

ARTICOLE ORIGINALE

Dezvoltarea cognitivă a pacienților cu tetralogie Fallot după corecția chirurgicală*

M. Chira, Dana Florica Ciotlăuț

Articol primit pe data de 14 aprilie. Articol acceptat pe data de 15 iunie

Rezumat: **Obiective** – Dezvoltarea psihologică în general și latura ei cognitivă în special pot fi afectate de hipoxia cerebrală cronică prezentă preoperator la pacienții cu Tetralogie Fallot. **Material 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 pacienți), petec infundibular (12 pacienți), petec infundibular + petec pe artera pulmonară (5 pacienți) și corecție combinată prin atriu drept și artera pulmonară (8 pacienți). Pacienții au fost împărțiți în două 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, (efectuându-li-se un examen psihologic pediatric). **Rezultate** – S-au studiat efectele asupra IQ-ului pacienților a două componente majore: hipoxia cerebrală cronică preoperatorie și mediul familial. S-au observat diferențe majore între cele două loturi, și anume: valorile IQ ale pacienților din cele 2 grupe de vârstă au fost diferite semnificativ statistic (valori mai mari la pacienții operați sub 1 an), valorile IQ la control sunt corelate invers proporțional cu vârsta la operație (fără semnificație statistică), valorile IQ postoperatorii sunt corelate invers proporțional cu hematocritul preoperator (semnificativ statistic), distribuția gaussiană a valorilor IQ este ușor diferită la cele 2 grupe de vârstă, valorile IQ ale pacienților operați sub 1 an nu sunt semnificativ diferite în funcție de nivelul de școlarizare al părinților, în schimb, cele ale pacienților operați peste 1 an sunt corelate semnificativ statistic cu gradul de școlarizare al părinților. **Concluzii** – Dezvoltarea cognitivă a pacienților cu Tetralogie Fallot poate fi cu atât mai afectată cu cât intervenția chirurgicală se practică mai târziu (durată de hipoxie cerebrală preoperatorie mai lungă). Dezvoltarea cognitivă se corelează și cu gradul de școlarizare al părinților, la pacienții mai mari.

Cuvinte cheie: tetralogia Fallot, dezvoltare psihologică, dezvoltare cognitivă, corecția chirurgicală tetralogia Fallot

Abstract: **Aim of study** – Psychological development, in general, and cognitive outcome of surgically corrected patients with Tetralogy of Fallot, in particular, could be affected by the preoperative chronic cerebral hypoxia. **Patients and method** – This paper studies a group of 71 patients operated at Heart Institute between September 1st 2001 and July 1st 2006, all of them surgically corrected without prior palliations. The surgical techniques were: transannular patch (46 patients), infundibular patch (12 patients), infundibular patch + pulmonary artery patch (5 patients), and transatrial and transpulmonary correction (8 patients). The patients were divided into two groups, operated below 1 year of age and above 1 year of age, for comparative study of results. Among these 71 patients, 58 were followed up at 43 months interval, group 1, and 48 months interval, group 2, (performing a pediatric psychological evaluation). **Results** – The effects over patients IQ of two major components were studied: preoperative chronic cerebral hypoxia and family environment. Major differences were noticed between the two groups, as followed: the patients IQ values were significantly statistic different among the two groups (higher values for patients operated below 1 year of age), there is an inverse ratio between IQ values at follow up and age at operation (without statistical significance), there is an inverse ratio between IQ values and preoperative hematocrit (statistically significant), the IQ values distribution is slightly different between the two groups of age, the IQ values in patients operated below 1 year of age are not significantly different depending on parents scholar degrees, but the IQ values in patients operated above 1 year of age are significantly different depending on parents scholar degrees, instead. **Conclusions** – Delay in surgical correction, beyond 1 year of age, in patients with Tetralogy of Fallot, could have deleterious effects over cognitive outcome of these patients (longer period of preoperative chronic cerebral hypoxia). The cognitive outcome also correlates with parents scholar degrees, in older patients. **Key words:** Fallot tetralogy, psychological development, cognitive development, surgical correction of Fallot tetralogy

INTRODUCERE

În ultimii 20 de ani, mortalitatea cardiopatiilor congenitale, în general, și a Tetralogiei Fallot (TOF), în special, a scăzut dramatic¹, datorită îmbunătățirilor în tratamentul chirurgical și medical. Această evoluție se traduce în practică prin posibilitatea abordării terapeutice chirurgicale mai rapide a TOF. Acest fapt este important din perspectiva existenței preoperatorii a hipoxiei cerebrale care poate afecta la distanță dezvoltarea psihologică a pacientului cu TOF. Există puține studii în literatură care analizează dezvoltarea psihologică la distanță a pacienților cu TOF corecți chirurgical. Cele mai multe studii analizează global dezvoltarea psihologică a pacienților cu TOF la vârstă adultă, indiferent de tehnica chirurgicală folosită, și mai ales de momentul operator, având în vedere că hipoxia cerebrală preoperatorie, dacă este de lungă durată, poate afecta funcțiile cerebrale. Există și alte studii care analizează comparativ dezvoltarea psihologică a pacienților cu cardiopatii congenitale cianogene, cardiopatii congenitale necianogene, și pacienți fără cardiopatii congenitale.

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. (**Tabelul 1**) Aceste 2 loturi s-au alcătuit astfel, deoarece există studii care arată că apariția complicațiilor la pacienții cu TOF operați este cu atât mai frecventă cu cât vârsta la operație este mai mare²⁻¹¹. Acești 71 de pacienți au fost operați prin următoarele tehnici (corecție totală): petec transanular (46 de pacienți) (închiderea defectului prin ventriculotomie, rezecție modelantă infundibulară și

închiderea ventriculotomiei prelungită până pe artera pulmonară cu un petec transanular), petec infundibular (12 pacienți) (închiderea defectului prin ventriculotomie, rezecție modelantă infundibulară și închiderea ventriculotomiei cu un petec infundibular), petec infundibular + petec pe artera pulmonară (5 pacienți) (închiderea defectului prin ventriculotomie, rezecție modelantă infundibulară și închiderea ventriculotomiei cu un petec infundibular + plastie de lărgire pe artera pulmonară cu petec) și corecție combinată prin atriul drept și artera pulmonară (8 pacienți) (închiderea defectului prin atriul drept, rezecția modelantă infundibulară prin artera pulmonară și valva pulmonară, fără incizie ventriculară).

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, 2 copii instituționalizați care nu au fost chemați la control, 4 pacienți cu diverse suferințe neurologice preoperatorii (suferință cerebrală perinatală, encefalopatie hipoxică, retard neuromotor și psihic, accident vascular cerebral), 2 pacienți cu accident vascular cerebral postoperator și 1 pacient cu sindrom Down.

Pacienții au fost internați la control în Clinica Pediatrie II Cluj-Napoca, unde li s-a efectuat un examen psihologic pediatric de către psihologul clinicii. Acest examen psihologic a evaluat dimensiunile cognitive, afectivă, comportamentală și temperamentală, însă în acest studiu vom analiza doar latura cognitivă studiată în examenul psihologic. Evaluarea coeficientului de inteligență (IQ) a fost făcută în funcție de vârsta copilului prin testul Simon-Binet sau matricile progresive color Raven^{12,19}. Coeficientul de inteligență reprezintă raportul dintre vârsta mentală și cea cronologică înmulțit cu 100, și în general acestea reprezintă: peste 140 – geniu sau aproape geniu, 120-140 – inteligență superioară, 110-119 – inteligență peste medie, 90-109 - inteligență normală, 80-89 – inteligență deficitară, 70-79 – deficiență mentală posibilă, sub 70 – deficiență mentală definită. Matricile progresive color Raven evaluează

Tabelul 1.

Perioadă de studiu	1 sept. 2001 – 1 iulie 2006	Grup 1	Grup 2
Cazuri	77	25	46
Decese (excluse din studiu)	2	1 – 2005 (8 luni)	1 – 2004 (3,5 ani)
Mortalitate	2,6%		
Vârste mari (excluse din studiu)	4 (14, 18, 21, 32 ani)	Excluși control - 4	Excluși control - 9
Sex	48M 23F	Follow-up - 21	Follow-up - 37

inteligența non-verbală, fiind destinate categoriei de vârstă 4-12 ani pentru a evalua claritatea capacității de observație, precum și nivelul dezvoltării intelectuale a copiilor. Scala de inteligență Simon-Binet este folosită la copii mai mari și adulți, pentru determinarea coeficientului de inteligență.

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 corelarea valorilor IQ cu vârsta și hematocritul am folosit regresile.

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 că durata hipoxiei preoperatorii poate afecta funcția cerebrală și implicit dezvoltarea cognitivă a pacientului^{13,15}, s-au studiat comparativ valorile IQ postoperator ale pacienților diferențiat la cele 2 grupe de vârstă.

În urma testării nivelului intelectual s-au obținut pentru ambele eșantioane scoruri preponderent încadrate în limitele unui intelect mediu (valorile IQ fiind cuprinse între 90 și 110), cu 3 valori sub nivelul mediu al inteligenței pentru grupul 1 și 7 valori sub nivelul mediu al inteligenței pentru grupul 2. Valorile medii ale IQ la cele 2 grupe de vârstă au fost: grupul 1 (operația sub 1 an) – $98,67 \pm 8,71$, iar la grupul 2 (operația peste 1 an) – $93,38 \pm 9,17$. Prin efectuarea testului T pentru eșantioane independente au fost evidențiate diferențe

semnificativ statistice între mediile valorilor IQ la cele 2 grupe de vârstă incluse în studiu, la $p < 0,05$ (**Figura 1**).

Dacă se corelează prin regresie valorile IQ la control cu vârsta la operație, se constată o relație invers proporțională, în sensul de valori IQ cu atât mai mici cu cât vârsta la operație este mai mare, corelație care, însă, nu este semnificativă statistic.

O corelație deosebit de interesantă și pe care nu am găsit-o în literatura internațională de specialitate este cea între valorile IQ postoperatorii și hematocritul preoperator. Se observă o relație invers proporțională între aceste 2 valori, în sensul că valoarea IQ postoperatorie este cu atât mai mică cu cât valoarea hematocritului preoperator este mai mare. Această corelație este semnificativă statistic ($p < 0,05$) (**Figura 2**).

La analiza distribuției valorilor IQ la cele două grupe de vârstă se observă diferențe între cele două grupe. În primul rând, la grupul 1, împrăștierea valorilor este mai mică spre deosebire de grupul 2, unde împrăștierea este mai mare (indicele Kurtosis – grupul 1 – 1,186, grupul 2 – 0,743). În ceea ce privește preponderența valorilor, aceasta este ușor diferită în sensul predominanței valorilor superioare în grupul 1 și a predominanței valorilor inferioare în grupul 2 (indicele Skewness – grupul 1: -0,813, grupul 2: -0,637). Aceste histograme sunt în concordanță cu studierea comparativă a valorilor medii ale coeficientului de inteligență la cele două grupe de vârstă (**Figura 3, 4**).

Un alt factor care influențează dezvoltarea cognitivă a copiilor este mediul familial. În acest sens a fost studiat gradul de școlarizare al părinților. Gradul de școlarizare al părinților este împărțit astfel pe cele două grupe de vârstă: grupul 1 (operația sub 1 an): 7 – școală primară sau gimnaziu, 14 – liceu sau universitate, grupul 2

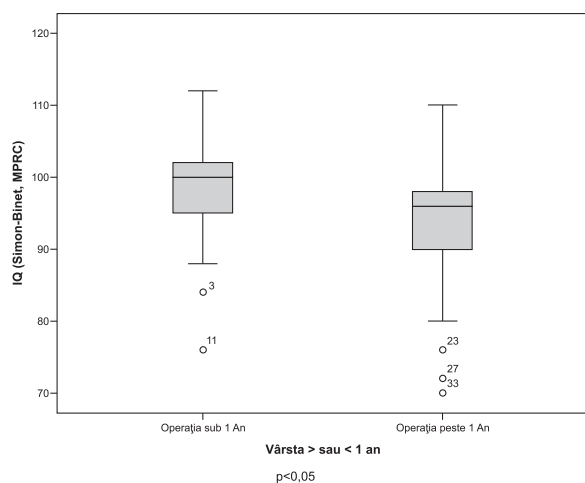


Figura 1. Valorile IQ la cele două grupe de vârstă (media, deviația standard, amplitudinea și valorile extreme).

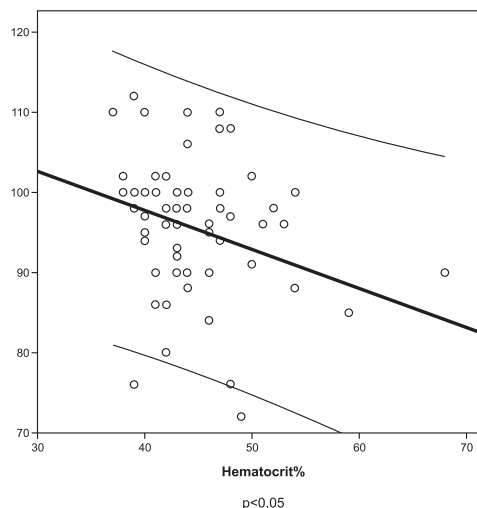


Figura 2. Valorile IQ postoperatorii corelate cu hematocritul preoperator.

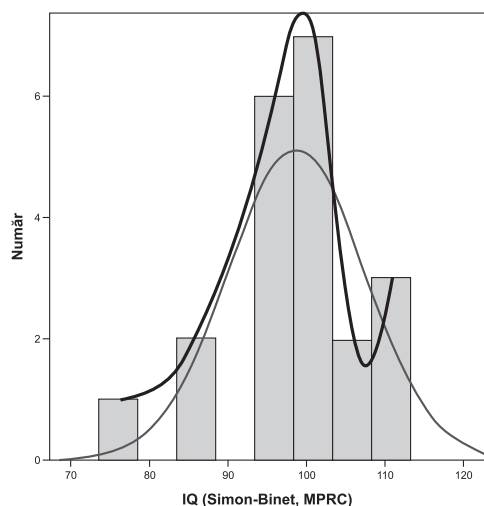


Figura 3. Distribuția valorilor IQ la pacienții operați sub 1 an.

(operația peste 1 an): 16 – școală primară sau gimnaziu, 21 – liceu sau universitate.

La studierea comparativă la cele două grupe de vârstă a valorilor IQ corelată cu gradul de școlarizare al părinților s-au obținut următoarele rezultate:

- Grupul 1 – IQ $97,29 \pm 10,468$ (școală primară sau gimnaziu), IQ $99,36 \pm 8,035$ (liceu sau universitate) – diferență nesemnificativă statistic (**Figura 5**)
- Grupul 2 – IQ $89,88 \pm 8,709$ (școală primară sau gimnaziu), IQ $96,05 \pm 8,783$ (liceu sau universitate) – diferență semnificativă statistic ($p < 0,05$) (**Figura 6**)

Dacă la grupul 2 de vârstă pacienții se împart pe următoarele subgrupe de vârstă 1-3 ani, 3-7 ani, 7-12 ani, se obțin următoarele medii IQ:

- 1-3 ani – IQ – $90,43 \pm 8,492$ (școală primară sau gimnaziu), IQ $95,92 \pm 8,196$ (liceu sau universitate)

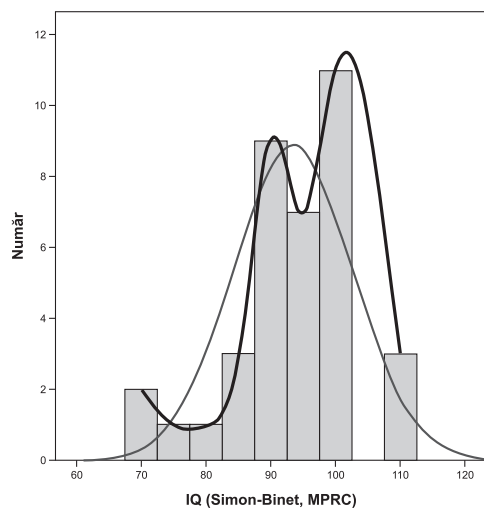


Figura 4. Distribuția valorilor IQ la pacienții operați peste 1 an.

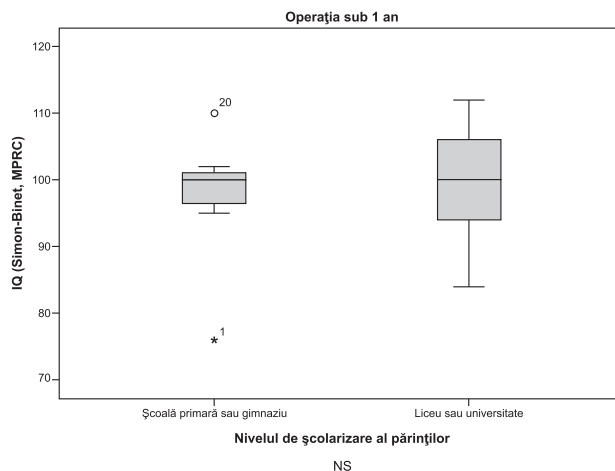


Figura 5. Valorile IQ ale pacienților sub 1 an (media, abaterea standard, amplitudinea și cazurile extreme) corelate cu gradul de școlarizare.

- 3-7 ani – IQ – $91,83 \pm 5,601$ (școală primară sau gimnaziu), IQ $97,00 \pm 10,420$ (liceu sau universitate)
- 7-12 ani – IQ – $84,67 \pm 14,048$ (școală primară sau gimnaziu), IQ $90,00$ (liceu sau universitate)

Diferențele dintre valorile IQ sunt, și în aceste subgrupe, evidente, dar nu sunt semnificative statistic, datorită numărului destul de mic de cazuri în fiecare subgrup (1-3 ani-19 pacienți, 3-7 ani – 14 pacienți, 7-12 ani – 4 pacienți).

În evoluția ulterioară a acestor pacienți este importantă adresabilitatea, adică vârsta la care acești pacienți se prezintă la operație. Corelația între vârsta la operație și gradul de școlarizare al părinților este semnificativă statistic ($p < 0,05$). Media vârstei la operație a fost $41,09 \pm 37,69$ la pacienții cu părinți absolvenți de școală primară sau gimnaziu și $25,43 \pm 21,92$ la pacienții cu

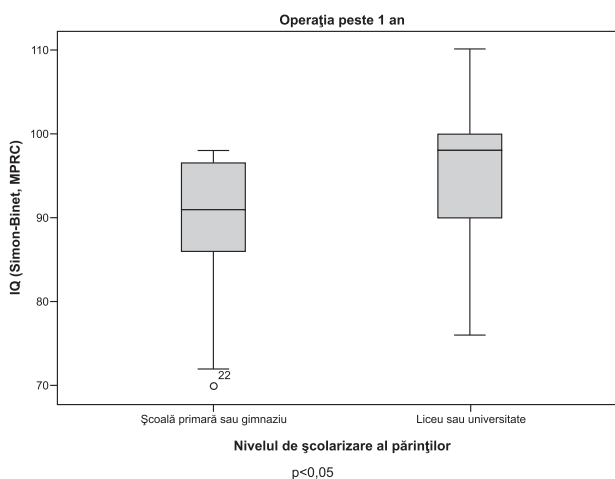


Figura 6. Valorile IQ ale pacienților peste 1 an (media, abaterea standard, amplitudinea și cazurile extreme) corelate cu gradul de școlarizare.

părinți absolvenți de liceu sau universitate. Se observă astfel o adresabilitate mult mai bună la pacienții cu părinți cu liceu sau universitate.

DISCUȚII

Analiza rezultatelor acestui studiu este dificilă datorită numărului redus de studii în literatura internațională în ceea ce privește dezvoltarea psihologică în general și a dimensiunii cognitive în special la pacienții cu TOF operați. Există studii care analizează evoluția psihologică la vârstă adultă a pacienților cu TOF operați, însă fără a se face diferențierea între cei cu corecții, cei cu paleații sau cei cu corecții care au suferit anterior paleații^{13,20-22}. Există de asemenea studii în literatură care analizează dezvoltarea psihologică a pacienților cu TOF comparativ cu alți pacienți cu cardiopatii congenitale necianogene^{14,16,17}. Toate aceste studii pornesc de la premisa că hipoxia cerebrală afectează dezvoltarea creierului¹⁵, și implicit poate avea efecte negative asupra funcționării acestuia, deci efecte negative asupra funcției cognitive. S-a găsit un singur studiu care să evidențieze diferențele de dezvoltare psihologică la pacienții cu cardiopatii congenitale cianogene în funcție de momentul operator¹⁸, cunoscându-se faptul că este avantajos din punctul de vedere al evoluției postoperatorii ca acești pacienți să fie corecți cât mai devreme.

Diferențele dintre mediile valorilor IQ între cele 2 grupe semnifică un nivel intelectual mai apropiat de limita superioară a nivelului mediu al inteligenței pentru grupul 1, și un nivel mai scăzut al inteligenței apropiat de limita inferioară a nivelului intelectual mediu pentru grupul 2, dar ambele grupe situându-se în limitele normale ale nivelului intelectual, cu câteva valori extreme.

Corelația cea mai importantă care evidențiază efectul nociv al hipoxiei cerebrale preoperatorii este relația invers proporțională între valorile IQ postoperatorii și hematocritul preoperator. Hematocritul preoperator este cel mai bun indicator atât al duratei hipoxiei în general și a hipoxiei cerebrale în special, cât și a severității acesteia, având în vedere că organismul se adaptează la hipoxia cronică prin augmentarea eritropoezei, adică creșterea capacității de transport a oxigenului. Această corelație în special nu a fost găsită în literatura internațională de specialitate.

Având în vedere că subiecții incluși în studiu sunt de vârstă preșcolară și școlară, dezvoltarea intelectuală este dependentă și de stimularea intelectuală de care au beneficiat copii în cadrul familial sau în colectivitățile din care fac parte, inteligența fiind considerată o achiziție permanentă, progresivă, de cunoștințe. Astfel, s-a și

constatat o corelație semnificativă statistic între valorile IQ ale pacienților operați la vârsta de peste 1 an și gradul de școlarizare al părinților. La copii operați sub 1 an, această corelație nu s-a manifestat, având în vedere că pacienții erau încă mici și factorul parental nu a avut încă timp să influențeze în mare măsură dezvoltarea cognitivă a acestora.

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. Lotul de control a fost mai mic cu 13 cazuri decât cel inițial datorită unor pacienți care nu s-au prezentat la control și despre care nu avem date și datorită unor pacienți cu afecțiuni neurologice pre- sau postoperatorii, care nu au putut fi incluse la examinarea psihologică din motive ușor de înțeles. În studiile internaționale, dezvoltarea psihologică în general, și cognitivă în special, este făcută în general la distanță, la pacienții adulți, studiindu-se astfel inclusiv capacitățile profesionale ale acestora și gradul de integrare în societate. În studiul de față, evaluarea psihologică a fost făcută relativ precoce, pacienții fiind în etapa de dezvoltare preșcolară sau școlară, acest studiu având nevoie a fi continuat până la vârstă adultă pentru a putea trage concluzii exhaustive asupra dezvoltării intelectuale ale pacienților cu TOF operați.

CONCLUZII

Rezultatele obținute ne îndreptătesc a concluziona că o prelungire a perioadei de hipoxie cerebrală, prin amânarea corecției de Tetralogie Fallot, conduce la o deteriorare a funcțiilor cerebrale și la o întârziere la nivelul achizițiilor de cunoștințe prin incapacitatea stimulării optime a centrilor nervoși afectați de o insuficientă oxigenare, deteriorarea mentală fiind direct proporțională cu durata hipoxiei cerebrale și cu severitatea acesteia. Dezvoltarea cognitivă a pacienților cu TOF este influențată și de mediul familial, respectiv gradul de școlarizare al părinților. Studiul de față este primul studiu din țara noastră care pune în evidență dezvoltarea cognitivă deficitară la bolnavii cu Tetralogie Fallot operați la vârste mai mari. Din acest motiv și din altele, evidențiate în literatură (exemplu: complicații aritmice), 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.

Bibliografie

1. Terai M, Niwa K, Nakazawa M, et al. Mortality from congenital cardiovascular malformations in Japan, 1968 through 1997. *Circ J* 2002; 66:484–488.
2. Fuster V, McGoon DC, Kennedy MA, Ritter DG, Kirklin JW. Long-term evaluation (12–22 years) of open-heart surgery for tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 1980; 46: 635–642.
3. Katz N, Blackstone EH, Kirklin JW, Pacifico AD, Bargeon LM. Late survival and symptoms after repair of Fallot. *Circulation* 1982; 65:403–410.
4. Lillehei CW, Varco RL, Cohen M, 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.
5. 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.
6. Niwa K, Hamada H, Nakazawa M, et al. Mortality and risk factors for late deaths in tetralogy of Fallot: The Japanese nationwide multicenter survey. *Cardiol Young* 2002; 12:453–460.
7. Marie PY, Marcon F, Brunotte F, et al. Right ventricular overload and induced sustained ventricular tachycardia in operatively 'repaired' tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 1992; 69:785–789.
8. 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.
9. Garson A Jr, Randall DC, Gillette PC, et al. Prevention of sudden death after repair of tetralogy of Fallot: Treatment of ventricular arrhythmias. *J Am Coll Cardiol* 1985; 6:221–227.
10. Dean JW, Lab MJ. Arrhythmia in heart failure: Role of mechanically induced changes in electrophysiology. *Lancet* 1989; i: 1309–1312.
11. 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.
12. Rascanu R. Introducere in psihodiagnoza clinica. Editura Universitatii din Bucuresti 2004; 5:55–70.
13. Miatton M, De Wolf D, François K, Thiery E, Vingerhoets G. Intellectual, neuropsychological, and behavioral functioning in children with tetralogy of Fallot *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; 133:449–455
14. Hövels-Gürich H.H, Konrad K, Skorzenski D, et al. Long-Term Neurodevelopmental Outcome and Exercise Capacity After Corrective Surgery for Tetralogy of Fallot or Ventricular Septal Defect in Infancy *Ann Thorac Surg* 2006; 81:958–966
15. Nyakas C, Buwalda B, Luiten P.G.M. Hypoxia and brain development *Progress in Neurobiology* Vol. 49, pp. 1 to 51, 1996
16. Daliotto L, Mazzotti E, Mongillo E, et al. Life expectancy and quality of life in adult patients with congenital heart disease. *Ital Heart J* 2002; 3:339–47.
17. Wray J, Sensky T. Congenital heart disease and cardiac surgery in childhood: effect on cognitive function and academic ability. *Heart* 2001; 85:687–91.
18. Oates RK, Simpson JM, Cartmill TB, et al. Intellectual function and age of repair in cyanotic congenital heart disease. *Arch Dis Child* 1995; 72:298–301.
19. Raven JC. Standard progressive matrices: sets A, B, C, D and E. London: HK Lewis, 1978
20. Meijboom F, Sraturati A, Deckers JW, et al. Cardiac status and health-related quality of life in the long-term after surgical repair of tetralogy of Fallot in infancy and childhood. *J Cardiovasc Surg* 1994; 110:883–91.
21. Aigueparse J, Marechal MC. Evaluation of the quality of life in adulthood of 158 patients surgically treated for tetralogy of Fallot. *Arch Med Coeur Vaiss* 1991; 84:685–90.
22. Shampaine EL, Nadelman L, Rosenthal A, et al. Longitudinal psychological assessment in tetralogy of Fallot. *Pediatr Cardiol* 1990; 10: 135–40.