

## VARIANTE ANATOMICE ALE ARCULUI AORTIC ȘI ALE RAMURILOR SALE

FRANCISC GRIGORESCU SIDO<sup>1</sup>, ANCA ZIMMERMANN<sup>2</sup>,  
LETIȚIA PALAGHIȚĂ BANIAS<sup>1</sup>, ADELA MATEI<sup>1</sup>, EMILIA BUCUR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Catedra de Anatomie și Embriologie, UMF “Iuliu Hațieganu”, Cluj-Napoca

<sup>2</sup>Dept. de Endocrinologie și Diabetologie, Clinica Medicală I, Universitatea “Johannes Gutenberg”, Mainz, Germania

### Rezumat

*Bazați pe studierea a 749 de preparate anatomice, obținute de la 366 cadavre de sex masculin și 383 de sex feminin, cu vârste cuprinse între 56 și 89 ani, disecate la Catedra de Anatomie și Embriologie, UMF “Iuliu Hațieganu”, Cluj, între anii 1971-1998, autorii au identificat 132 de variante anatomice ale arcului aortic și ale ramurilor sale (17,62%), față de 617 (82,37%) situații considerate morfologic “normale”. Sunt revăzute aspecte de embriologie, unele date privind istoricul cercetărilor și literaturii de profil, cărora li se adaugă rezultatele și interpretările autorilor lucrării. Progresele realizate de imagistică și chirurgia cardiovasculară, din ultimii 50-60 de ani au evoluat paralel cu permanenta revizuire a anatomiei, căreia i-au fost adăugate numeroase completări.*

**Cuvinte cheie:** arc aortic, ramuri colaterale, variante anatomice.

**Prescurtări:** AA. Arc aortic. ACC. Arteră carotidă comună. ACI. Artera carotidă internă. ACE. Artera carotidă externă. ASc. Arteră subclaviculară. AV. Arteră vertebrală. AAC. Arc aortic circumflex. TrBrC. Trunchi brahiocefalic. AAD. Arc aortic dublu. Dr. Dreapta. St. Stânga. TCPR. Tub cardiac primitiv rectiliniu. TE. Tract eferent. CCP. Câmp cardiac primar. CCS/A. Câmp cardiac secundar/anterior. ST. Sept transvers. cCNC. Celulele creștelor neurale cardiace. MBF. Membrana bucofaringiană.

## ANATOMIC VARIANTS OF THE AORTIC ARCH AND ITS COLLATERAL BRANCHES

### Abstract

*Based on the study of 749 anatomic specimens, obtained from 366 male cadavers and 383 female cadavers, with ages between 56 and 89 years, dissected at the Department of Anatomy and Embryology, UMF „Iuliu Hațieganu” Cluj-Napoca between 1971 and 1998, the authors identified 132 anatomic variants of the aortic arches and its collateral branches (17,62 %) and 617 (82,37%) considered morphologically “normal” specimens. The embryological features and some data concerning the history of research and scientific literature are reviewed; the results and interpretations of the articles’ authors are also added. The progress in imaging and cardiovascular surgery in the last 50-60 years evolved together with the permanent update and revision of anatomy, to which several completions were added.*

**Keywords:** aortic arch, collateral branches, anatomic variants.

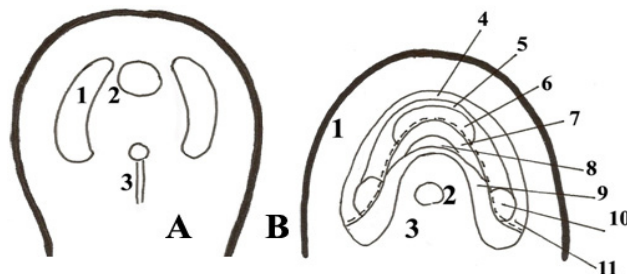
### Date din literatură. Dezvoltarea embrionară

Primul sistem funcțional care se formează în viața embrionară este *sistemul cardiovascular*, care asigură necesarul material și energetic dezvoltării embrionului și fătului. Sistemul cardiovascular se dezvoltă din *mezoderm* și are loc între săptămânile 3 și 8 de viață embrionară [1,2,3,4,5,6,7].

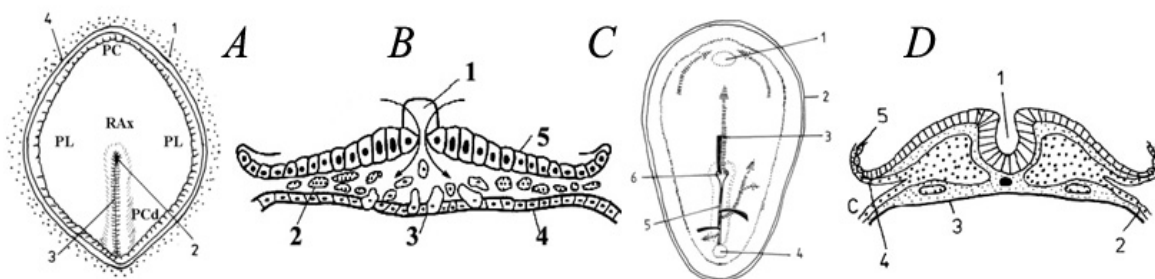
Dezvoltarea AA și a ramurilor sale colaterale de ordinul I este strâns legată de dezvoltarea inimii, mai precis de tractul eferent al acesteia (TE) (Fig. 1).

Celulele mezodermale cardiomiogenetice au origine în epiblastul rostral paramedian (discul embrionar didermic), aici vor prolifera și vor migra spre 1/3- 2/3 rostrale a liniei primitive [8,9] (începutul săptămânii 3, gastrularea), pătrund prin îngresie (invaginare) spre profunzime (suferă o transformare epitelial/mezenchimală), între epiblast și hipoblast, pentru a forma al 3-lea strat embrionar germinativ, mezodermul intraembrionar. Celulele progenitoare ale ariei cardiogene se vor localiza bilateral, în placa mezodermală anterolaterală, lateral față de membrana bucofaringiană, având periferic ST (promordiu pentru diafragmă și ficat) și central, mezodermul viitorului faringe. Înainte de apariția celomului intraembrionar, această placă mezodermală unitară conține celule progenitoare pluripotente, din care se vor dezvolta: inima, o parte a diafragmei, ficatul, structuri faciale (ex: mandibula, mușchi ai feței), peretele supraumbilical anterolateral al trunchiului etc. Acesta este motivul pentru care unii autori localizează în placa mezodermală amintită: *câmpul morfogenetic cardiocraniofacial* [10,11], respectiv *câmpul morfogenetic cardiohepatodiafragmatic* [7,12,13]. Încă înainte de formarea celomului intraembrionar, celulele progenitoare cardiace localizate în placa mezodermală anterolaterală vor migra în viitoarea splanhnopleură [14] unde, după apariția celomului intraembrionar, vor edifica câmpurile cardiace bilaterale în care vor migra în continuare celule provenite din linia primitivă [15]. Modul

acesta de a concepe câmpurile morfogenetice amintite se bazează atât pe date de teratogeneză experimentală, (nitrofen, deficiențe de vitamina A, alcool etc.), cât și pe asocierea manifestărilor în unele anomalii mai complexe de dezvoltare la om (sindromul velocardiofacial, sindromul DiGeorge, pentalogia Cantrell, sindromul Fryns, unele anomalii sternale asociate cu boli cardiace congenitale, alte sindroame disrafice anterioare mai simple sau/și mai complexe etc.) (Fig. 2).



**Fig. 2. A.** Localizarea câmpurilor cardiace în plica cefalică (1), lateral de membrana bucofaringiană (2) și anterolateral de linia primitivă (3), după migrarea celulelor progenitoare cardiace din linia primitivă [16]. **B.** După îndepărtarea ectodermului plicii cefalice, apare mezodermul anterolateral al discului embrionar, din jurul membranei bucofaringiene. Au fost identificate semiluna cardiacă sau aria mezodermală cardiogenetică, înconjurată de mezodermul ST (1), iar în concavitatea ariei cardiogene se găsește mezodermul faringian (3). Raporturile dintre componentele mezodermale ale plicii cefalice sugerează destinele ipotetice ale diferitelor subdiviziuni ale ariei cardiogenetice, bazate pe observațiile lui Salsberg și de Haan, 1969 și completate cu date mai recente. Linia punctată marchează limita dintre CCP (lateral, periferic) și CCS/A (medial și anterior). 1. Mezoderm hepatogenic (ST). 2. Membrana bucofaringiană. 3. Mezoderm faringian. 4 și 11. Originea sinusului venos. 5. Canalul atrioventricular. 6. VSt. 7. VDr. 8. TE. 9. Miocard mediastinal. 10. Atriu. [17,18,19,20].



**Fig. 1.** Vedere dorsală a unui disc embrionar (ziua 16) în stadiul presomit. PC. Plica cefalică. PL. Plicile laterale. PCd. Plica caudală. 1. Sac vitelin secundar secționat. 2. Nodul primitiv. 3. Linia primitivă. 4. Amnion secționat. **B.** La sfârșitul săptămânii 2 de dezvoltare, începe gastrularea prin invaginarea (ingresia) din nodul primitiv și linia primitivă (1) a celulelor epiblastice/ectodermale (5), care suferă o transformare epitelial-mezenchimală și migrează între epiblast și hipoblast, pentru a forma cel de al 3-lea strat embrionar, mezodermul (2). 3. Endoderm. 4. Hipoblast. **C.** Fața dorsală a discului embrionar. Se observă direcția migrării celulelor mezodermale în timpul gastrulării. 1. Membrană bucofaringiană. 2. Amnion. 3. Proces notocordal. 4. Viitoarea membrană cloacală. 5. Linia primitivă. 6. Nodul primitiv (Hensen la păsări). **D.** Formarea celomului intraembrionar. Embrion de 20 zile. 1. Șanț neural. 2. Mezoderm splanchnic. 3. Endoderm. 4. Mezoderm somatic. 5. Membrană amniotică. C. Celom [1,2,4].

După formarea celomului pericardic, cele două câmpuri cardiogene vor ocupa două arii splanhnopleurale, iar celulele lor vor putea fi identificate drept CCP, lateral (periferic) și CCS/A medial și anterior (central) [15,19,20,21,22,23] (Fig. 3).

La începutul fenomenului de închidere a corpului embrionar (discul embrionar plat devine corp cilindric), cele două arii cardiogene fuzionează median și rostral de membrana bucofaringiană, în dreptul viitorului VSt, fuziunea progresează inițial caudal, apoi rostral [26], edificând *semiluna cardiacă*, fuziune care marchează debutul apariției TCPR [27,28].

*Închiderea corpului embrionar* este însoțită de câteva modificări importante:

- plica cefalică basculează în jurul unui ax transversal cu aproape 180 grade [7,12,24], astfel încât inima se va așeza caudal de proeminența frontonazală și cranial de ST. Totodată se formează și peretele anterolateral supraombilical al trunchiului [25];

- debutează etapa de *inimă sigmoidă*, care se însoțește de adăugarea de celule progenitoare cardiace, mai întâi la capătul aferent și apoi la cel eferent al TCP;

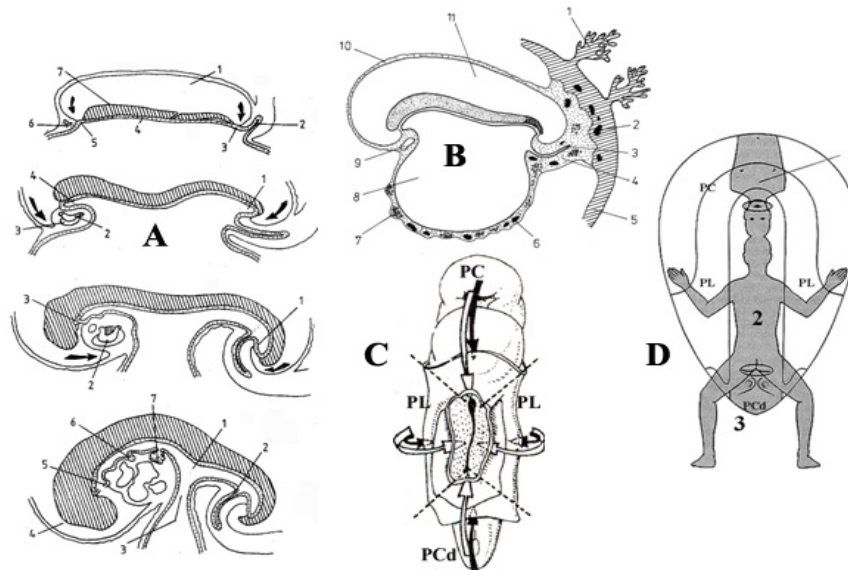
- inima va dobândi, caudal de VSt, sinusurile venoase, atrul primitiv și canalul atrioventricular, iar rostral de VSt, VDr, TE (conotruncus), TE care unește TCP cu sacul aortic (aorta ventrală), care va face legătura cu cele două aorte dorsale, prin cele șase arcuri arteriale faringiene (branhiale) [29,30];

- celulele progenitoare cardiomiogenetice provin din CCP, CCS/A, cCNC [16], mezodermul paraaxial cranial [11], mezodermul perifarngian și al arcurilor faringiene (branhiale), care se vor diferenția în celule miocardice, endocardice, celule musculare netede și țesut conjunctiv al AA și ale ramurilor sale colaterale de ordinul I;

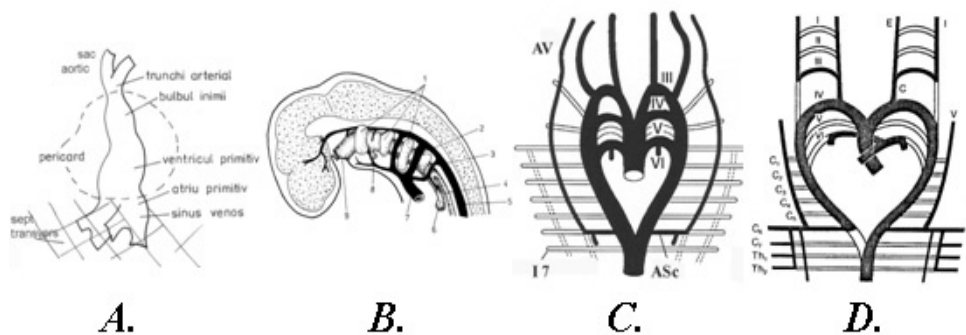
- lateral de MBF, între proeminența cardiacă și proeminența frontonazală (viitorul cap) se formează arcurile faringiene, în ordine craniocaudală, în număr de șase, numerotate cu I-VI [2,4];

- fiecare arc faringian conține câte un arc arterial aortic (*sistem simetric*), din care arcurile arteriale I, II și V vor dispărea și vor persista arterele arcurilor III, IV și parțial VI, care vor edifica sistemul aortic superior, definitiv, asimetric [5,7].

După închiderea corpului embrionar, între



**Fig. 3.** A. Prin închiderea corpului embrionar, o parte din endodermul vecin regiunii axiale a discului embrionar este inclus în interiorul corpului, devenind tub intestinal primitiv sau arhenteron. De sus în jos: Embrion în stadiul presomitic (ziua 17). 1. Cavitățile amniotice. 2. Pediculul de fixație. 3. Alantoida. 4. Membrana cloacală. 5. Membrana bucofaringiană. 6. Mezoderm cardiogen. 7. Ectoderm. Embrion în ziua 21-22: 1. Intestin primitiv posterior (metenteron). 2. Tub endocardic. 3. Cavitățile pericardice. 4. Intestin primitiv anterior (proenteron). Embrion în ziua 24: 1. Membrana cloacală. 2. Tub endocardic. 3. Membrana bucofaringiană. Embrion de 27-28 zile: 1. Intestin primitiv. 2. Alantoida. 3. Duct vitelin. 4. Cavitățile amniotice. 5. Membrana bucofaringiană resorbită. 6. Mugure respirator. 7. Mugure hepatic. B. Formarea vaselor sanguine extraembrionare în peretele veziculei viteline (splanhnopleură) la un embrion de 19 zile. 1. Vilozitate corionică. 2. Lacună sanguină. 3. Alantoidă. 4. Pediculul de fixație. 5. Corion. 6. Vas sanguin. 7. Insulă angiogenetică. 8. Veziculă vitelină. 9. Cavitățile pericardice. 10. Amnion. 11. Cavitățile amniotice [2,3,4,7]. C. Corpul embrionar devine cilindric, fiind centrat ventral de un larg inel ombilical. PC. Plica cefalică, PL. Plicile laterale, PCd. Plica caudală (ziua 22). Regiunea toracică supraombilicală este redusă la zona proeminenței cardiace, iar peretele toracic este simplu, fiind format din ectoderm, somatopleura plicilor cefalică și laterale și mezoteliu de căptușire (seroasele pleurală și pericardică) [24]. D. Discul embrionar cu cele patru plici și proiecția acestora pe fața ventrală etalată a trunchiului (la adult). Se observă destinul plicilor spre componentele definitive ale trunchiului 1. (PC) Plica cefalică. 2. Regiunea dorsală. 3. (PCd) Plica caudală. PL. Plica laterală [25].



**Fig. 4. A.** Componentele inimii în jurul zilei 23, când aceasta începe să pulseze ritmic [3]. **B.** Intestinul faringian și arcurile arteriale aortice faringiene (branhiale). 1. Pungi faringiene. 2. AA IV (arc arterial faringian). 3. AA VI. 4. Esofag. 5. Aortă dorsală. 6. Mugure traheobronșic. 7. Sac aortic (aortă ventrală). 8. Mugure (primordiu) tiroidian. 9. Stomodeum. **C.** Tiparul primitiv, simetric al arcurilor arteriale faringiene (branhiale). AV. Viitoarea AV provenită din anastomozele verticale ale arterelor intersegmentare cervicale. I7. Artera intersegmentară 7 care contribuie la edificarea ASc. ASc. Artera subclaviculară. [31]. **D.** AA și ramurile sale la modelul normal definitiv, asimetric (traiecte pline, negre). I. ACI. E. ACE. C. Crosa sau AA. S. ASc. V. Artera vertebrală [32].

proeminența frontonazală (capul primitiv) și cea cardiacă, lateral de stomodeum, apar în ordine craniocaudală arcurile faringiene (branhiale). Cele șase perechi de arcuri faringiene vor conține fiecare câte un *arc arterial faringian*, care face legătura între *sacul aortic (aorta ventrală)* și cele două *aorte dorsale*. Arcurile arteriale aortice nu sunt prezente toate în același timp; ele apar succesiv, în ordine craniocaudală și unele vor regresa în aceeași ordine. Astfel, din tiparul inițial simetric, dispar arcurile arteriale I, II și V (ultimul dacă apare) și se păstrează restul arcurilor arteriale, care edifică *AA definitiv și ramurile sale colaterale (dispoziție asimetrică)* (Fig. 4).

#### **Variantele arcului aortic și ale ramurilor sale de ordinul I**

Varianta considerată *normală* la om (83-85% după Adachi B, 1928 [33] și în medie 70% (în unele situații poate fi 30%, iar în altele 95%)), după Lippert H și Pabst R, 1985 [32]), de către toți autorii consultați, este reprezentată de *AAS*, din convexitatea căruia se desprind, de la dreapta spre stânga: *TrBrCDr* (*vechea denumire este de arteră nenumită sau innominată*), *ACCS* și *AScSt*, *ligamentul arterial Botallo* fiind întins între artera pulmonară stângă și partea de aortă de după emergența *AScSt*.

*Variantele anatomice* sunt foarte numeroase și diferite.

*Clinic*, unele variante arteriale sunt *asimptomatice*, altele sunt *simptomatice*, mai ales dacă se asociază și cu anomalii cardiace congenitale. Printre variantele arteriale simptomatice pure (neasociate), cea mai cunoscută este *inelul constrictiv vasculo-ligamentar peritraheoesofagian*. Această variantă evoluează cu *simptome digestive* (dysphagia lusoria, cianoză sau/și tuse la alimentare etc.), *respiratorii* (stridor, respirație șuierătoare, tuse, apnee, tahipnee etc.) și *circulatorii* (murmur, cianoză, dureri toracice etc.) [34].

Studierea și publicarea cazurilor de variante ale AA și ale colateralelor sale a trecut prin trei mari etape [35]:

- etapa *anatomică pură (disecții pe cadavre)*;
- etapa *anatomo-radiologică (anatomie pe cadavru la început și apoi pe viu)*. Toate achizițiile tehnologiei imagistice au transformat-o în "standardul de aur" al investigațiilor medicale strict necesare, premergătoare intervențiilor chirurgicale cu specific cardiovascular;
- etapa *chirurgicală*, care a permis rezolvarea unor anomalii cardiovasculare, multe dintre ele cu prognostic letal, înainte de această etapă.

Dintre pionierii cercetării variantelor AA și ale ramurilor sale, s-au remarcat personalități ce merită menționate.

Primul care a identificat necroptic un caz de "dysphagia lusoria" (dysphagia lusoria sau disfagie dată de un capriciu al naturii) a fost Bayford David, 1794, la o femeie de 62 de ani [36,37,38,39].

Burchard F Kommerell [40] descrie în 1937 diverticulul, care îi poartă numele, în cazurile de *AScDr* aberantă [41,42].

Trebuie amintiți Adachi B, 1928 [33], care pe un număr de 516 japonezi a făcut aprecieri și clasificări foarte des citate în literatura de specialitate, de asemenea Lippert H și Pabst R, 1985 [32] publică vaste observații și clasificări privind subiectul.

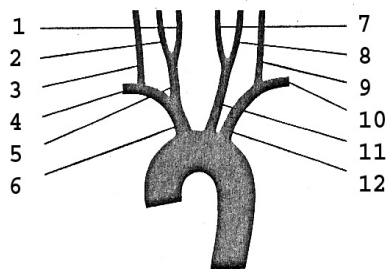
Din publicațiile consultate, apare evident interesul clinic (*imagistic și chirurgical*) față de subiect, cele cu profil *anatomic*, mai rare, par a fi epuizat noutățile. Printre publicațiile cu profil *imagistic*, există atât monografii [35,43], cât și numeroase articole [44,45,46,47,48,49,50, 51,52,53,54,55]. Publicațiile cu profil *clinic și chirurgical* arată același interes pentru subiect [56,57,58,59,60,61,62]. Publicațiile ce conțin informații pur *anatomice* sunt mai puține, mai ales observații pe loturi mari de cazuri (excepție: Adachi B, 1928; Lippert H și Pabst R, 1985). Pot

fi consultate și articole cu profil *anatomic* [63,64,65].

La noi în țară au publicat cazuri de variante ale AA și ramurilor sale Albu I, 1947, 1966 [6]; Păun și Nubert, 1947; Maros T și col., 1957; Marinescu și col., 1973; Pop D Popa și col., 1982 [6,66].

Este remarcabilă contribuția medicilor de la Spitalul de copii din Boston, pionieri ai imageriei și chirurgiei cardiovasculare (Ingraham F, neurochirurg; Farber S, patolog; Green W, ortoped; Janeway C, pediatru; Burgler G, director de spital; Neuhauser BD Edward, radiolog copii; Gross R, chirurg copii) [41].

Prezentarea rezumativă a rezultatelor obținute de unii autori, existente în literatura consultată, poate fi edificatoare (Fig. 5).



**Fig. 5.** AA normal. 1. ACEDr. 2. ACIDr. 3. AVDr. 4. AScDr. 5. ACCDr. 6. TrBrC. 7. ACESr. 8. ACISr. 9. AVSt. 10. AScSt. 11. ACCSt. 12. AScSt.

- Variante ale ramurilor colaterale ale AA. Origine comună TrBrCDr și ACCSt, 13%; ACCSt cu origine în TrBrCDr, 9%; Două TrBrC, <0,1%; Tr. Bicarotic, <0,1%; TrBrC comun (AA "bovin"), <0,1%; AScDr cu origine în Tr. Bicarotic, <0,1%; AScSt cu origine în Tr. Bicarotic, <0,1%; TrBrCSt, <0,1%; Lipsa TrBrC, <0,1% [32].

- AV ca ramură directă din AA. AVSt ca penultimă ramură din AA, 3%; AVSt ca penultimă ramură din AA și ACCSt cu origine din TrBrC, <1%; AVSt ca ultimă ramură a AA, <1%; AVSt, ultima ramură din AA și ACCSt cu originea în TrBrC, <0,1%; AVSt, ultima ramură din AA și TrBrC comun, <0,1%; AVSt are originea proximal de originea AScSt și AScDr este ultima ramură cu traiect retroesofagian, <0,1%; Două rădăcini ale AVSt, <1%; Ambele AV provin din AA, <0,1% [32].

- Variante de origine ale AVDr și autorii care au publicat cazuri: Iyer AA, 1927; Windel WF, 1928; Daseler EH, 1959; Koo K, 1966; Lie TA, 1968; Kiss J, 1968; Keller HI, 1973; Babin E, 1974; Newton TH, 1974; Bernard I, 1975; Palmer FJ, 1977; Tan WS, 1979; Wackenheim A, 1979; Argenson C, 1980; Sakamoto H, 1980; Stoesslein F, 1982; Rath G, 1984; Lippert H, 1985 (6 cazuri); Harada J, 1987; Hashimoto, 1987; Cavdar S, 1989; Nishijima M, 1989; Schwarzacher SW, 1989; Wasserman BA, 1992; Takasata Y, 1992; Takagi T, 1992; Nogueira TE, 1997 [67].

- AScDr ca ultimă ramură a AA (A. Lusoria). Poate

fi condiție "normală", <1%; Combinare cu Tr. Bicarotic, <1%; Combinată cu AScSt din Tr. Bicarotic, <0,1%; TrBrCDr ca ultimă ramură din aorta descendentă, <0,1% [32].

- AADr. Imagine în oglindă, <0,1%; Imagine în oglindă și AScSt. ca ultimă ramură din aorta descendentă, <0,1%; Imagine în oglindă și TrBrCSt din aorta descendentă, ca ultimă ramură colaterală, <0,1% [32].

- AAD, toate < 0,1%. Simetric, dominant stânga și/sau dominant dreapta [32].

- AAC. AACSt, <0,1%; AACSt și AScDr. ca ultimă ramură colaterală, <0,1%; AACSt și TrBrCDr ca ultimă ramură, <0,1%; AADr, imagini în oglindă ale celor de dinainte, fiecare <0,1% [32].

- Alte variante ale AA < 0,1%. AScSt cu origine proximal față de ACCSt, <1%; AScDr. cu origine distal de ACCDr, <1%; ACE și ACI stângă provin direct din AA, <0,1%; Tr. costocervical cu origine direct din AA, <0,1%; A. toracică internă, direct din AA, <0,1%; Artera timică, direct din AA, <0,1% [32].

Este interesant de remarcat că artera tiroidiană ima (fantomatica lui Neubauer), cu origine direct din AA [68], nu apare citată de loc în lucrările lui Lippert H și Pabst R, 1985 și nici în materialul prezentului studiu. Într-un singur caz din preparatele autorilor prezentei lucrări a fost observată o arteră tiroidiană inferioară St cu origine din ACCSt, la un caz cu AADr, cu AScSt retroesofagiană și diverticul Kommerell.

### Scopul și obiectivele lucrării

Având în vedere numărul mic de publicații cu profil anatomic prezente în literatura consultată și având la dispoziție un material suficient de reprezentativ (749 cadavre, din care 132 cu variante ale AA și ramurilor sale colaterale), autorii au considerat utilă prezentarea experienței lor.

### Material și metodă de lucru

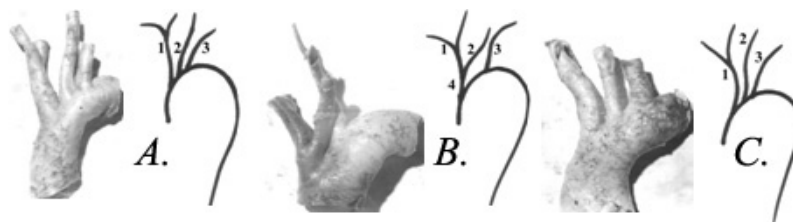
**Materialul** este reprezentat de 749 cadavre (366 bărbați și 383 femei) ce aparțin unor persoane cuprinse între 56 și 89 ani, care au fost disecate la Catedra de Anatomie și Embriologie, UMF "Iuliu Hațieganu", între anii 1971 și 1998. Cadavrele au fost conservate în soluție de formaldehidă 5%.

**Metoda de lucru** a constat din disecție clasică, recoltarea AA cu ramurile colaterale, fotografierea, desenarea schematică și notarea unor caracteristici morfologice. S-a calculat procentajul cazurilor și au fost notate unele particularități deosebite prezente la unele AA.

### Rezultate

Din 749 de cazuri prelucrate, erau cu variante 132 de cazuri - 17,62% și 617 cazuri considerate "normale anatomic" - 82,37%. Variantele, calitativ și cifric se prezentau astfel:

**1. Originea colateralelor din partea ascendentă a AA (34 cazuri - 4,53%) (Fig. 6)**



**Fig. 6.** A. 1. TrBrC. 2. ACCSt. 3. AScSt. B. 1. TrBrC. 2. ACCSt. 3. AScSt. 4. Tr. comun TrBrC și ACCSt. C. Succesiune obișnuită a ramurilor.

**2. Originea colateralelor din partea mijlocie a AA (convexitate) (703 cazuri - 93,85%) (Fig. 7)**



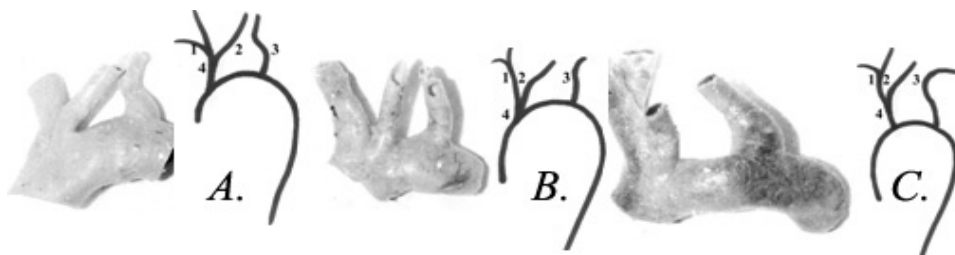
**Fig. 7.** A, B și C. Succesiune normală a ramurilor.

**3. Originea colateralelor din partea descendentă a AA (12 cazuri - 1,60%) (Fig. 8)**



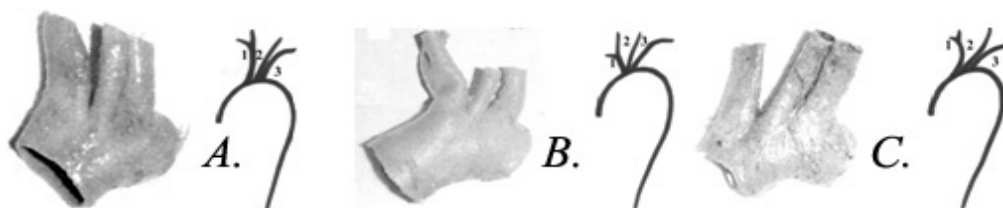
**Fig. 8.** A, B și C. Succesiune normală a ramurilor.

**4. Origini cu spații între vase (275 cazuri - 36,71%) (Fig. 9)**



**Fig. 9.** A. 4. Tr. comun pentru AScDr (1) și cele două ACC. B și C. Tr. comun (4) pentru aceleași artere.

**5. Origini strâns apropiate din AA (224 cazuri - 29,90%) (Fig. 10)**



**Fig. 10.** A, B și C. Succesiune normală a ramurilor AA.

6. Variante intermediare între situațiile de la numerele 4 și 5 (250 cazuri - 33,37%)

7. TrBrC cu lungimi diferite (aspecte doar calitative) (Fig. 11)



Fig. 11. A. TrBrC lung (4,5 cm). B. Mijlociu ca lungime (2,5 cm) și C. Scurt (1,5 cm).

8. Tr. comun pentru TrBrC și cele două ACC sau TrBrC bicarotic, care apare și la gorilă, gibbon, macacus, lemuri etc. (28 cazuri - 3,73%) (Fig. 12)



Fig. 12. A, B, și C. Aceleași dispoziții ale colateralelor AA.

9. AVSt din AA (26 cazuri - 3,47%) (Fig. 13)

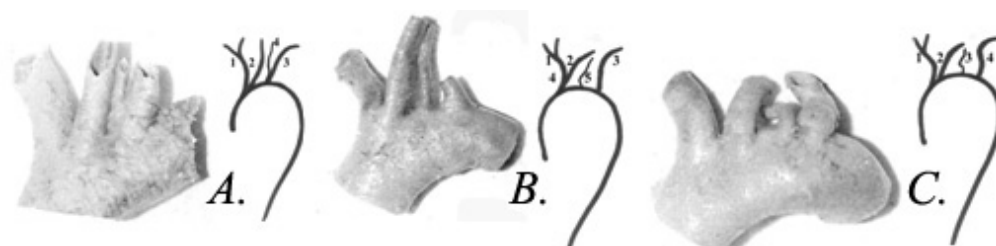


Fig. 13. A, B și C. AVSt cu origine din AA, între ACCSt și AScSt.

10. AScDr retroesofagiană cu origine în AAST (13 cazuri - 1,73%) (Fig. 14)

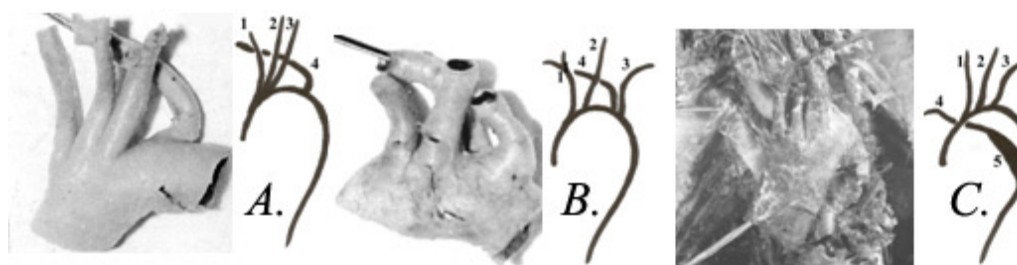


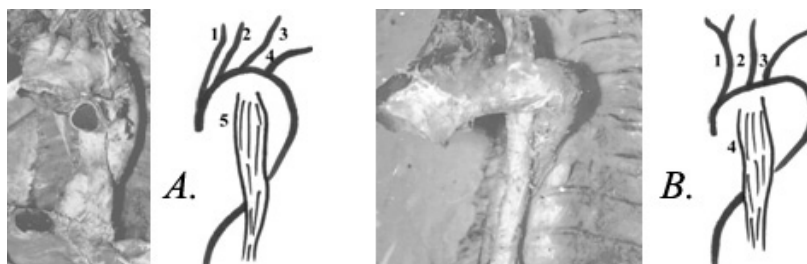
Fig. 14. A. 1. AScDr. 2. ACCDr. 3. ACCSt. 4. AScDr retroesofagiană cu origine din convexitatea AAST. B. 1. AScDr. 2. ACCDr. 3. AScSt. 4. AScDr retroesofagiană cu origine în AA, între ACCSt și AScSt. C. 1. AScDr. 2. ACCDr. 3. AScSt. 4. AScDr retroesofagiană cu origine în aorta descendentă într-un diverticul Kommerell (5) dilatat anevrismal, cu amprentare traheoesofagiană (probabil cu simptomatologie).

**11. AADr și AScSt retroesofagiană (3 cazuri - 0,40%) (Fig. 15)**



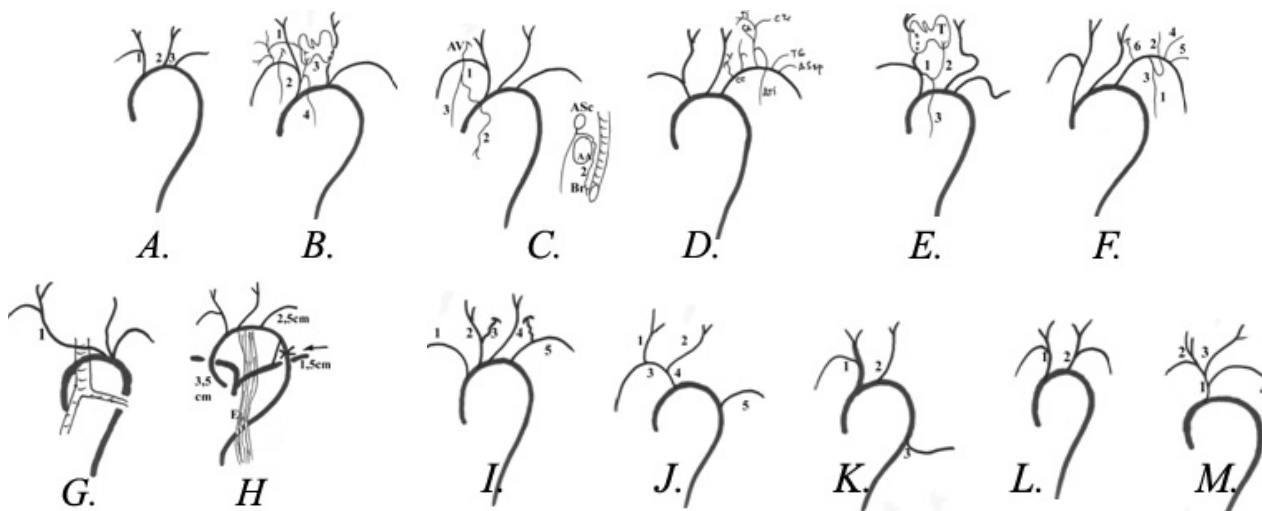
**Fig. 15. A și C.** 1. AScDr. 2. ACCDr. 3. ACCSt. 4. AScSt retroesofagiană cu origine în aorta descendentă, fără diverticul la origine. **B.** 1. AScDr. 2. ACCDr. 3. A. Tiroidiană inferioară stângă cu origine în ACCSt. 4. ACCSt. 5. AScSt retroesofagiană. 6. Diverticul Kommerell. Era prezent un inel vasculoligamentar constrictiv, cu amprentare traheoesofagiană și probabil cu simptomatologie caracteristică disfagiei lusoria.

**12. AA circumflex (4 cazuri - 0,53%) (Fig. 16)**



**Fig. 16. A.** 1. AScDr. 2. ACCDr. 3. ACCSt. 4. AScSt. 5. Esofag. De remarcat faptul că originea celor patru vase este în AA. **B.** 1, 2 și 3. AAST cu emergența obișnuită a colateralelor. 4. Esofag. În ambele cazuri nu existau semne de compresie traheoesofagiană.

**13. Cazuri particulare (12 cazuri - 1,60%) (Fig. 17)**



**Fig. 17. A.** Dispoziția considerată normală (apare și la gorilă, cimpanzeu, urangutan, macacus, capuchin etc. [69]). **B.** 1. A. Tiroidiană mijlocie cu origine în Tr. tireocervical. 2. TrBrC. 3. A. Tiroidiană inferioară cu origine dintr-un trunchi comun cu A. Toracică (mamară) internă din TrBrC. **C.** Din concavitatea AScDr pornește un trunchi comun (1) pentru A. Toracică internă (3) și o A. Bronșică dreaptă (2), groasă de 2mm și sinuoasă. **D.** Din convexitatea AScSt pornește în ordine proximo-distală: AVSt; Tr. Costocervical; Tr. Tireocervical din care pornește și o A. Toracică internă; A. Transversă a gâtului și A. Suprascapulară. **E.** Din TrBrCDr pornește un trunchi comun (1) pentru A. Tiroidiană inferioară stângă (2) și o ramură timică (3). **F.** Din concavitatea AScSt pornește un trunchi comun (3) pentru A. Toracică internă (1) și A. Cervicală ascendentă (2). 4. A. Suprascapulară. 5. A. Transversă a gâtului. 6. AVSt. **G.** AAST deplasat spre stânga (persoana prezenta o scolioză stângă) cu originea celor trei ramuri colaterale din partea descendentă a AA. TrBrCDr (1) foarte lung (11cm) încrucișează anterior traheea în direcție superioară și dreapta. **H.** Stenoză de istm aortic (1,5 cm diametru), postligamentar și aortă circumflexă. **I.** 1. AScDr. 2. ACCDr din care pornește AVDr (3). 4. ACCSt. 5. AScSt. **J.** 1. ACCDr cu origine în AScDr. 2. ACCSt cu origine dintr-un TrBrC. 5. AScSt. **K.** 1. TrBrCDr. 2. ACCSt. 3. AScSt cu origine în aorta descendentă. **L.** 1 și 2. Două TrBrC. **M.** 1. Trunchi comun (1) pentru ramurile AA. 2. ACCDr. 3. ACCSt. 4. AScSt. Este așa numitul “Arc aortic bovin” [69,70].

## Discuții

*Literatura* privind subiectul conține foarte puține publicații bazate pe observații din sălile de disecții [35].

*Clasificările* sunt orientative, dar nu pot surprinde multitudinea de situații individuale (dimensiuni, origini, traiecte, raporturi și combinații dintre acestea).

*Frecvența* existenței unor variante depinde de autori, metoda de investigare, eșantionul luat în discuție (preselectat sau întâmplător), numărul de cazuri din eșantion și alți factori (vârstă, rasă etc.). Frecvențele extreme (minime și maxime) ale variantelor întâlnite în literatura consultată se prezintă după cum urmează. Ex:

**AAS<sub>t</sub>, AScDr aberantă**, 0,2%, [33]; 0,4-2% [71];

**AADr, AScSt aberantă**, 0,05-0,1%, la populația generală [72];

**AAD**, 7-17%, asociat cu boli cardiace congenitale, [73];

**Persistența AA5 (arc aortic 5 embrionar)**, 1/330 autopsii, (74);

**AADr C**, 0,05-0,1% [75];

**AAS<sub>t</sub>C**, nu apar în literatura consultată;

**AVSt** cu origine în AA, 0,5-2% [76]; 2,4-5,8% [77];

**AVDr** cu diferite origini, 49 cazuri până în 1999, [67].

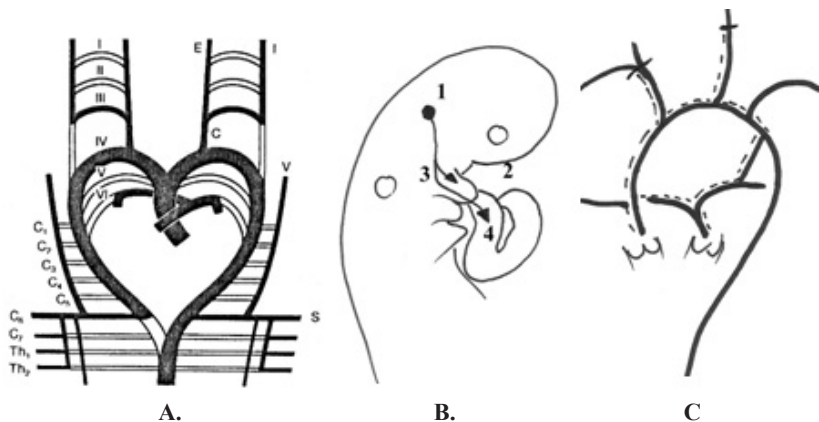
O *clasificare* a variantelor AA și ale ramurilor colaterale s-ar putea realiza, din punct de vedere clinic (mai puțin morfologic), în *simptomatice și asimptomatice* sau *asociate* sau nu cu boli cardiace congenitale, respectiv cu alte malformații congenitale.

*Explicarea* modului de apariție a variantelor arteriale se poate face, pentru marea majoritate dintre ele, pe baza

dezvoltării embrionare din tiparul primitiv existent în perioada prezenței arcurilor arteriale faringiene (branhiale), ale arterelor intersegmentare și ale anastomozelor verticale care le unesc pe acestea. Ceea ce nu poate fi explicat pe baza acestui tipar necesită coborârea în timp, în perioada când viitoarele vase se află în forma unei rețele angioformatoare mai puțin ordonate.

În ceea ce privește *cauzalitatea* apariției variantelor și anomaliilor AA și ale ramurilor sale colaterale, literatura din ultimii 20 de ani aduce completări fundamentale, oferite de embriologia experimentală, biologia moleculară și celulară, genetică (biologia dezvoltării), mai mult decât vechile interpretări preponderent deductive și speculative (Fig. 18).

Dezvoltarea AA și ramurilor sale colaterale de ordinul I are loc din evoluția mezodermului cardiogen al plăcii mezodermale anterolaterale, respectiv din splanhnopleura plicii cefalice, unde se localizează CCP și CCS/A și din care se dezvoltă TE al TCPR. În etapa de *inimă sigmoidă*, se adaugă segmentului eferent al tubului cardiac (conus și truncus), celule care migrează din CNC, din mezodermul paraaxial cranial, din mezodermul perifarngian și al arcurilor faringiene 3, 4 și 6, celule care vor intra în structura inimii, dar și a AA și ale ramurilor sale colaterale de ordinul I (țesut conjunctiv, țesut muscular neted). Vecinătatea câmpurilor cardiace cu mezodermul farngian și al ST (formator al părții centrale a diafragmei și suport pentru dezvoltarea ficatului) permite presupunerea existenței *câmpurilor embrionare morfogenetice cardiocraniofacial* [10] și *cardiohepatodiafragmatic* [7,12,13], precum și înțelegerea asocierii anomaliilor



**Fig. 18.** A. Tiparul embrionar al arcurilor arteriale faringiene (branhiale). Arcul aortic și ramurile sale la modelul normal definitiv (contururi pline). I. ACI. E. ACE. C. AA. S. ASc. V. AV [32]. B. O parte din celulele mezodermale paraaxiale craniale (1) (câmpul morfogenetic cardiocraniofacial [10]) migrează în arcul faringian (branhial) I, (notat cu 3) unde participă la dezvoltarea musculaturii feței (Myf5, Capsulina și Tbx1) și altă parte spre sacul aortic (aorta ventrală) unde contribuie la edificarea TE al tubului cardiac (expresie a markerilor cardiaci Gata5, Gata6, Capsulina, Isl1 și Nkx2). Tranziția dinspre mușchi scheletali spre celule cardiace este corelată cu expresia spațiotemporală a Bmp [11]. 2. Stomodeum. 4. Tubul cardiac (la pășări). C. După Xiaobing Jiang și col., 2000 [78], din crestele neurale cardiace migrează celule progenitoare spre TE al tubului cardiac (conotruncus, sacul aortic și trunchiul arterial), care pătrund în toate arcurile faringiene (branhiale) și participă la edificarea musculaturii netede a AA și colateralelor sale, precum și la edificarea septului aortopulmonar și a aparatului valvular aortic și pulmonar. În final contribuția acestor celule este la formarea (părți dublate cu linie punctată) aparatului valvular aortic și pulmonar, arterei pulmonare, aortei ascendente și AA, TrBrC, ACCSt și canalului/ligamentului arterial.

AA și inimii (TE al inimii), cu anomalii craniofaciale, anomalii ale peretelui ventral al trunchiului și a părții anterioare a diafragmei, sindromul DiGeorge și fenotipul velocardiofacial, fisura mentosternală, pentalogia Cantrell, sindromul Fryns, sindroame disrafice anterioare, asociația VACTER etc. [pentru detalii a se vedea: 17, 18, 28, 29, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85].

### Concluzii

1. Între frecvențele variantelor din literatură (stânga) și cele ale cazurilor autorilor (dreapta) există diferențe datorate eșantioanelor avute la dispoziție:

AADr, ASrSt aberantă, 0,05-0,1% ----- 0,40%;  
 AASr, ASrDr aberantă, 0,1-2% ----- 1,73%;  
 AADrC, 0,05-0,1% ----- 0%;  
 AASrC, nu sunt ----- 0,53%;  
 AA5 persistent, 1/300 autopsii ----- 0%;  
 AVSt din AA, 2,4-5,8% ----- 3,47%;  
 AVDr din AA, 49 cazuri până în 1999 ----- 0%.

2. Explicarea tipurilor de variante anatomice se poate face pe baza dezvoltării embrionare a arcurilor arteriale faringiene (branhiale).

3. Examinările preoperatorii imagistice ("standardul de aur al investigațiilor medicale") pot evidenția dispoziții anatomice arteriale individuale ale persoanei respective, care nu se încadrează în nici o clasificare publicată.

4. Variantele anatomice ale diferitelor structuri anatomice constituie forme minore ale anomaliilor, cu sau fără simptome clinice. Cauzele lor vor fi aceleași, în principiu, ca și cele ale anomaliilor: alterări ale factorilor genetici, acțiunea unor factori peristazici nocivi în momente critice ale dezvoltării embrionare sau/și ambele cauze, mai frecvent.

5. Variantele AA și ale ramurilor sale colaterale pot exista ca unică manifestare anatomică (cu sau fără simptomatologie clinică). Atunci când se asociază și cu alte anomalii sau/și variante, ele vor caracteriza tablouri ale unor sindroame, asociații, secvențe, defecte de câmp politopic etc. (defecte ale câmpurilor morfogenetice cardiocraniofacial sau/și cardiohepatodiafragmatic), fapt ce complică diagnosticul și terapia acestora (ex: persistența ductului arterial, tetralogia Fallot, pentalogia Cantrell, unele variante ale sindromului DiGeorge, sindromul Fryns, sindromul alcoolic fetal, embriopatia retinoidă etc.).

6. Artera tiroidiană ima cu origine direct din AA, prezentă în tratatul Testut L și Latarjet A, nu a fost identificată în publicații mai recente și nici între cazurile prezentului studiu.

7. Unele variante ale AA și ale ramurilor sale colaterale de ordinul I, ar putea avea drept cauză o alterare a migrării de celule din crestele neurale cardiace, celule din mezodermul paraaxial cranial, precum și tulburări de formare a tractului eferent (conus, truncus și sacul aortic sau aorta ventrală), din câmpurile cardiace primar, respectiv secundar/anterior.

### Bibliografie

1. Arey LB. Developmental anatomy, 7<sup>th</sup> Ed., WB Saunders Co., Philadelphia, 1966: 347-360.
2. Langman J. Medical Embriology, 6<sup>th</sup> Ed., Williams & Wilkins, Baltimore, 1990: 207-214.
3. Sadler TW., Langman's medical embryology, 7<sup>th</sup> Ed., Williams&Wilkins, London, 1995: 212-219.
4. Moore KL, Persaud TVN. The developing human, 6<sup>th</sup> Edition, WB Saunders Co, Philadelphia, 1998: 349-405.
5. Brookes M, Zietman A. Clinical embryology, CRC Press, London; 2000: 92-112.
6. Grigorescu Sido Fr, Seceleanu A. Două cazuri de arc aortic orientat spre dreapta, Clujul Medical, 1999; vol. LXXII (1): 63-68.
7. Grigorescu Sido Fr. Embriologie. Generală și Specială, Casa Cărții de Știință, Cluj; 2006: 161-166; 214-217.
8. Wagner M, Siddiqui MAQ. Signal transduction in early heart development (II): Ventricular chamber specification, trabeculation, and heart valve formation, Exp Biol Med, 2007; 232: 866-880.
9. Lopez-Sanchez C, Garcia-Masa N, Gañan CM, et al. Movement and commitment of primitive streak precardiak cells during cardiogenesis, Int J Dev Biol, 2009; 53 (8-10): 1445-1455.
10. Redmond Hutson M, Kirby ML. Neural crest and cardiovascular development: A 20-Year perspective, Birth defects research (Part C), 2003; 69: 2-13.
11. Tirosh-Finkel L, Elhanany H, Rinon A, et al. Mesoderm progenitor cells of common origin contribute to the head musculature and the cardiac outflow tract, Development, 2006; 133: 1943-1953.
12. Grigorescu Sido Fr. Anatomia clinică a diafragmei, Ed. Dacia, Cluj, 1990; 23-31.
13. Grigorescu Sido Fr, Zimmermann A, Matei A. Sternul. Ontogeneză, variante anatomice, anomalii și importanță practică, Clujul Medical, 2011; Vol. 84 (4): 509-519.
14. DeHaan RL. 1965. Morphogenesis of the vertebrate heart. In: DeHaan RL, Ursprung H, editors. Organogenesis. New York: Holt Rinehart and Winston: 377-419.
15. Abu-Issa R, Waldo K, Kirby ML. Heart field: one, two or more? Dev Biol, 2004; 272 (2): 281-285.
16. Hutson MR, Kirby ML. Model system for the study of heart development and disease. Cardiac neural crest and conotruncal malformation, Semin Cell Dev Biol, 2007; 18 (1): 101-110.
17. Mjaatvedt CH, Nakaoka T, Moreno-Rodriguez R, et al. The outflow tract of the heart is recruited from a novel heart-forming field, Dev Biol, 2001; 238 (1): 97-109.
18. Kelly RG, Brown NA, Buckingham ME. The arterial pole of the mouse heart forms from Fgf10-expressing cells in pharyngeal mesoderm, Dev. Cell, 2001; 1: 435-440.
19. Moorman AFM, Christoffels VM, Anderson RH, et al. The heart-forming fields: one or multiple? Phil. Trans. R. Soc. B, 2007; 362: 1257-1265.
20. Mommersteeg MTM, Dominguez JN, Wiese C, et al. The sinus venosus progenitors separate and diversify from the first and second heart fields early in development, Cardiovascular Research, 2010; 87: 92-101.
21. Tam PP, Parameswaran M, Kinder SJ, et al. The allocation of epiblast cells to the embryonic heart and other mesodermal lineages: the role of ingression and tissue movement during gastrulation, Development, 1997; 124 (9): 1631-1642.
22. Snarr BS, Kern CB, Wessels A. Origin and fate of cardiac mesenchyme, Developmental Dynamics, 2008; 237:2804-2819.

23. Cui C, Cheuvront TJ, Lansford RD, et al. Dynamic positional fate map of the primary heart-forming region, *Dev Biol*, 2009; 332 (2): 212-222.
24. Duhamel B, Haegel P, Pages R. *Morphogenese patologique*, Masson et Cie, Paris, 1966: 1-19 ; 57-93.
25. Williams PL, Warwick R, Dayson M, et al. *Gray's Anatomy*, 37th Ed, Churchill Livingstone, Edimburgh, 1989; 116-159.
26. Laugwitz KL, Moretti A, Caron L, et al. Islet1 cardiovascular progenitors: a single source for heart lineages? *Development*, 2008; 135: 193-205.
27. Abu-Issa R, Kirby ML. Heart field: from mesoderm to heart tube, *Annu Rev Cell Dev Biol*, 2007; 23: 45-68.
28. van den Berg G, Moorman AFM. Concepts of cardiac development in retrospect, *Pediatr Cardiol*, 2009; 30: 580-587.
29. Restivo A, Piacentini G, Placidi S, et al. Cardiac outflow tract: A review of some embryogenetic aspects of the conotruncal region of the heart, *Anat Rec*, 2006; Part A, 288 A: 936-943.
30. Srivastava D. Making or breaking the heart: From lineage determination to morphogenesis, *Cell*, 2006; 126:1037-1048.
31. Masanori T, Yasushi U, Kiyoshi K, et al. Aberrant right subclavian artery. Three case reports, *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2002; 42: 396-398.
32. Lippert H, Pabst R. *Arterial variations in man*, JF Bergman Verlag, München, 1985: 3-10.
33. Adachi B. *Das Arteriensystem der Japaner*, 1st Ed, vol. 1, Verlag der Kaiserlich-Japanischen Universität, Kenyusha Press, Kyoto, 1928; 29-41.
34. Alsenaichi K, Gurofsky R, Karamlou T, et al. Management and outcomes of double aortic arch in 81 patients, *Pediatrics*, 2006; 118: 1336-1341.
35. Mercier R, Vanneuville G. *Anatomie radiologique de l'aorte abdominale*, L'Expansion Scientifique, Paris, 1968: 5-16.
36. Pattinson JN, Anomalous right subclavian artery, *Heart*, 1953; 15: 150-158.
37. Karlson KJ, Heiss FW, Ellis FH Jr. Adult dysphagia lusoria. Treatment by arterial division and reestablishment of vascular continuity, *Chest*; 1985; 87: 684-686.
38. Hollinshead WH, *Anatomy for surgeons*, Sec. Ed, Vol 2; Harper&Row Publ, New York; 1971: 139-167.
39. Bisognano JD, Young B, Brown JM, et al. Diverse presentation of aberrant origin of the right subclavian artery: Two case reports, *Cest*, 1997; 112 (6): 1693-1697.
40. Kommerell B. Verlagerung des oesophagus durch eine abnorm verlaufende *arteria subclavia dextra (arteria lusoria)*, *Fortschr Röntgenstr* 1937; 2: 56.
41. Berdon WE. Rings, slings, and other things: Vascular compression of the infant trachea updated from the midcentury to the millennium - The legacy of Robert E Gross, MD, and Edward BD Neuhauser, MD, *Radiology* 2000; 216: 624-632.
42. van Son JAM, Konstantinov IE, Burckhard F Kommerell and Kommerell's diverticulum, *Tex Heart Inst J*, 2002; 29:109-112.
43. Luzsa G, X-ray Anatomy of the vascular system, Akademiai Kiado, Budapest, 1974: 35-40.
44. Kersting-Sommerhoff BA, Sechtem UP, Fisher MR, et al. MR imaging of congenital anomalies of the aortic arch, *AJR*, July 1987; 149: 9-13.
45. Gomes AS, Lois JF, George B, et al. Congenital abnormalities of the aortic arch: MR imaging, *Radiology*, 1987; 165: 691-695.
46. Proto AV, Cuthbert NW, Raider L. Aberrant right subclavian artery: Further observations, *AJR*; Febr 1987; 148: 253-257.
47. Lowe GM, Donaldson JS, Backer CL. Vascular rings: 10-year review of imaging, *RadioGraphics*, 1991; 11: 637-646.
48. Masaki H, Masanori K, Motoharu S, et al. A case of right sided aortic arch with isolation of the left subclavian artery: CT Findings; *Radiation Medicine*; 2001; 19 (1): 33-36.
49. Donnelly LF, Fleck RJ, Pacharn P, et al. Aberrant subclavian arteries: Cross-sectional imaging findings in infants and children referred for evaluation of extrinsic airway compression, *AJR*, 2002; 178: 1269-1274.
50. Fleck RJ, Pacharn P, Fricke BL, et al. Imaging findings in pediatric patients with persistent airway symptoms after surgery for double aortic arch, *AJR*, 2002; 178: 1275-1279.
51. Davies M, PJ Guest. Developmental abnormalities of the great vessels of the thorax and their embryological basis, *Br J Radiol*; 2003; 76: 491-502.
52. Franzcr SJ. MR angiography of aberrant left subclavian artery arising from right-sided thoracic aortic arch, *Br J Rad*, 2005; 78: 961-966.
53. Schlesinger AE, Krishnmurthy R, Sena LM, et al. Incomplete double aortic arch with atresia of the distal left arch: distinctive imaging appearance, *AJR*, 2005; 184: 1634-1639.
54. Chan MSM, Chu WCW, Cheng KL, et al. Angiography and dynamic airway evaluation with MDCT in the diagnosis of double aortic arch associated with tracheomalacia, *AJR*, 2005; 185: 1248-1251.
55. Shum DJ, Clifton MS, Coakley FV, et al. Prenatal tracheal obstruction due to double aortic arch: A potential mimic of congenital high airway obstruction syndrome, *AJR*, 2007; 188: W82-W85.
56. Slager RF, Karl P Klassen. Anomalous right subclavian artery arising distal to a coarctation of the aorta, *Ann Surg*, 1958; 147 (1): 93-97.
57. Masaki K, Toshie M, Hideki N, et al. High incidence of arterial dissection associated with left vertebral artery of aortic origin, *Neurol Med Chir (Tokyo)*; 2001; 41: 8-12.
58. Kantarceken B, Bulbuloglu E, Yuksel M, et al. Dysphagia lusoria in elderly: A case report, *World J Gastroenterol*, 2004; 10 (16): 2459-2460.
59. Humphrey C, Duncan K, Fletcher S. Decade of experience with vascular rings at a single Institution, *Pediatrics*, 2006; 117 (5): 903-908.
60. Atay Y, Engin C, Posagioglu H, et al. Surgical approaches to the aberrant right subclavian artery, *Tex Heart Inst J*, 2006; 33: 477-481.
61. Khan S, Nihill MR. Clinical presentation of persistent 5th aortic arch, *Texas Heart Inst J*, 2006; 33: 361-364.
62. Gui-qin M, Zhong-Zhe L, Xiao-feng L, et al. Congenital vascular rings: a rare cause of respiratory distress in infants and children, *Chin Med J*, 2007; 120 (16): 1408-1412.
63. Guyader A, Salassol A. La disposition des gros troncs collateraux de la crosse de l'aorte du nouveau-ne africain de Cote d'Ivoire, *Anat Anz*, 1966; 118: 457-462.
64. Wright NL. Dissection study and mensuration of the human aortic arch, *J Anat*, 1969, 104 (2): 377-385.
65. Il-Young S, Yong-Gu C, Won-Han S, et al. A morphometric study on cadaveric aortic arch and its major branches in 25 Korean adults: The perspective of endovascular surgery, *J Korean Neurosurg Soc*, 2008; 44: 78-83.
66. Palaghita Baniias L, Grigorescu Sido Fr, Komjatszegi Cs, et al. O anomalie de distributie a ramurilor arcului aortic cu traiect retroesofagian al arterei subclaviculare drepte, *Inima. The heart, Cluj*, 1998; vol 2 (2): 165-170.

67. Arne-Jörn L, Benndorf G, Liebig T, et al. Anomalous origin of the right vertebral artery: Review of the literature and case report of right vertebral artery origin to distal the left subclavian artery, *AJNR Am J Neuroradiol*; 1999; 20: 1318-1321.
68. Testut L, Latarjet A. *Traite d'anatomie humaine*, VIII Ed., T III, Doin, Paris, 1930: 250- 258; 1023-1026.
69. Parsons FG. On the arrangement of the branches of the mammalian aortic arch., *J Anat Physiol*, 1902; 36 (Pt 4): 389-399.
70. Layton KF, DF Kallmes, HJ Cloft, et al. Bovine aortic arch variant in humans: Clasification of a common misnomer, *AJNR Am J Neuroradiol*, 2006; 27: 1541-1542.
71. Toshiyuki S, Yoshiki T, Takashi H, et al. Three cases of retroesophageal right subclavian artery, *J Nippon Med Sch*, 2005; 72 (6): 375-382.
72. Jinping Z, Yongde L, Sihai G. Right aortic arch with retroesophageal left ligamentum arteriosum, *Texas Heart Inst J*, 2006; 33 (2): 218-221.
73. Meng-Luen L. Diagnosis of the double aortic arch and its differentiation from the conotruncal malformations, *Yonsei Med J*, 2007; 48 (5): 818-826.
74. Chaw-Chi C, Jiann-Ren W, Huai-Min C, et al. Persistent fifth aortic arch, *Jpn Heart J*, 2000; 41: 665-671.
75. Shuford WH, Sybers RG, Gordon IJ, et al. Circumflex retroesophageal right aortic arch simulating mediastinal tumor or dissecting aneurysm, *AJR*, March 1986;146: 491-496.
76. Ka-Tak W, Lam WWM, Yu SCH. MDCT of an aberrant right subclavian artery and of bilateral vertebral artery with anomalous origins, *AJR*; 2007; 188: W274-W275.
77. Goray VB, Joshi AR, Garg A, et al. Aortic arch variation: A unique case with anomalous origin of both vertebral arteries as additional branches of the aortic arch distal to left subclavian artery, *AJNR Am J Neuroradiol*, 2005; 26: 93-95.
78. Xiaobing J, Rowitch DH, Soriano P, et al. Fate of the mammalian cardiac neural crest, *Development*, 2000; 127: 1607-1616.
79. Le Lievre CS, Le Douarin NM. Mesenchymal derivatives of the neural crest: analysis of chimaeric quail and chick embryos, *Embryol. exp. Morph*, 1975; 34 (1): 125-154.
80. Waldo KL, Kumiski DH, Wallis KT, et al. Conotruncal myocardium arises from a secondary heart field, *Development*, 2001;128: 3179-3188.
81. Abu-Issa R, Kirby ML. Patterning of the heart field in the chick, *Dev Biol*, 2008; 319 (2): 223-223.
82. Ching-Pin C, Stankunas K, Shang C, et al. Pbx1 functions in distinct regulatory networks to pattern the great arteries and cardiac outflow tract, *Development*, 2008; 135 (21): 3577-3586.
83. Perez-Pomares JM, Gonzalez-Rosa JM, Munoz-Chapuli R. Building the vertebrate heart-an evolutionary approach to cardiac development, *Int. J. Dev. Biol*, 2009; 53: 1427-1443.
84. Männer J. The anatomy of cardiac looping: A step towards the understanding of the morphogenesis of several forms of congenital cardiac malformations, *Clinical Anatomy*, 2009; 22: 21-35.
85. Zhiguang Gao, Kim GH, Mackinnon AC, et al. Ets1 is required for proper migration and differentiation of the cardiac neural crest, *Development*, 2010;137: 1543-1551.