Fiziologija srca i krvožilnog sustava žirafe (Giraffa camelopardalis L.)

Papković, Dora

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:443855

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

BIOLOŠKI ODSJEK

FIZIOLOGIJA SRCA I KRVOŽILNOG SUSTAVA ŽIRAFE (Giraffa camelopardalis L.)

CARDIOVASCULAR SYSTEM AND HEART PHYSIOLOGY IN GIRAFFE (Giraffa camelopardalis L.)

SEMINARSKI RAD

Dora Papković

Preddiplomski studij biologije

(Undergraduate Study of Biology)

Mentor: doc.dr.sc. Zoran Tadić

Zagreb, 2014.

SADRŽAJ

1. UVOD…… 1

2. GRAĐA SRCA I KRVNIH ŽILA SISAVACA…… 2

2.1. Srce……... 2

2.2. Krvne žile……. 4

3. DODATNE PRILAGODBE ŽIRAFE……... 7

3.1. Prilagodbe vrata……...…… 7

3.2. Prilagodbe krvnih žila…….…… 8

3.3. Prilagodbe srca…….…….….. 11

3.4. Prilagodbe bubrega…….….. 12

4. LITERATURA……..……. 15

5. SAŽETAK……..…… 16

6. SUMMARY……..……..….. 16

1.UVOD

Prvi put opisana od strane Carla Linnaeusa 1758.godine, žirafa (*Giraffa camelopardalis L.)* je najviša živuća životinja, sisavac (razred Mammalia, koljeno Chordata) koji spada u red Artiodactyla, podred Ruminantia. Naseljava aridno tlo, pašnjake i savane Afrike gdje se hrani cvijećem, sjemenkama, voćem i lišćem s visokih stabala, najčešće akacije. Žirafa živi u stadima od po 10-20 jedinki, iako su po pitanju organizacije fleksibilne pa stada mogu biti i veća ili manja, a moguć je i prijelaz iz jednog stada u drugo.

U žirafe, ljude je isprva zainteresirao njen vrlo dug vrat, njena najuočljivija prilagodba na okoliš i prehranjivanje, te ih potaknuo na istraživanja načina i razloga takve prilagodbe te različitih drugih modifikacija koje su ju omogućile.

Žirafa je poslužila Jean-Baptiste Lamarcku, francuskom biologu, da početkom 19.stoljeća u svojim radovima iznese jednu od teorija evolucije danas poznatu pod nazivom lamarkizam. On je smatrao da se značajke koje organizam stekne tijekom života mogu prenositi na potomstvo, te je za primjer uzeo žirafe kojima se tijekom evolucije vrat produživao do današnje duljine. Po Lamarcku, produljivanje vrata prilagodba je na prehranu lišćem s visokog drveća te se takva prilagodba mogla prenijeti na potomstvo i vrat se mogao postupno produljivati iz generacije u generaciju. Nastanak dugog vrata kod žirafe ipak nije posljedica toga, već, po Darwinu, posljedica prirodne selekcije u kojoj su žirafe s duljim vratom, prilagođenije na prehranjivanje, imale veću mogućnost za preživljavanje i bile prilagođenije uvjetima života te je takva osobina favorizirana u evoluciji i postala sve češća i dominantna. Unatoč tome što je Darwinova teorija evolucije pobila lamarkizam, Lamarckova ideja bila je vrlo korisna kao početak drukčijeg načina razmišljanja te kao ideja koja je potaknula druge znanstvenike da počnu detaljnije proučavati odnos organizama i njihovog okoliša tijekom njihovog povijesnog razvoja.

Današnja istraživanja prilagodbi krvožilnog sustava žirafe mogla bi biti korisna u liječenju ljudskih bolesti krvožilnog sustava, primarno hipertenzije.

Hipertenzija ili povišeni arterijski krvni tlak je primarno bolest kardiovaskularnog sustava, tj. krvnih žila i srca, ali tijekom svog razvoja često može utjecati na bubrege i mozak te dovesti do teških oštećenja organa i progresije raznih drugih bolesti (Sušić i Frohlich, 2011.).

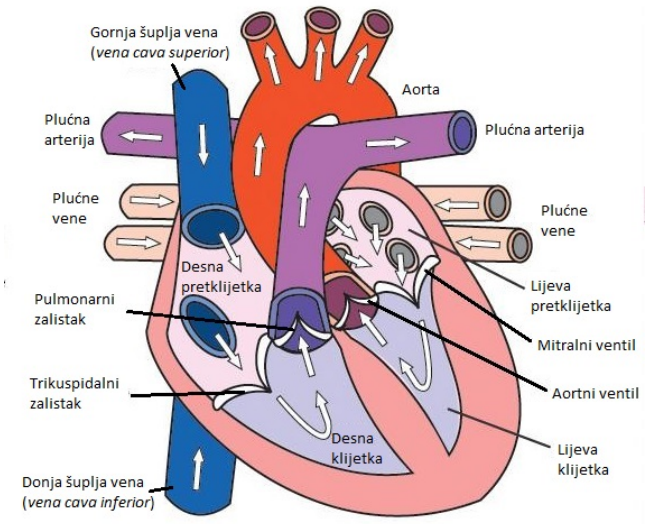
2. GRAĐA SRCA I KRVNIH ŽILA SISAVACA

Krvožilni sustav sisavaca vrlo je razvijen i efikasan te omogućuje endotermiju, održavanje stalne tjelesne temperature neovisne o temperaturi okoliša za što koriste većinu energije (Bennett i Ruben, 1979).

2.1. Srce

Srce sisavaca je četverodijelno, smješteno u prsnoj šupljini perikarda. Perikard je serozna ovojnica koja obavija srce i početne dijelove velikih krvnih žila. Sastoji se od dva sloja: vanjski ili fibrozni te unutarnji ili serozni sloj. Kod seroznog sloja perikarda razlikujemo parijetalni list i visceralni list ili epikard.

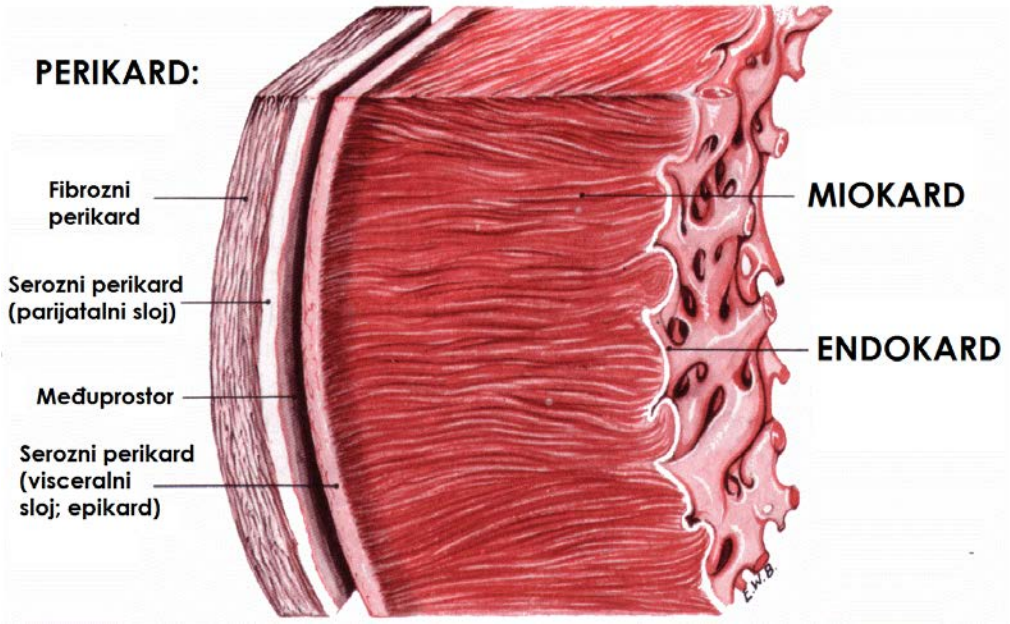
Srce se sastoji od dvije pretklijetke i dvije klijetke. Između lijeve i desne strane srca nalazi se pregrada koja potpuno odvaja strane srca te ne dolazi do miješanja arterijske i venske krvi. Na prijelazima iz pretklijetke u klijetku nalaze se suženja ventili sprječavaju povratak krvi u pretklijetke: trostruki (trikuspidalni) s desne strane srca građen je od tri zaliska, a dvostruki (bikuspidalni, mitralni) s lijeve strane građen je od dva zaliska. Između klijetki i arterija koje izlaze iz srca nalazi se po jedan polumjesečasti (semilunarnj) ventil: na prijelazu iz lijeve klijetke u aortu aortni ventil ili zalistak, a na prijelazu iz desne klijetke u plućnu arteriju pulmonalna ventil ili zalistak (sl.1.).



Slika 1. Anatomija srca sisavaca

(preuzeto i prilagođeno s http://www.studyblue.com/notes/note/n/structure-of-heart-/deck/11369164)

Srčana stijenka građena je od tri sloja: vanjski epikard, srednji miokard i unutarnji endokard (sl.2.). Epikard je visceralni dio perikarda, serozne ovojnice srca. Čini ga sloj epitelnih stanica na vezivnom tkivu i služi za zaštitu srca izvana.



Slika 2. Slojevi srčane stijenke
(preuzeto i prilagođeno s http://histologyolm.stevegallik.org/node/347)

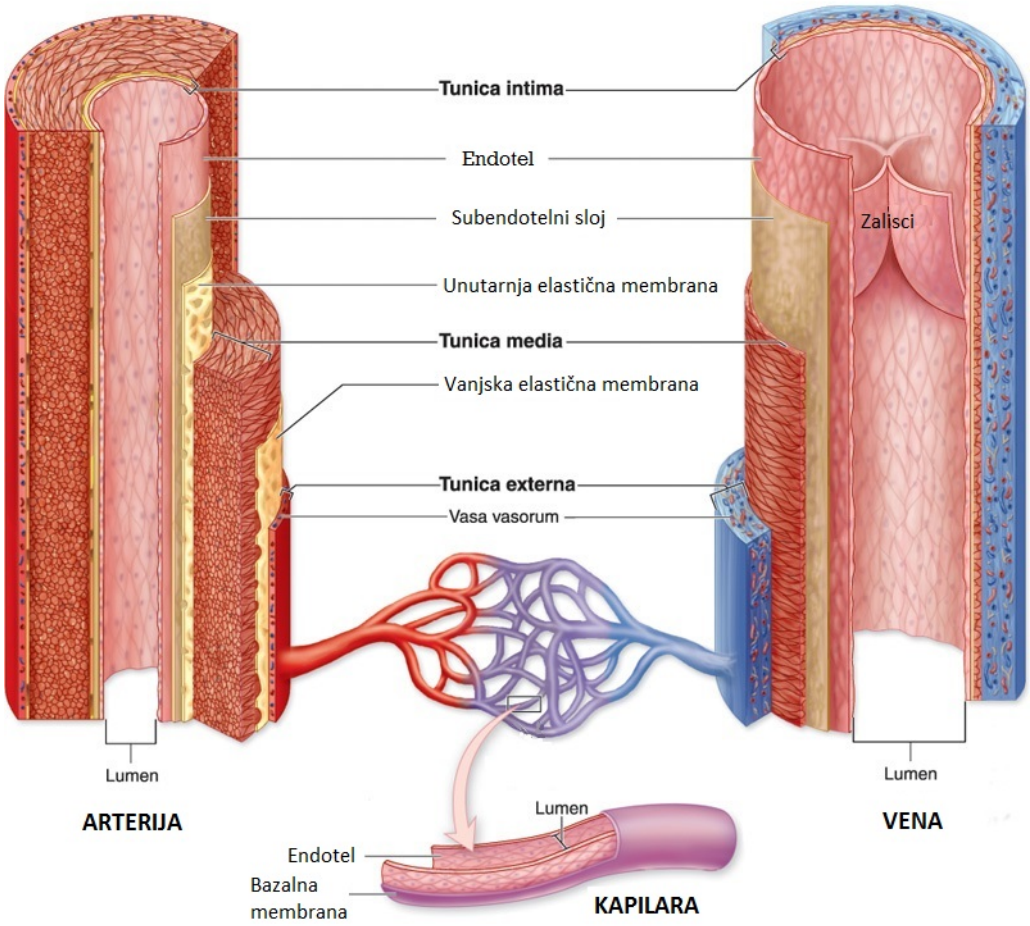
Miokard sadrži kontraktilne elemente srca, slojeve vlakana srčanog mišićnog tkiva koja se kontrahiraju pod utjecajem autonomnog živčanog sustava. Miokard je funkcionalno najbitniji dio srca te debljina srčane stijenke najviše ovisi o debljini miokarda: kod lijeve klijetke, koja mora pumpati krv u cijeli sistemski optok, miokard je deblji nego u ostalim dijelovima srca jer je potrebna najveća snaga mišićnih kontrakcija za proizvodnju visokog krvnog tlaka koji će efikasno prenijeti krv do svih organa.

Endokard je građen od stanica endotela te osim srca oblaže iznutra i ostale tjelesne šupljine te je u kontinuitetu s ostalim endotelima (npr.probavni).

Samo srce hranjivim tvarima i kisikom opskrbljuju koronarne arterije, dvije grane uzlazne aorte (*aorta ascendens*). Dvije su koronarne arterije, desna (*arteria coronaria dextra*) i lijeva srčana arterija (*a. coronaria sinistra*). One teku srčanim žlijebom te se u njemu granaju i opskrbljuju sve dijelove srca: pretklijetke, klijetke, SA i AV čvor te intraventrikularne septume.

2.2. Krvne žile

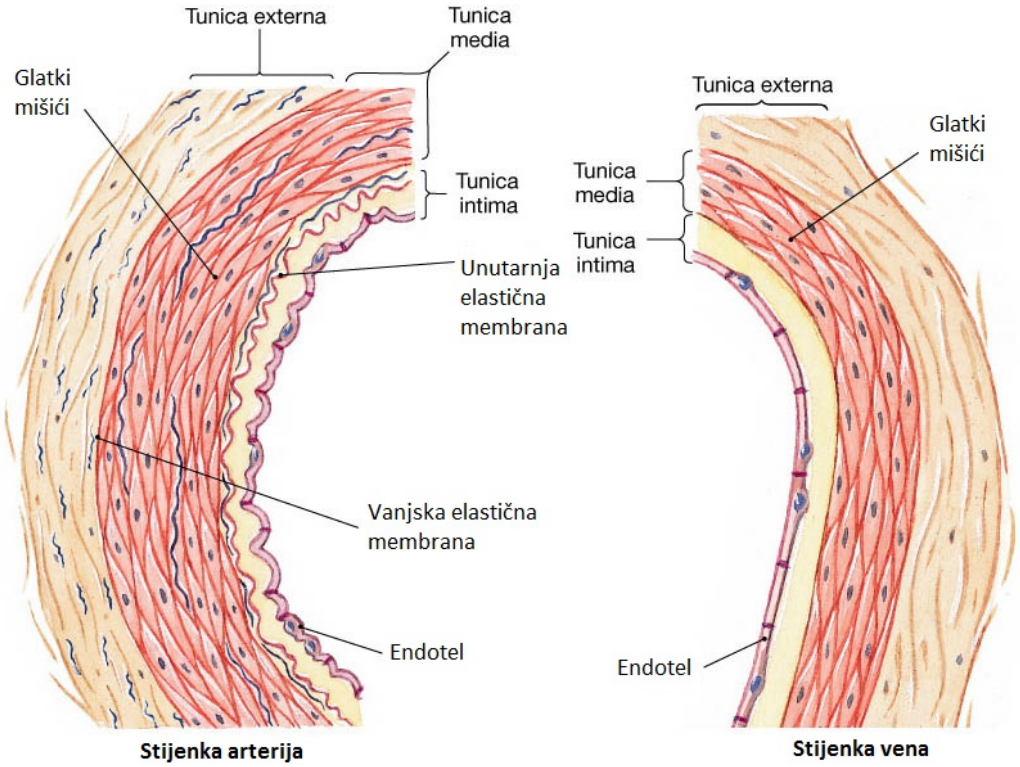
Veće krvne žile građene su od troslojne stijenke unutar koje je šupljina. Stijenka može biti različite debljine ovisno o položaju i funkciji krvnih žila. Vanjski sloj stijenke naziva se *tunica adventitia* i građena je od vezivnog tkiva, srednji sloj je *tunica media* građena od glatkih mišićnih stanica s vlaknima vezivnog tkiva, a najbliže šupljini je *tunica intima* građena od jednog sloja endotelnih stanica koje prekriva subendotelni sloj građen od rahlog vezivnog tkiva. Intimu i mediu dijeli unutrašnja elastična membrana (*membrana elastica interna*) s otvorima za prolaz hranjivih tvari, a mediu i adventitiju dijeli vanjska elastična membrana (*membrana elastica externa*) (sl.3.).



Slika 3. Građa krvnih žila

(preuzeto i prilagođeno s http://www.nvasi.com/blood-vessels-structure)

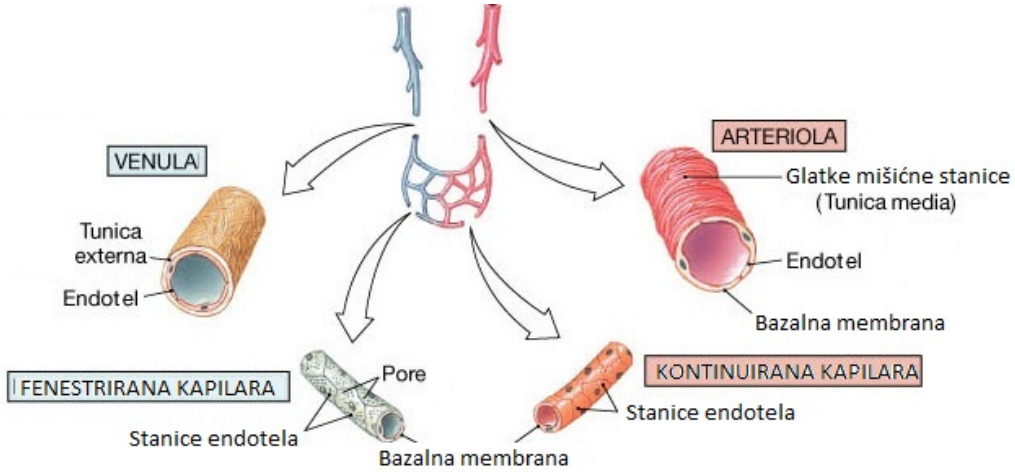
Općenito je moguće razlikovati arterije i vene po građi. Stijenka arterija deblja je od stijenke vena, poglavito zbog zadebljanja tunice medie zbog povećanja količine mišićnih stanica i elastičnih vlakana potrebnih za otpor visokom tlaku pod kojim prolazi arterijska krv (sl.4.). Arterije mogu biti mišićne, sa većim udjelom glatkih mišića u tunici mediji, ili elastične, s većim udjelom elastičnih vlakana. Kod stijenke arterija endotel je naboraniji u odnosu na endotel vena. Također, s obzirom da je krvni tlak niži u venama u odnosu na arterije, vene imaju zaliske (sl.3.) koji su po građi invaginacije tunice intime, a služe, kao i kod srca, za osiguravanje toka krvi u pravom smjeru.



Slika 4. Razlika u debljini stijenki arterija i vena
(preuzeto i prilagođeno iz
http://droualb.faculty.mjc.edu/Lecture%20Notes/Unit%204/cardiovascular-blood%20vessels%20with%20figures.htm)

Arteriole su u promjeru značajno manje od mišićnih arterija. One gotovo i nemaju tunicu externu, a udio glatkih mišića u tunici mediji je smanjen. Arteriole kontroliraju protok krvi između arterija i kapilara. Venule su po građi sličnije širim kapilarama. Često nedostaje tunica media, a kad je prisutna sadrži samo nekoliko mišićnih stanica i takve se venule nazivaju mišićnim venulama.

Kapilare kao najmanje krvne žile građene su od tankog sloja stanica endotela na bazalnoj lamini i čine poveznicu između arteriola i venula preko intersticijske tekućine i organa koje opskrbljuju kisikom i hranjivim tvarima iz arteriola, a u venule odnose ugljikov dioksid i produkte za ekskreciju. Kapilare mogu biti kontinuirane, u kojima su stanice endotela spojene čvrstim spojevima, fenestrirane sa porama u stanicama endotela za bržu izmjenu tvari, i sinusoide koje su diskontinuirane, sa pukotinama između stanica endotela koje omogućuju vrlo brzu izmjenu tvari (sl.5.).

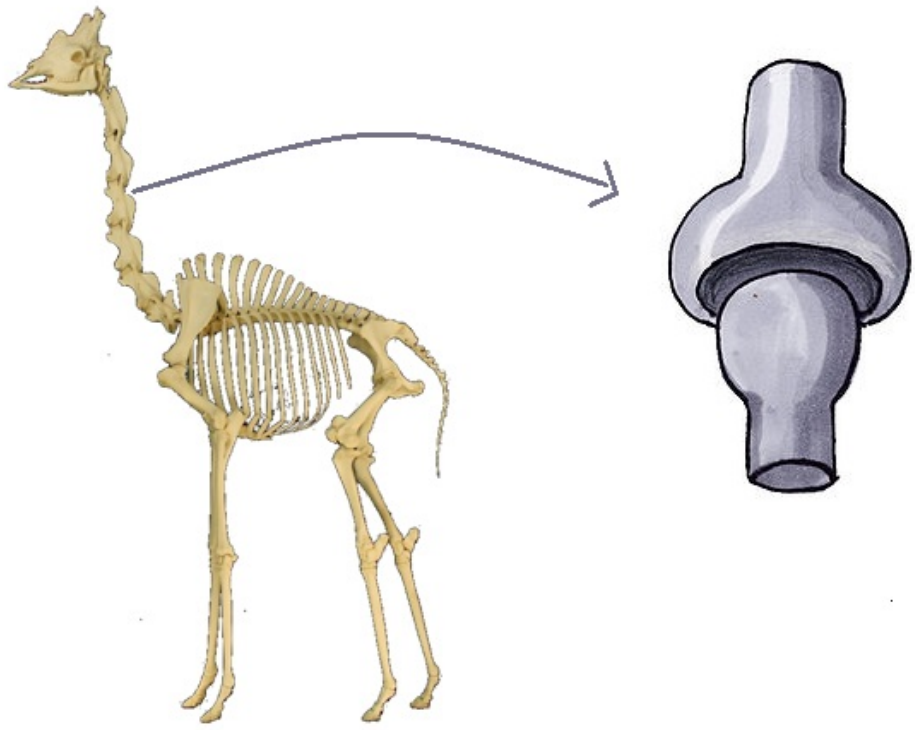


Slika 5. Građa venula, arteriola i kapilara (http://droualb.faculty.mjc.edu/Lecture%20Notes/Unit%204/cardiovascular-blood%20vessels%20with%20figures.htm)

3. DODATNE ANATOMSKE I FIZIOLOŠKE PRILAGODBE ŽIRAFE

3.1. Prilagodbe vrata

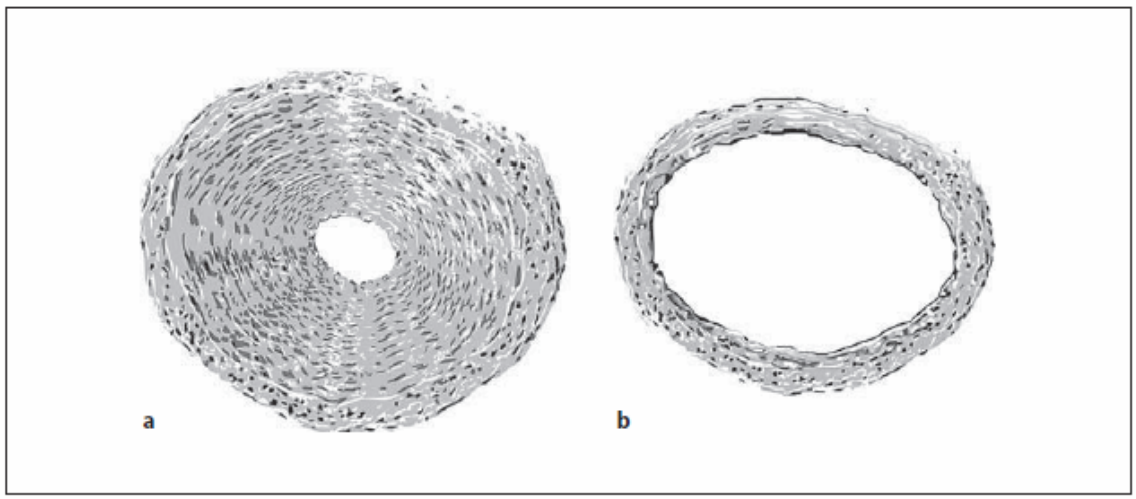
Kod tek rođenih žirafa arterijski tlak sličan je onome drugih sisavaca jer još nije došlo do potpune elongacije vrata. Žirafe, poput većine ostalih sisavaca, imaju sedam vratnih kralježaka. Ti se kralješci tijekom razvoja u odraslu jedinku produljuju i do 25 centimetara. Veliku savitljivost žirafinog vrata u svim smjerovima omogućuju kuglasti zglobovi koji spajaju kralješke (sl.6.). Osim svih vratnih, kod žirafe su kuglastim zglobom spojena i prva dva prsna kralješka što joj daje dodatnu savitljivost, a izvana je ovakva prilagodba vidljiva kao mala grba pri dnu vrata. Savitljivost povećava i zglob koji povezuje lubanju i vratne kralješke.



Slika 6. Kostur žirafe i kuglasti zglob kakav spaja prvih devet kralježaka
(obje slike en.wikipedia.org)

3.2. Prilagodbe krvnih žila

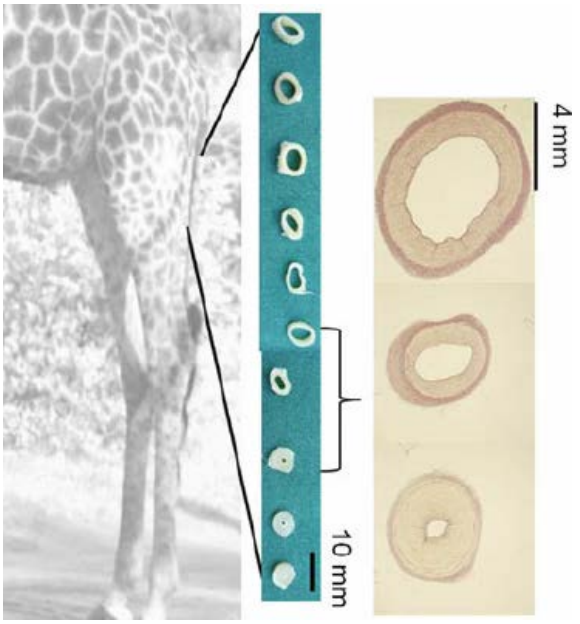
S obzirom da su najviše živuće životinje, odraslim žirafama je prosječan arterijski tlak dvostruko veći nego u ostalih životinja. U nastanku visokog tlaka sudjeluje i hidrostatski tlak koji značajno povećava arterijski tlak dijelova tijela daljih od srca: npr., s obzirom da je arterijski tlak u kopitu zbroj prosječnog arterijskog tlaka i hidrostatskog tlaka stupca krvi od srca do kopita, arterijski tlak u kopitu je vrlo visok u odnosu na dijelove tijela bliže srcu. Kao posljedica vrlo visokog tlaka koji djeluje na stijenke krvnih žila, arterije u nogama i donjem dijelu tijela imaju znatno podebljan mišićni sloj stijenke žila, tunicu mediu, a smanjen lumen u odnosu na arterije iznad razine srca (sl.7.). Povećanje debljine stijenke organa naziva se hipertrofija. Takva prilagodba povećava čvrstoću stijenke koja mora izdržati veliki arterijski tlak, a zbog smanjenog lumena protok krvi je ograničen te lakše reguliran. Kod ostalih sisavaca periferni otpor određen je samo otporom u perifernim arteriolama, a žirafe kao dodatni faktor smanjivanja ukupnog perifernog otpora imaju i promijenjenu građu stijenke samih arterija.



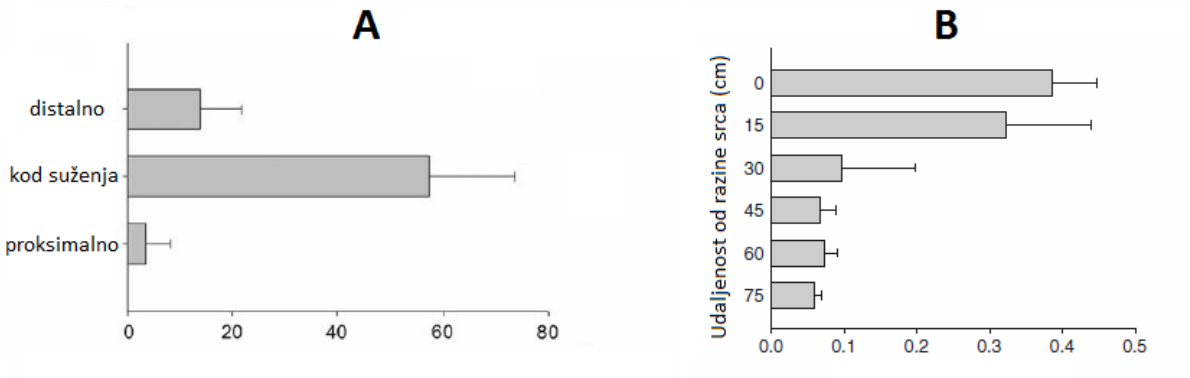
Usporedba arterija s približno istim promjerom a) u nozi (ogranak posteriorne tibijalne arterije) i b) u glavi (ogranak karotidne arterije) u žirafe. Stijenka tibijalne arterije je oko sedam puta deblja od stijenke karotidne arterije, a lumen je oko šest puta manji. Protok krvi kroz obje krvne žile je jednak, a arterijski tlak je otprilike 500 mmHg u nozi i 100 mmHg u glavi.

Slika 7. Usporedba arterija sličnog promjera a) u nozi (ogranku posteriorne tibijalne arterije) i b) u glavi (ogranak karotidne arterije) žirafe
(preuzeto i prilagođeno iz Sušić i Frohlich, 2011.)

U istraživanju iz 2010.g. koje je provela grupa danskih znanstvenika predvođena K. H. Østergaard i T.Wangom uočeno je naglo značajno suženje tibijalne arterije 2-4 cm ispod koljena (sl.8.). To suženje tretirano je antitijelima S100 za imunohistokemijsku detekciju živaca i otkrivena je puno veća inervacija arterije kod suženja u odnosu na inervaciju distalnih dijelova arterije (sl.9.). Osim toga, ispod područja suženja otkriven je nagli pad udjela elastina u tunici mediji, sa prosječnih 38% u dijelovima arterija bližima srcu na 6% u distalnim dijelovima (sl.9.) (Hovkjær Østergaard, K. i sur., 2011).



Slika 8. Naglo suženje lumena tibijalne arterije u nozi žirafe
(preuzeto i prilagođeno iz Østergaard i sur., 2010.)

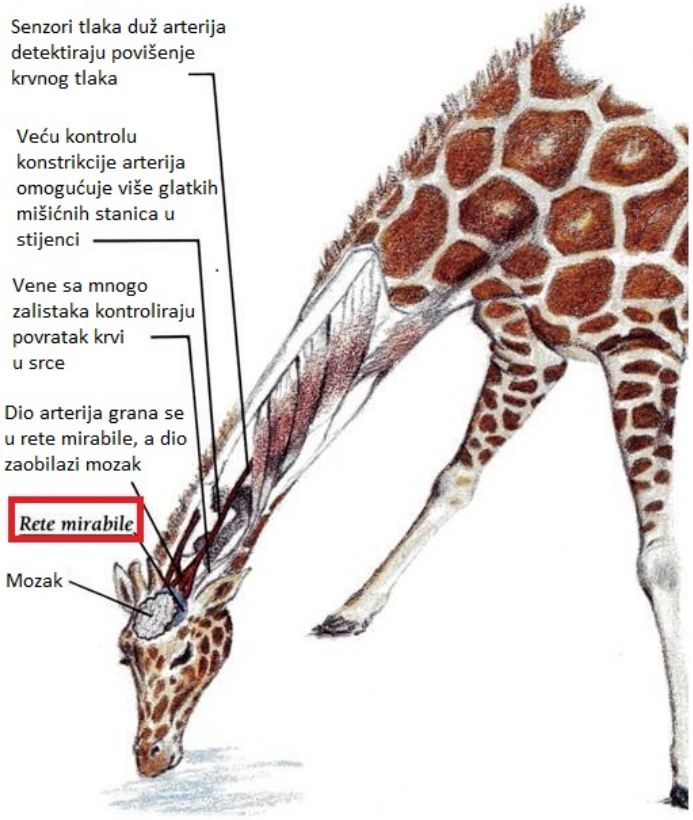


Slika 9. A) inervacija arterije kod suženja u odnosu na druge dijelove arterija ; B) udio elastina u tunici mediji (x os) ovisno o udaljenosti od srca (y os) (preuzeto i prilagođeno iz Østergaard i sur., 2010.)

Povećana inervacija i elastičnost suženja ukazuju na prisutnost strukture slične sfinkteru koja bi mogla regulirati širinu lumena, a time i arterijski tlak u nogama. Ova se struktura ipak ne naziva sfinkterom, jer suženje lumena nije lokalno, već se nastavlja sve do kopita, a lumen cijelom dužinom ostaje cirkularan. Ovo suženje uočeno je i u fetalnim stadijima te u novorođenčadi žirafa što ukazuje na to da ova anatomska prilagodba nije nastala kao posljedica visokog tlaka, već je preadaptacija na tlak.

Uočeno je i da se količina manjih krvnih žila koje opskrbljuju stijenku većih (lat.*vasa vasorum*) povećava s povećanjem debljine tunice medie koju one opskrbljuju kisikom i hranjivim tvarima.

Da bi se spriječio nagli pad krvnog tlaka pri saginjanju glave žirafe, dvije karotidne arterije se prije dolaska do mozga granaju i tvore *rete mirabile*, razgranatu mrežicu manjih krvnih žila koja opskrbljuje sam mozak (sl.10.). Stijenke tih žila su elastične te se pri saginjanju glave stijenka i lumen krvnih žila šire i sprječavaju prebrz protok krvi prema mozgu.

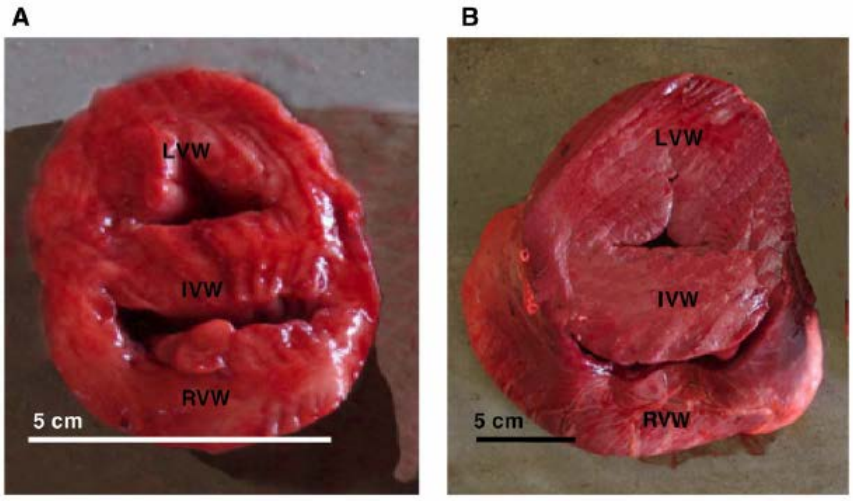


Slika 10. Rete mirabile, mrežica krvnih žila smještena oko mozga (preuzeto i prilagođeno iz http://www.ncseprojects.org/book/export/html/1703)

Pri podizanju glave regulaciji krvnog tlaka pomaže anastomoza između karotidnih i vertebralnih arterija i povećan krvni tlak u žilama koje sudjeluju u cerebralnom optoku krvi. Anastomoza usmjerava arterijsku krv iz karotidnih arterija u cerebralni optok krvi te mozak ne ostaje bez kisika i hranjivih tvari, a povećani tlak posljedica je otjecanja venske krvi iz mozga u čvršće vertebralne vene s debljim stijenkama (Mitchell i Skinner, 2009.).

3.3. Prilagodbe srca

Srce žirafe nije značajno veće od srca drugih sisavaca – teži 0,51%±0,7% mase same životinje, kao i u ostalih sisavaca. Količina krvi koju lijeva klijetka izbaci u aortu u minuti, tzv. minutni volumen srca, također se ne razlikuje od ostalih sisavaca. Usprkos tome, srce žirafe sposobno je stalno i efikasno opskrbljivati krvlju sve dijelove tijela usprkos visokom tlaku i velikim putovima koje krv mora proći do najudaljenijih dijelova tijela. To mu omogućuje hipertrofija stijenki lijevog ventrikula i interventrikularnog septuma koja se događa paralelno s produljivanjem vrata i hipertrofijom tunice medie arterija. Stijenke postupno počinju zadebljavati nakon rođenja žirafe (sl.11.) (Mitchell i Skinner, 2009.). Kao rezultat hipertrofije stijenke lijevog ventrikula, dolazi do smanjenja udarnog volumena, a kao posljedica toga povećava se frekvencija otkucaja srca da bi minutni volumen srca ostao jednak (Mitchell i Skinner, 2009.).



Slika 11. Poprečni prerez kroz sredinu ventrikula A) fetusa od 30 kg i B) odrasle muške jedinke od 1300 kg, vidljiva hipertrofija stijenki kod odrasle jedinke; LVW=stijenka lijeve klijetke, RVW=stijenka desne klijetke, IVW=intraventrikularna stijenka (preuzeto i prilagođeno iz Mitchell i Skinner, 2009.)

3.4. Prilagodbe bubrega

Za zaštitu bubrega od prevelikog arterijskog tlaka u žirafe ne dolazi do povećane glomerularne filtracije, već do povećanja intersticijskog hidrostatskog tlaka u parenhimu bubrega što smanjuje ukupni arterijski tlak i sprječava oštećenja bubrega (Bie i sur., 2012.). Do povećanja intersticijskog hidrostatskog tlaka dolazi zbog povećanja volumena intersticija, a to za posljedicu ima smanjenje reapsorpcije natrija te povećanje ekskrecije natrija i vode. S obzirom da žirafa od oko 1000 kg, dnevno može pojesti i oko 34 kg lišća akacije koje sadrži 60% vode (Maluf, 2002.), bez mehanizma za sprječavanje detaljne filtracije i reapsorpcije tvari, žirafin bubreg bi ubrzo postao preopterećen te bi uslijedila razna oštećenja.

4. LITERATURA

Bennett A.F. i Ruben J.A. (1979): Endothermy and Activity in Vertebrates, *Science* **206**:649-654

Bie P., Grøndahl C., Bertelsen M.F., Hørlyck A., Hasenkam J.M., Wang T., Brøndum E.T., Candy G., Kristensen B.A. (2012): Renal hemodynamics in the anesthetized giraffe, *FASEB Journal* **26**:1069.5

Dagg A.I. (2014): Giraffe: Biology, Behaviour and Conservation. Cambridge University Press, New York

Folkow B. (1982): Physiological aspects of primary hypertension. *Physiological* Reviews **62**:347-504

Guyton A.C. (1978): Temelji fiziologije čovjeka. Jumena, Zagreb, str.219.-225.

Hovkjær Østergaard K., Bertelsen M.F., Brøndum E.T., Aalkjær C., Hasenkam J.M., Smerup M., Wang T., Nyengaard J.R., Baandrup U. (2011): Pressure profile and morphology of the arteries along the giraffe limb. *Journal of Comparative Physiology B* **181**:691–698

Junqueira L.C., Carneiro J. (2005): Osnove histologije. Školska Knjiga d.d., Zagreb, str.215.-231.

Maluf, N.S.R. (2002): Kidney of Giraffes, *The Anatomical Record* **267**:94-111

Mitchell G., Skinner J.D. (2009): An allometric analysis of the giraffe cardiovascular system. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* **154**:523–529

Siegwarth J.D., Smith C.N., Redman P.D. (2011): An alternative sauropod physiology and cardiovascular system that eliminates high blood pressures, *Lethaia* **44**:46–57

Singer M.A. (2011): Insights into Biomedicine from Animal Adaptations, *American Physiological Society* **1**:2063-2081

Sušić D., Frohlich E.D. (2011): Hypertensive Cardiovascular and Renal Disease and Target Organ Damage: Lessons from Animal Models. *Cardiorenal Medicine* **1**:139–146

Carretero, O.A., Oparil, S. (2000): Essential hypertension Part 1: Definition and Etiology. *Circulation* **101**:329-350

5.SAŽETAK

U moderno doba bolesti kardiovaskularnog sustava glavni su uzrok smrti na svijetu. Načine sprječavanja i tretmana tih bolesti moguće je pronaći kod životinja kojima su ono što mi nazivamo poremećajima često normalna, ali savršeno kontrolirana stanja.

U ovom radu kao izvrstan primjer kontrole utjecaja ekstremnog krvnog tlaka na mnoge organske sustave opisujem žirafu, afričkog sisavca iznimno dugačkog vrata zbog kojeg je morala razviti razne mehanizme regulacije tlaka. Hipertrofija krvnih žila i srca, stanje koje je kod žirafe uobičajeno, kod ljudi je ozbiljan problem uglavnom nastao kao posljedica hipertenzije, visokog krvnog tlaka. Primjer žirafe ukazuje na to da je takva stanja moguće regulirati i spriječiti njihovu progresiju i oštećenja drugih organa, te bi se s daljnjim istraživanjima na tom području moglo napredovati u borbi protiv bolesti srca i krvnih žila.

6.SUMMARY

In the modern age, cardiovascular diseases are the main cause of death worldwide. Ways of preventing and treating cardiovascular diseases can be found amongst various animals' cardiovascular conditions that, in a specific animal's body, are normal, but in human body are considered to be diseases.

In this work as an excellent example of controlling the impact of an extremely high blood pressure on many organ systems I present giraffe, an African mammal with an extremely long neck which is the reason why giraffes developed various blood pressure regulation mechanisms.

Heart and blood vessels' wall hypertrophy, the usual condition in giraffes, is considered to be a big problem in the human cardiovascular system and is usually a consequence of hypertension, high blood pressure. The giraffe example shows us that those kinds of conditions can be regulated and their progression and impact on other organs stopped.
Further research in that area could help in the fight against cardiovascular diseases.