months interval group 2, by standard electrocardiography, 24 hours Holter monitorization and echocardiography.

**Results.** Major differences between the two groups were recorded: the QRS

*and QTc duration were significantly different between the 2 groups, right bundle branch block with left anterior hemiblock was noticed especially in patients operated over 1 year of age, ventricular arrhythmias were present especially in the same group of patients operated over 1 year and did not appear in patients with transatrial and transpulmonary repair; furthermore ventricular arrhythmias were especially present in patients with postoperative severe pulmonary regurgitation; the mean QRS duration was intensely significant correlated with the type of arrhythmia.*

**Conclusions.** *Rhythm and conduction disturbances are statistically significant correlated with the age at correction (the grater the age at operation, the bigger the risk for this type of complications), moreover being correlated with the surgical technique, as well.*

**Keywords:** tetralogy of Fallot, QRS, QTc, arrhythmias, right bundle branch block.

## INTRODUCERE

În ultimii 20 de ani, mortalitatea cardiopatiilor congenitale în general și a Tetralogiei Fallot (TOF) în special a scăzut dramatic [1], datorită îmbunătățirilor în tratamentul chirurgical și medical. Cea mai importantă complicație în evoluția postoperatorie a TOF sunt tulburările de ritm și de conducere. Există studii europene care evidențiază aritmiile și semnificația lor prognostică după corecția TOF [2-8]. Există și studii japoneze, dintre care unul multicentric cu privire la aritmiile postoperatorii în TOF [9-11].

## PACIENȚI ȘI METODĂ

S-a studiat un lot de 77 de pacienți operați în Institutul Inimii în perioada 1 septembrie 2001-1 iulie 2006, toți corecți chirurgical per primam, fără operații paleative, cu 2 decese (mortalitate 2,6%). Din acești 77 de pacienți au fost excluse decesele și operațiile la vârstă mare (14, 18, 21, 32 de ani), pentru a nu influența rezultatele statistice. S-a alcătuit astfel un lot omogen de 71 de pacienți (48 sex masculin, 23 sex feminin). Acest lot de 71 de pacienți a fost împărțit în 2 grupe, în funcție de vârsta la operație: **grupul 1** de 25 de pacienți operați la vârsta de sub 1 an, și **grupul 2** de 46 de pacienți, operați la vârsta de peste 1 an. Aceste 2 loturi s-au alcătuit astfel deoarece există studii care arată că aritmiile postoperatorii apar cu atât mai des cu cât vârsta la operație este mai mare [4,8,10,12-15]. Acești 71 de pacienți au fost operați prin următoarele tehnici: petec transanular (46 pacienți, 17 - grupul 1, 29 - grupul 2), petec infundibular (12 pacienți, 2 - grupul 1, 10 - grupul 2), petec infundibular + petec pe artera pulmonară (5 pacienți, 2 - grupul 1, 3 - grupul 2) și corecție combinată prin atriul drept și artera pulmonară (8 pacienți, 4 - grupul 1, 4 - grupul 2).

Din acești 71 de pacienți, 58 au fost controlați la o distanță de: grupul 1 – 43,24 luni  $\pm$  14,28, grupul 2 – 48,6 luni  $\pm$  18,66. Din acești 58 de pacienți, 21 au fost în grupul 1 (operația sub 1 an), iar 37 au fost în grupul 2 (operația

peste 1 an). Din cei 71 de pacienți inițiali, 13 nu au intrat în lotul de control din cauza neprezentării la control, copii instituționalizați care nu au fost chemați la control, și 1 pacient cu bloc atrioventricular grad III postoperator, care, fiind singurul cu această patologie, nu a fost introdus în studiu, neputându-se obține rezultate semnificativ statistice.

Pacienții au fost controlați prin electrocardiografie standard, monitorizare Holter (Holter pe 3 canale cu soft CardioSpy) și ecografie cardiacă. Din ecografia cardiacă am extras gradul insuficienței pulmonare, acesta fiind elementul fiziopatologic primordial care determină toate celelalte modificări care pot fi decelate la ecocardiografie (dilatarea ventriculară dreaptă, insuficiența tricuspidiană, ș.a.). Pe lângă analiza tulburărilor de ritm și de conducere, s-a făcut și analiza duratei complexului QRS și QTc (complexul QT corectat în funcție de frecvența cardiacă), cunoscându-se faptul că în special durata complexului QRS este un factor de risc pentru apariția tulburărilor de ritm. Durata QRS ca și factor de risc este în studiile europene peste 180 de ms, iar în studiul japonez multicentric, peste 120 de ms. Având în vedere că în studiul de față controalele s-au făcut relativ precoce postoperator (la câțiva ani), am considerat că pentru acest studiu valoarea de 120 de ms ca și durată a complexului QRS ca factor de risc este mai potrivită. Pentru valoarea QTc am ales ca punct de referință 440 de ms, care este valoarea maximă normală.

În analiza statistică am folosit programul IBM SPSS v.19. În cazul comparării mediilor, s-a folosit testul T pentru eșantioane independente cu testul Monte Carlo pentru stabilirea valorii p de semnificație statistică, iar pentru corelațiile cu tehnicile chirurgicale, valorile ecografice și altele am folosit tabelele încrucișate. Pentru corelația între duratele QRS și QTc cu vârsta la operație am folosit regresia.

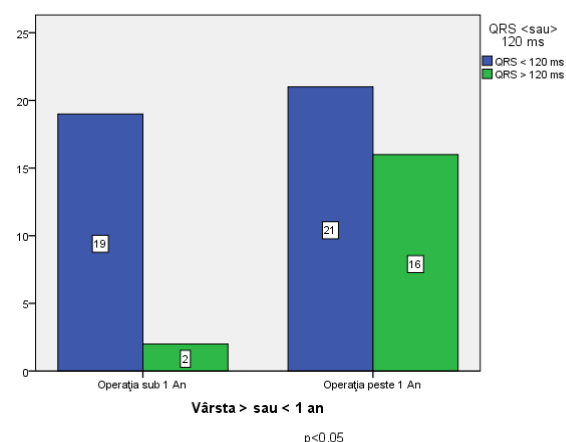
## REZULTATE

În lotul studiat nu au existat decese tardive. Nu se cunoaște evoluția postoperatorie a pacienților instituționalizați care nu au fost chemați la control și a

pacienților care nu s-au prezentat la control.

Având în vedere semnificația prognostică a intervalului QRS și a QTc, durata acestor complexe a fost studiată comparativ la cele 2 loturi. Durata complexului QRS a fost: Grup 1 - 102 ms  $\pm$  15,06, Grup 2 - 116 ms  $\pm$  20,48 ( $p < 0,05$ ). Durata QTc: Grup 1 - 420 ms  $\pm$  32,3, Grup 2 - 447 ms  $\pm$  23,2 ( $p < 0,05$ ). Se observă o durată mai mare, semnificativ statistic, a complexelor QRS și QTc la grupul 2. Corelarea duratei complexului QRS la control cu suprafața corporală la operație arată o creștere a acestuia o dată cu creșterea suprafeței corporale ( $p < 0,05$ ).

Dacă se corelează durata QRS mai mică sau mai mare de 120 de ms cu cele 2 grupe de vârstă se observă o diferență semnificativă statistic ( $p < 0,05$ ) între cele 2 grupe (QRS > 120 ms: Grup 1 - 9,5%, Grup 2 - 43,2%) (Fig. 1). Corelația duratei QTc mai mică sau mai mare de 440 de ms cu cele 2 grupe de vârstă este intens semnificativă statistic ( $p < 0,001$ ). Astfel, durata QTc > 440 ms: Grup 1 - 19%, Grup 2 - 73%. Durata intervalului QTc la control se corelează semnificativ statistic cu vâsta la operație (cu cât vârsta la operație este mai mare, cu atât durata QTc la control este mai mare ( $p < 0,05$ ).

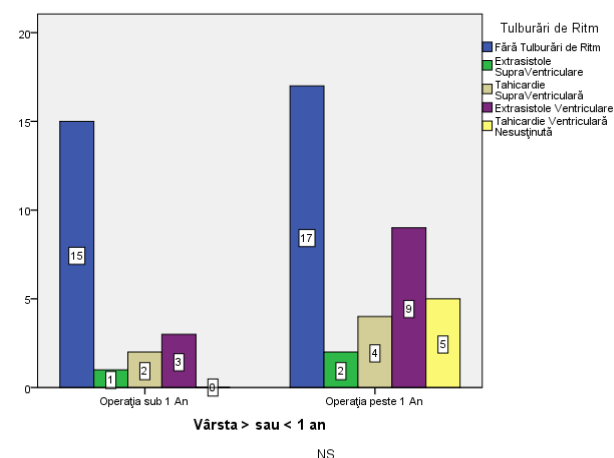


**Fig. 1.** Numărul de pacienți cu durata QRS < sau > 120 ms în cadrul celor două grupe de vârstă.

Tulburările de conducere constatate la întreg lotul de 58 de pacienți au fost: bloc de ramură dreaptă incomplet - 20,7%, bloc de ramură dreaptă - 50% și bloc de ramură dreaptă cu hemibloc anterior stâng - 17,2%. 12,1% dintre pacienți nu au prezentat tulburări de conducere. În cadrul distribuției tulburărilor de conducere la cele 2 grupe de vârstă se constată diferențe la pacienții fără tulburări de conducere (23,8% - Grup 1, 5,4% - Grup 2) și la blocul de ramură dreaptă cu hemibloc anterior stâng (4,8% - Grup 1, 24,3% - Grup 2).

Tulburările de ritm constatate la cei 58 de pacienți au fost: extrasistole supraventriculare - 5,2%, tahicardie supraventriculară - 10,3%, extrasistole ventriculare - 20,7% și tahicardie ventriculară nesuținută - 8,6%. În cadrul distribuției tulburărilor de ritm la cele 2 grupe de vârstă, se constată diferențe în ceea ce privește extrasisto-

lele ventriculare (Grup 1 - 14,3%, Grup 2 - 24,3%), tahicardia ventriculară nesuținută (Grup 1 - 0%, Grup 2 - 13,5%) și în privința pacienților fără tulburări de ritm (Grup 1 - 71,4%, Grup 2 - 45,9%) (Fig. 2).



**Fig. 2.** Distribuția tulburărilor de ritm la cele două grupe de vârstă.

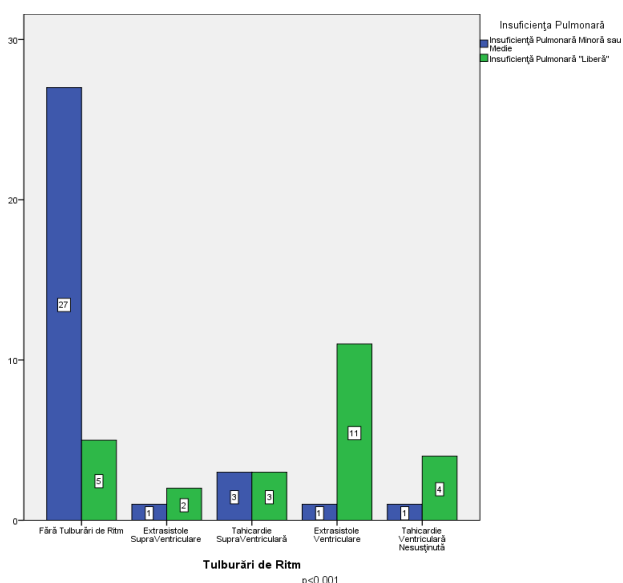
Modificările ischemice constatate pe examinarea Holter în proporție de 13,8% din cei 58 de pacienți nu au prezentat diferențe semnificativ statistice între cele 2 grupe de vârstă.

A fost studiată și corelația tulburărilor de ritm apărute la cele 4 tipuri de operație. Se observă că tulburările de ritm ventriculare apar la tehnicile chirurgicale trans-ventriculare, care implică un petec transanular sau infundibular și nu apar la corecția combinată prin atriu drept și artera pulmonară, care nu implică o incizie ventriculară și un petec la acest nivel.

Distribuția modificărilor ischemice nu diferă semnificativ statistic la cele 4 tipuri de operații, însă nu apar la corecția combinată prin atriu drept și artera pulmonară.

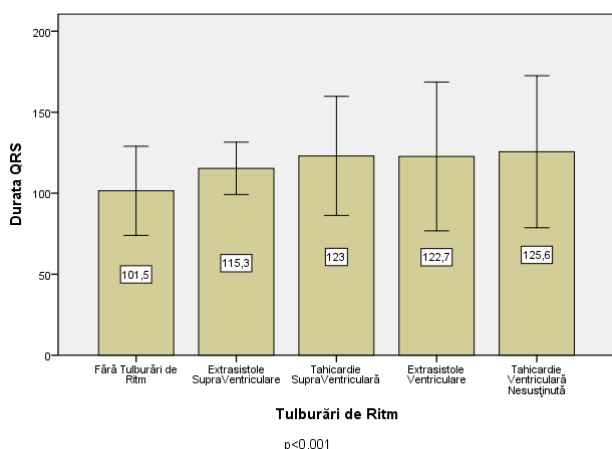
Durata complexului QRS mai mic sau mai mare de 120 ms și a complexului QTc mai mic sau mai mare de 440 ms nu se corelează semnificativ statistic cu cele 4 tipuri de operație, însă se poate observa că proporția pacienților cu complex QRS > 120 de ms și a celor cu durata QTc > 440 de ms este mai mare la pacienții cu ventriculotomie.

Dacă se corelează tulburările de ritm cu gradul insuficienței pulmonare la ecografia de control, se observă o corelație intens semnificativă statistic ( $p < 0,001$ ) (Fig. 3). Tulburările de ritm ventriculare sunt mult mai frecvente la pacienții cu insuficiență pulmonară liberă, iar pacienții fără tulburări de ritm prezintă în majoritatea cazurilor (84,4%) insuficiență pulmonară minoră sau medie.



**Fig. 3.** Tulburările de ritm corelate cu insuficiența pulmonară la ecografia de control.

Media duratei complexului QRS este corelat intens semnificativ statistic ( $p<0,001$ ) cu tipul tulburărilor de conducere și a tulburărilor de ritm (Fig. 4), în sensul că are valoarea cea mai mare, în cadrul tulburărilor de ritm ventriculare și a blocului de ramură dreaptă cu hemibloc anterior stâng.



**Fig. 4.** Media și abaterea standard a duratei complexului QRS, corelate cu tipul tulburării de ritm.

### Discuții

Studiul de față analizează comparativ prevalența tulburărilor de ritm și de conducere în funcție de vârsta la operație (respectiv, operația sub 1 an, sau peste 1 an). Comparativ cu studiile din literatura europeană, rezultatele sunt asemănătoare dar prevalența este mai mare comparativ cu studiile din Japonia [1-11].

Blocul atrioventricular complet postoperator a apărut într-un singur caz care a fost exclus din studiu. Există un procent de 17,2% de pacienți cu bloc de ramură dreaptă

și hemibloc anterior stâng, care teoretic poate evolua înspre bloc complet și moarte subită [2,20].

Petecul transanular sau petecul infundibular este un factor de risc pentru aritmiiile postoperatorii în TOF [2,5]. Kirklin și colab. evidențiază că petecul transanular este un factor de risc pentru mortalitatea precoce, dar nu pentru cea tardivă [21]. Dar problemele tehnice (petec prea larg), [15,16,17] pot determina o insuficiență pulmonară liberă, care dilată ventriculul drept și determină o insuficiență tricuspidiană, creând un cerc vicios [23,24], care determină și dilatare atrială dreaptă. Aceste modificări morfopatologice sunt factori de risc, atât pentru tahiaritmii ventriculare [12], cât și atriale și sunt manifeste clinic la pacienți cu un complex QRS mai larg [2,10,13,20] și un indice cardiotoracic mărit [2,24]. Durata complexelor QRS și QTc la control se corelează semnificativ statistic cu suprafața corporală și vârsta la operație și de asemenea durata QRS > 120 ms și QTc > 440 ms apar mult mai frecvent la grupul 2 operați la vârsta de peste 1 an. Tulburările de conducere, în special blocul de ramură dreaptă cu hemibloc anterior stâng și tulburările de ritm, în special cele ventriculare, apar la grupul 2 cu vârsta la operație mai mare de 1 an.

Tehnica chirurgicală aleasă este foarte importantă în privința riscului de apariție a tulburărilor de conducere și în special a tulburărilor de ritm. Având în vedere că tehnica combinată prin abord transatrial drept și transarterial pulmonar nu implică incizie la nivel ventricular drept și poziționarea unui petec la acest nivel, această tehnică este avantajoasă datorită faptului că în timp nu apare cicatrice ventriculară, care este o sursă demonstrată aritmogenă. Petecul transanular adaugă o insuficiență pulmonară care este factorul declanșator al unor modificări în cerc vicios la nivelul ventriculului drept. De aceea, abordul combinat prin atriul și artera pulmonară determină o funcție ventriculară dreaptă postoperatorie mult mai bună [25-29]. Durata QRS scurtă nu furnizează substratul de reintrare pentru extrasistolele sau tahicardia ventriculară, care în timp pot deveni amenințătoare de viață.

Valoarea prognostică a duratei complexului QRS [18] s-a dovedit și în acest studiu de o deosebită valoare, fiind corelată intens semnificativ statistic cu tipul tulburărilor de ritm. Insuficiența pulmonară la ecografia de control apare, cum era de așteptat, mult mai frecvent la petecul transanular, care poate să fie evitată prin calibrarea precisă pe dilatator Hegar a lășimii petecului, în funcție de dimensiunea normală a inelului valvei pulmonare care se poate obține din nomogramă, în funcție de suprafața corporală.

### Limitele studiului

Cu toate că lotul studiat, din punct de vedere chirurgical este foarte omogen, controlul s-a făcut la o distanță relativ scurtă față de intervenția chirurgicală, în comparație cu alte studii din literatură (europene și japoneze) [2,11]. Lotul de control a fost mai mic cu 13 cazuri decât cel inițial și datorită unor pacienți care nu s-au



prezentat la control și despre care nu avem date. La acești pacienți există riscul să fi intervenit moartea subită și, în acest caz, aceasta nu a putut fi corelată cu tipul tulburărilor de ritm, dacă au existat. În studiile internaționale blocul atrioventricular complet sau tahicardia ventriculară sunt cei mai importanți factori de risc pentru moartea subită. În acest studiu nu a putut fi studiată statistic implicația blocului atrioventricular grad III, deoarece nu au existat cazuri suficiente. A existat un singur caz de bloc atrioventricular complet tranzitor postoperator, care nu s-a prezentat la control, pentru a putea fi studiată tranziția către blocul atrioventricular complet [19]. Cu toate că studiul follow-up a fost făcut destul de precoce față de alte studii din literatura internațională [2,11], se poate teoretiza că tulburările de ritm și de conducere apărute la acești pacienți vor persista, existând riscul ca numărul pacienților afectați să crească în viitor și, de asemenea, gravitatea acestor tulburări. Pentru a studia această evoluție este însă nevoie de un nou studiu al acestui lot peste un interval de 5-10 ani.

## CONCLUZII

Studiul de față este primul studiu din țara noastră care pune în evidență riscul mai mare de complicații aritmice la bolnavii cu tetralogie Fallot operați la vârste mai mari. Din acest motiv și din alte motive evidențiate în literatura internațională (exemplu: dezvoltare psihologică deficitară la pacienții operați tardiv) s-a încercat și în țara noastră scăderea progresivă a vârstei la care se practică corecția chirurgicală a tetralogiei Fallot. Comparativ cu 15-20 de ani în urmă, în etapa actuală și în România, o proporție importantă de copii cu tetralogie Fallot se corectează chirurgical la vârste de sub 1 an. Prevalența aritmiilor este mai mare la pacienții operați tardiv și se corelează cu o durată mai mare a complexului QRS. Tulburările de ritm ventriculare și blocul bifascicular apar la pacienții operați tardiv, care de cele mai multe ori necesită petec transanular, cu riscul crescut de insuficiență pulmonară "liberă" postoperatorie, toate aceste condiții crescând riscul de moarte subită la distanță.

## Bibliografie

1. Terai M, Niwa K, Nakazawa M, Tatsun K, Segami K, Hamada H, et al. Mortality from congenital cardiovascular malformations in Japan, 1968 through 1997. *Circ J* 2002; 66: 484 – 488.
2. Gatzoulis MA, Balaji S, Webber SA, Siu SC, Hokanson JS, Poile C, et al. Risk factors for arrhythmia and sudden cardiac death late after repair of tetralogy of Fallot: A multicentre study. *Lancet* 2000; 356:975 – 981.
3. Fuster V, McGoon DC, Kennedy MA, Ritter DG, Kirklin JW. Longterm evaluation (12–22 years) of open-heart surgery for tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 1980; 46: 635 – 642.
4. Katz N, Blackstone EH, Kirklin JW, Pacifico AD, Bargeon LM. Late survival and symptoms after repair of Fallot. *Circulation* 1982; 65: 403 – 410.
5. Zhao, H, Miller C, Reitz B, Shumway N. Surgical repair of tetralogy of Fallot. Long-term follow up with particular emphasis

- on late deathand reoperation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 89: 204 – 220.
6. Lillehei CW, Varco RL, Cohen M, Warden HE, Gott VL, DeWall RA, et al. The first open heart corrections of tetralogy of Fallot: A 26–31 years follow-up of 106 patients. *Ann Surg* 1986; 204: 490–502.
7. Morris C, Menashe V. 25-year mortality after surgical repair of congenital heart defect in childhood: A population-based cohort study. *JAMA* 1991; 266: 3447– 3452.
8. Kavey RE, Blackman MS, Sondheimer HM. Incidence and severity of chronic ventricular dysrhythmia after repair of tetralogy of Fallot. *Am Heart J* 1982; 103: 342 – 350.
9. Kobayashi, J, Hirose H, Nakano S, Matsuda H, Shirakura R, Kawashima Y. Ambulatory electrocardiographic study of the frequency and cause of ventricular arrhythmia after correction of tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 1984; 54: 1310– 1313.
10. Niwa K, Hamada H, Nakazawa M, Terai M, Tateno S, Sugimoto S, et al. Mortality and risk factors for late deaths in tetralogy of Fallot: The Japanese nationwide multicenter survey. *Cardiol Young* 2002; 12: 453 – 460.
11. Makoto Nakazawa, MD\*, Tokuko Shinohara, MD; Akihito Sasaki, MD; Shigeyuki Echigo, MD; Hideaki Kado, MD; Koichiro Niwa, MD; Kotaro Oyama, MD; Michio Yokota, MD; Mari Iwamoto, MD Arrhythmias Late After Repair of Tetralogy of FallotA Japanese Multicenter Study *Circ J* 2004; 68: 126 –130
12. Marie PY, Marcon F, Brunotte F, Briancon S, Danchin N, Worms AM, et al. Right ventricular overload and induced sustained ventricular tachycardia in operatively 'repaired' tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 1992; 69: 785 – 789.
13. Garson A, Nihill MR, McNamara DG, Cooley DA. Status of the adult and adolescent after repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 1979; 59: 1232– 1240.
14. Garson A Jr, Randall DC, Gillette PC, Smith RT, Moak JP, McVey P, et al. Prevention of sudden death after repair of tetralogy of Fallot: Treatment of ventricular arrhythmias. *J Am Coll Cardiol* 1985; 6:221 – 227.
15. Dean JW, Lab MJ. Arrhythmia in heart failure: Role of mechanically induced changes in electrophysiology. *Lancet* 1989; i: 1309– 1312.
16. Zahka KG, Horneffer PJ, Rowe SA, Neill CA, Manolio TA, Kidd L, et al. Long-term valvular function after total repair of tetralogy of Fallot: Relation to ventricular arrhythmias. *Circulation* 1988; 78(Suppl III): III-14 – III-19.
17. Therrien J, Siu SC, Harris L, Dore A, Niwa K, Janousek J, et al. Impact of pulmonary valve replacement on arrhythmia propensity late130 NAKAZAWA M et al. *Circulation Journal* Vol.68, February 2004 after repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 2001; 103: 2489 –2494.
18. Gatzoulis MA, Till JA, Somerville J, Redington AN. Mechanoelectrical interaction in tetralogy of Fallot: QRS prolongation relates to right ventricular size and predicts malignant ventricular arrhythmias and sudden death. *Circulation* 1995; 92: 231– 237.
19. Hokanson JS, Moller JH. Significance of early transient complete heart block as a predictor of sudden death late after operative correction of tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 2001; 87: 1271– 1277.
20. Deanfield JE, McKanna WJ, Hallidie-Smith KA. Detection of late arrhythmia and conduction disturbance after correction of tetralogy of Fallot. *Br Heart J* 1980; 44: 248– 253.
21. Kirklin JK, Kirklin JW, Blackstone EH, Milano A, Pacifico

- A. Effect of transannular patching on outcome after repair of tetralogy of Fallot. *Ann Thorac Surg* 1989; 48: 783–791.
22. Ilbawi MN, Idriss FS, DeLeon SY, Muster AJ, Gidding SS, Berry TE, et al. Factors that exaggerate the deleterious effects of pulmonary insufficiency on the right ventricle after tetralogy repair: Surgical implications. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1987; 93: 36–44.
23. Rahman M, Abdul-Khaliq H, Vogel M, Alexi-Meskishvili V, Gutberlet M, Lange P. Relation between right ventricular enlargement, QRS duration, and right ventricular function in patients with tetralogy of Fallot and pulmonary regurgitation after surgical repair. *Heart* 2000; 84: 416–420.
24. Satoh T, Zipes DP. Unequal atrial stretch increase dispersion of refractoriness conducive to developing atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 1996; 7: 833–842.
25. Naito Y, Fujita T, Manabe H, Kawashima Y. The criteria for reconstruction of right ventricular outflow tract in total correction of tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980; 80: 574–581.
26. Kawashima Y, Matsuda H, Hirose H, Nakano S, Shirakura R, Kobayashi J. Ninety consecutive corrective operations for tetralogy of Fallot with or without minimal right ventriculotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 90: 856–863.
27. Kurosawa H, Imai Y, Nakazawa M, Takao A. Standardized patch infundibuloplasty for repair of tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1986; 92: 396–401.
28. Kurosawa H, Imai Y, Nakazawa M, Momma K, Takao A. Conotruncal repair of tetralogy of Fallot. *Ann Thorac Surg* 1988; 45: 661–666.
29. Nakazawa M, Kanaya M, Takao A, Imai Y, Takanashi Y, Honda M, et al. Right and left ventricular volume characteristics in patients with postoperative tetralogy of Fallot, with special reference to residual PSI and extent of outflow patch. *Kokyu To Junkan (Resp Circ)* 1983; 31: 1361–1366 (in Japanese).