

Vývoj a struktura aorty

doc. MUDr. Jitka Kočová, Csc.

K vývoji cév, struktur specializovaných k vedení krve obsahující živiny a dýchací plyny, dochází ve stadiu, kdy vyvíjejícímu se organismu nestačí pouhá difuze (Hausmann 1934, Staubesand 1959). Kardiovaskulární soustava je prvním orgánovým systémem embrya, který nejdříve nastupuje plnou funkcí. Cirkulace krve začíná u člověka již na stadiu 7 prvosegmentů - koncem třetího a začátkem čtvrtého týdne vývoje zárodku. Počátky vývoje krevních cév u člověka zasahují ještě do presomitového stadia vývoje. Primitivní krevní cévy vznikají v mesenchymu z t.zv. krevních ostrůvků. První cévy se vyvíjejí ve stěně žloutkového vřívku a ductus omphaloentericus již od konce 2. týdne: buňky se místy zmnoží a tak vytvoří ostrůvky krevní. Buňky ostrůvků se diferencují jednak v povrchové **angioblasty**, jednak uvnitř uložené **hemocytoblasty**. **Angioblasty** se protahují a mění v buňky **endotelu**, **hemocytoblasty** se přemění v primitivní **embryonální krvinky**. Brzy po vzniku základů cév ve stěně žloutkového vřívku vznikají krevní ostrůvky v mesenchymu zárodečného stvolu a choria a v mesenchymu vlastního těla zárodku.

Krevní ostrůvky jsou z počátku izolovány. Později povrchový endotel jako pupeny proliferuje do okolí, až se postupně spojí v souvislou síť kapilárního charakteru. Z této kapilární sítě se postupně formují pod vlivem hemodynamických a genetických faktorů tepny a žíly a tak se zakládá **primitivní oběh krevní**. Tento oběh se skládá z primitivního oběhu embryonálního a ze 2 oběhů extraembryonálních, vitelinního a umbilikálního (Vacek 1987, Kapeller a Pospíšilová 1991). Primitivní oběh embryonální tvoří primitivní trubice srdeční, ze které nahoře vybíhá truncus arteriosus, kaudálně vtékají na každé straně 3 cévy.

Truncus arteriosus se během 4. týdne rozvětluje v **aortální oblouky**, které probíhají v jednotlivých žaberních obloucích a dorzálně se spojují ve dvě dorzální - **descendentní aorty**, pravostrannou a levostrannou. Obě aorty ve stadiu 12 (3.8 mm) splývají v jednotnou **aorta dorsalis** (Steding, Seidl a Christ, 1990).

Aortální oblouky se vyvíjejí značně nerovnoměrně a od 6. týdne prodělávají značné změny. U savců na levé straně 4. aortální oblouk se zvětšuje na úkor pravostranného oblouku. Levostranný 4. aortální oblouk vytvoří **arcus aortae**, z levé primitivní ascendentní aorty je **aorta ascendens**. Splynutím dvou primitivních dorzálních aort vznikají jednotná **aorta descendens** a **aorta abdominalis**. **Aorta descendens** vydává 3 druhy větví: parietální, viscerální a intermediální. Vývoj cév podléhá během embryonálního období značným změnám v závislosti na vývoji zásobovaných orgánů (např. změny v odstupu cév ledvin, končetin, ale i umbilikálních arterií). Ve třetím měsíci se sekundárně přímým pokračováním aorty stanou pravostranná a levostranná **a. iliaca communis** a kaudální aorta se přemění v **a. sacralis mediana**.

K histologické diferenciaci cév na tepny, žíly a vlasečnice dochází ve fylogenezi u vertebrat (Waren 1959). Tato diferenciaci jednotlivých složek cévní

stěny je ovlivňována funkcí, o čemž svědčí přestavba cév při experimentálně změněných podmínkách, jako je např. autotransplantace žíly v tepnu (Derblom a spol. 1962, Hejnal a spol. 1967, Kiene 1968) nebo struktura cév v monstrózním pokuse přírody u akardia. Aorta akardia je podle směru krve - ve srovnání s normálním plodem - periferní cévou, v níž změny tlakové amplitudy a rychlost proudu krve jsou odobné jako v tepně střední velikosti. Vlivem těchto podmínek se stěna aorty akardia vyvíjí v tepnu svalového typu (Benninghoff a Spanner 1929, Slípka a Kočová 1970).

Histogeneze aorty savců vychází z indiferentního stadia, kdy stěna je tvořena pouze endotelem (u člověka do 5. týdne vývoje). Kolem endotelového základu se postupně soustřeďují další mezenchymální buňky, ze kterých se diferencují fibroblasty a myoblasty (člověk do 9. týdne). Diferenciace stěny je doprovázena přibýváním retikulárních a kolagenních vláken a tvorbou elastických membrán (do 12. týdne). Od 4. měsíce lze rozlišit na aortě základ všech tří vrstev stěny - t.j. **tunica intima, tunica media a tunica adventitia** (Kočová a Tesař 1979). Vývoj jednotlivých elementů cévní stěny je studován nejen u člověka (Horká, Pohunková 1990, Kolpakov a spol. 1993, Sosa a spol. 1995), ale také u různých laboratorních zvířat: u opic, psa, králíka, vepře a myši (Sato a spol. 1994, Strong a spol. 1994, Song a spol. 1984, Sprinkle a spol. 1987, Davison 1986, David 1995) a u kytovců (Goslin, Shadwick 1996).

Seznam literatury

1. Benninghoff, A. - Spanner, R.: Das Gefäßsystem eines Akardies. Morph. Jb. 61, 1929, s. 380-408.
2. Davidson, J.M. - Hill, K.E. - Alford, J.L.: Developmental changes in collagen and elastin biosynthesis in the porcine aorta. Dev. Biol. Nov. 118, 1, 1986, s. 103-111.
3. Davis, E.C.: Elastic lamina growth in the developing mouse aorta. J. Histochem. Cytochem. Nov. 43, 11, 1995, s. 1115-1123.
4. Derblom, H. - Nylander, G. - Olerud, S.: The Effect of Arteriovenous Fistulae on the Biochemistry and Vascularization of the Vein Wall. Acta Societatis Medicorum Upsaliensis LXVII, 1962, s. 258-272.
5. Evans, H.M.: On the development of the aortae, cardinal and umbilical veins and the other blood vessels of vertebrate embryos from capillaries. Anat. Rec. 3, 1909, s. 498-518.
6. Gosline, J.M. - Shadwick, R.E.: The mechanical properties of fin whale arteries are explained by novel connective tissue design. J. Of Exp. Biol. 199, 1996, s. 985-997.
7. Hausmann, M.: Entstehung und Funktion von Gefäßsystem und Blut auf cellular - physiologischer Grundlage. Schwabe, Basel, 1935, s. 439-468.
8. Hejnal, J. - Krajíček, M. - Zástava, V.: Cévní náhrady. Praha, Academia 1967.
9. Horká, J. - Pohunková, H.: Elastogenesis in the Wall of the Human Thoracic Aorta. Folia Morphologica 38, 1, 1990, s. 38-43.
10. Kapeller, K. - Pospíšilová, V.: Embryologie člověka. Osveta, Martin, 1991.
11. Kapeller, K. - Pospíšilová, V.: Atlas of Embryology. Osveta, Martin, 1996.
12. Kiene, S.: Das autologe Venentransplantat, eine Einheilung und Adaptatio als Venen - und Arterienersatz. Zeit. F. Exp. Chirurgie u. Chir. Forsch. 7, 1968, s. 96-135.
13. Kočová, J., Tesař, Z.: The development of the vascular system in man. COR VASA 21, 1979, s. 124-127.
14. Kolpakov, V.A. - Rekhter, M.D. - Peretiakko, L.P. - Kulida, L.V. - Mironov, A.A.: A

- comparative ultrastructural and morphometric analysis of the smooth myocytes in the tunica intima and media of the human fetal aorta. *Morfologija*, Mar.-Apr. 104, 3-4, 1993, s. 80-87.
15. Sato, F. - Shimada, T. - Kitamura, H. - Campbell, G.R. - Ogata, J.: Changes in morphology of elastin fibers during development of the tunica intima of monkey aorta. *Heart Vessels* 9, 3, 1994, s. 140-147.
 16. Steding, G. - Seidl, W. - Christ, B.: Cardiovasculäres System. In: *Humanembryologie* Hrsg.: Hinrikhsen, K.V., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1990
 17. Slípka J. - Kočová J.: Absence of umbilical artery in malformed MZ twins. *Acta Genet. Med. Gemellol.* 4, 1970, s. 567-574.
 18. Song, S.H. - Roach, M.R.: Comparison of fenestrations in internal elastic laminae of canine thoracic and abdominal aortas. *Blood Vessels* 21, 2, 1984: 90-97.
 19. Sosa-Melgarejo, J.A. - Berry, C.L.: Myoendothelial contacts in the human fetal aorta. *Arch. Med. Res. Winter* 26, 4, 1995, s. 431-435.
 20. Sprinkle, D.J. - Rymaszewski, Z. - Bydlowski, S. - Stevens, C. - Yunker, R. - Subbiah, M.T.: Studies on aorta during development. II. Differences in ontogeny of the key enzymes involved in cholesteryl ester synthesis and hydrolysis in rabbit aorta. *Atherosclerosis Sep.* 67, 1, 1987, s. 71-80.
 21. Staubesand, J.: Anatomie der Blutgefäße. I. Funktionelle Morphologie der Arterien, Venen und Arterio-venösen Anastomosen. In: *Angiologie*, herausgegeben von Ratschow, M., G. Thieme Verlag, Stuttgart 1959, s. 23-72.
 22. Staubesand, J.: Bau und Funktion der Blut- und Lymphgefäße. In: *Makroskopische und Mikroskopische Anatomie des Menschen* Hrsg. Von K. Fleischhauer. Urban u. Schwarzenberg. München, 1985.
 23. Strong, J.P. - Bhattacharyya, A.K. - Eggen, D.A. - Stary, H.C. - Malcom, G.T. - Newman, W.P. 3rd - Restrepo, C.: Long-term induction and regression of diet-induced atherosclerotic lesions in rhesus monkeys. II. Morphometric evaluation of lesions by light microscopy in coronary and carotid arteries. *Arterioscler. Thromb.* 14, 12, 1994, s. 2007-2016.
 24. Vacek, Z.: *Embryologie pro pediatrii*. Avicenum, Praha, 1987.
 25. Warren, A.: *Textbook of Comparative Histology*. New York, Oxford University Press, Rivers of Life, 1959, s. 316-355.