

Sveučilište u Zagrebu
Veterinarski fakultet

Sanja Horvat i Martina Sakač

Arterijski vod (ductus arteriosus) i ovalni otvor (foramen ovale) u
dobrog dupina (*Tursiops truncatus*)

Zagreb, 2011.

Ovaj rad izrađen je u Zavodu za anatomiju, histologiju i embriologiju pod vodstvom doc. dr. Martine Đuras Gomerčić i dr. sc. Tomislava Gomerčića u sklopu znanstveno-istraživačkog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske "Zdravstvene i biološke osobitosti populacija morskih sisavaca u Jadranu" (053-0533406-3640) i predan je na Natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2010/2011.

Sadržaj rada

Uvod	1
Opći i specifični ciljevi rada	3
Materijal i metode	4
Rezultati	5
Rasprava	8
Zaključci	9
Zahvala	10
Literatura	11
Sažetak	13
Summary	14
Životopis	15

Uvod

Anatomija krvožilnog sustava ploda razlikuje se od one u rođenih sisavaca. Te razlike su izravna posljedica izmjene plinova u posteljici tijekom prenatalnog života u odnosu na izmjenu plinova u plućima rođenih sisavaca. Krv bogata kisikom teče pupčanom venom (v. umbilicalis) iz posteljice, prolazi kroz jetru putem venskog voda (ductus venosus) u stražnju šuplju venu (v. cava caudalis). Krv zatim prolazi iz stražnje šuplje vene u desnu klijetku, a neposredno nakon ušća kroz ovalni otvor (foramen ovale) prelazi u lijevu pretklijetku. Ovo otvaranje završnog dijela stražnje šuplje vene preko ovalnog otvora omogućuje izravnu vezu desne s lijevom stranom srca. Opisane specifičnosti fetalnog krvotoka uočene su i u kitova (Cetacea) (MACDONALD i sur., 2007.).

Zbog većeg krvnog tlaka u desnom atriju u odnosu na lijevi atrij i tanke međupretklijetne srčane pregrade (septum interatriale cordis) krv u fetalnom srcu prolazi iz pupčane vene i stražnje šuplje vene iz desne pretklijetke preko ovalnog otvora u lijevu pretklijetku. Nakon toga krv bude potisnuta preko lijevog atrioventrikularnog otvora (ostium atrioventriculare sinistrum) u lijevu klijetku srca i iz nje u aortu koja svojim granama opskrbljuje cijelo tijelo (RÜSSE i SINOWATZ, 1998.). Jedan dio krvi iz desne pretklijetke prolazi preko desnog atrioventrikularnog otvora (ostium atrioventriculare dextrum) u desnu klijetku, te odlazi putem plućnog debla (truncus pulmonalis) u pluća. Plućno deblo spojeno je putem arterijskog voda s aortom i ovdje krv može prijeći u aortu, dok plućne arterije prije samog rođenja imaju nutritivnu funkciju. Vraćanje fetalne krvi u posteljicu preuzimaju parne pupčane arterije (aa. umbilicales). Neposredno nakon poroda, kada novorođenče počne disati, dolazi do kontrakcije tunike medije u području arterijskog voda. Istovremeno dolazi do promjene tunike intime koja potpuno zatvara lumen voda. Lumen voda obliterira u prvom tjednu nakon poroda kod domaćih životinja. Ako lumen arterijskog voda ostane otvoren (ductus arteriosus persistens), nastaju poremećaji u krvotoku. Naime, ostaje stalna veza između plućne arterije i aorte pa se krv bogata kisikom iz aorte miješa s krvlju siromašnom kisikom iz plućne arterije. Ovisno o veličini voda, lijeva srčana klijetka je stalno prepunjena, što može dovesti do njezine dilatacije. Kod auskultacije čuje se karakteristični kontinuirani šum na desnoj i na lijevoj strani srca. Šum se čuje kroz cijeli srčani ciklus, a najbolje je čujan u predjelu trećeg međurebrenog prostora. Životinje ne podnose napore i imaju kratki dah ili katkada jaku dispneju. Kao posljedica miješanja oksigenirane i deoksigenirane (arterijske i venske) krvi pojavljuje se nedostatak kisika u perifernoj arterijskoj krvi. Liječenje se sastoji u operativnom zatvaranju arterijskog voda (KÖNIG i LIEBICH, 2009.).

Ovalni otvor, spoj između lijeve i desne pretkljetke u fetalnom krvotoku, zatvara se nakon poroda u domaćih životinja. Njegov ostatak dobro je vidljiv u desnoj pretkljetki. Između ušća prednje i stražnje šuplje vene nalazi se međuvenska kvrga (tuberculum intervenosum) koja usmjeruje tok krvi kroz desni atrioventrikularni otvor i sprječava vrtloženje krvi. Kaudalno od međuvenske kvрге u blizini ušća stražnje šuplje vene na intraatrijalnoj pregradi nalazi se ovalna jama (fossa ovalis) (KÖNIG i LIEBICH, 2009.; GÜNTHER, 1995.).

Malo je istraživanja koja se bave ostacima fetalnog krvotoka u rođenih morskih sisavaca, no poznato je da se ovalni otvor i arterijski vod zatvaraju puno kasnije nego u kopnenih sisavaca (SLIJPER, 1961., MACDONALD i sur., 2007.). U ovom istraživanju biti će istražena dob pri zatvaranju ovalnog otvora i arterijskog voda u dobrog dupina (*Tursiops truncatus*). Dobri dupin iz reda kitova (Cetacea) je danas jedini trajno naseljeni morski sisavac u Jadranskom moru (GOMERČIĆ i HUBER, 1989.; BEARZI i NOTARBARTOLO DI SCIARA, 1995.). U Hrvatskoj su svi pripadnici reda kitova zakonom zaštićene životinje. Procjenjuje se da danas u hrvatskom dijelu Jadranskog mora obitava 218 jedinki dobrog dupina (GOMERČIĆ i sur., 1998.; GOMERČIĆ i sur., 2009.). Dobri dupin pripada podredu kitova zubana (Odontoceti), relativno je velik i snažan, ima hidrodinamični oblik tijela, plavosive je boje koja je nešto tamnija na leđima, a svjetlija na trbuhu. Dobri dupini žive u zajednicama različitih veličina i unutar tih zajednica oblikuju jata koja nisu stalne veličine niti ih čine uvijek iste jedinke (CHILVERS i CORKERON, 2002.). U Jadranskom moru odrasle ženke dosežu duljinu tijela do 288 cm i tjelesnu masu do 261 kg, a mužjaci ukupnu duljinu tijela do 312 cm i tjelesnu masu do 324 kg (ĐURAS GOMERČIĆ, 2006.).

Opći i specifični ciljevi rada

Ovim istraživanjem željele smo odrediti kada se tijekom postnatalnog razvoja dobrog dupina zatvaraju arterijski vod i ovalni otvor, te pretpostaviti moguće uzroke.

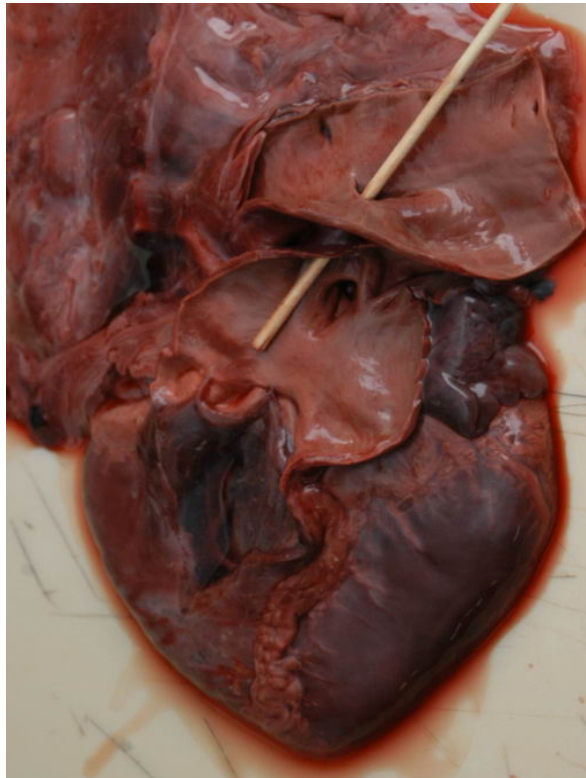
Materijal i metode

Predmet istraživanja ovog rada bilo je srce 49 dobra dupina koji su pronađeni u hrvatskom dijelu Jadranskog mora u razdoblju od listopada 1990. do travnja 2011. godine. Istraženi dupini postmortalno su obrađeni u sklopu znanstveno-istraživačkog projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske "Zdravstvene i biološke osobitosti populacija morskih sisavaca u Jadranu" (053-0533406-3640) u Zavodu za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Postmortalna obrada svake životinje obuhvaćala je određivanje vrste i spola, morfometrijsko mjerenje, razudbu, uzorkovanje tkiva, određivanje dobi životinje prebrojavanjem slojeva dentina u zubu (GLG = Growth Layer Groups) (HOHN i sur., 1989.). Tjelesna masa određena je vaganjem, a spol makroskopskim pregledom spolnih organa. Ukupna duljina tijela izmjerena je metrom od vrha gornje čeljusti do usjekline repnih peraja (PERRIN, 1975.). Razudba svakog dupina popraćena je razudbenim obrascem u kojem se nalaze svi podaci o pregledanoj životinji. Pregled srca uključivao je otvaranje desne pretkljetke i otvaranje aorte po njenoj dorzalnoj stijenci. Određivano je da li su arterijski vod i ovalni otvor zatvoreni ili otvoreni, te u dupina kod kojih su još uvijek otvoreni koliki je promjer otvora. Svi podaci uneseni su u tablicu napravljenu u programu Microsoft Excell.

Rezultati

Arterijski vod (ductus arteriosus)

Analizom podataka iz obrazaca i osobnim pregledom srca utvrđeno je da je arterijski vod u 9 životinja otvoren (slika 1.). Najmlađa jedinka s otvorenim vodom je nezreli plod duljine 99 cm. Dupin 110 je najveći mužjak sa perzistentnim otvorom, duljine je 160 cm, dok je dupin 235, duljine 220 cm, najveća ženka kod koje je još uvijek otvoren arterijski vod. U dobrog dupina 231 arterijski vod je neprohodan, ali je ulaz iz aorte dug 1 cm, a iz plućne arterije (a. pulmonalis) 3 mm. U dupina 219 je otvoren i promjer mu je 4 mm kao i u dupina 202 gdje je promjera 2-3 mm. U dobrih dupina tjelesne duljine veće od 220 cm arterijski vod je zatvoren. Ujedno je dupin 187, duljine 128 cm, najmanji mužjak, a dupin 202, duljine 135 cm, najmanja ženka sa zatvorenim arterijskim vodom. Obje jedinke su mlađe od 1 godine.

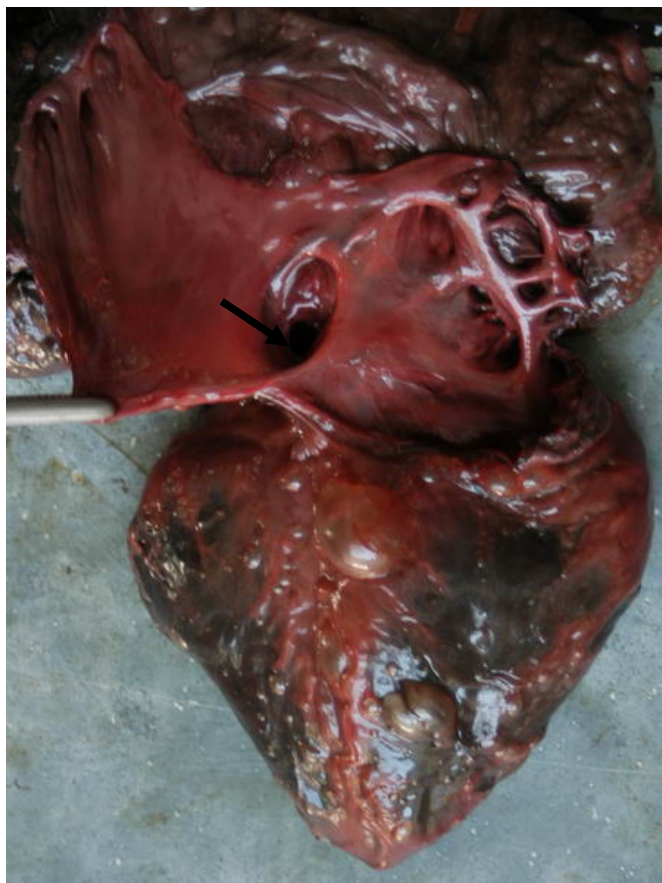


Slika 1: Srce dupina 189, oznaka prolazi kroz arterijski vod

Ovalni otvor (foramen ovale)

U 19 dobra dupina ovalni otvor je otvoren. U životinja tjelesne duljine veće od 210 cm ovalni otvor je zatvoren. U dupina 63 ovalni otvor ima lumen promjera 1 cm. Najveća ženka

kod koje je ovalni otvor otvoren je dupin 206 tjelesne duljine 210 cm, a dupin 193 je najveći mužjak s otvorenim ovalnim otvorom, duljine je 210 cm i dobi 3 godine.



Slika 2: Srce dupina 140, strelica označava ovalni otvor

Ovalni otvor (foramen ovale) i arterijski vod (ductus arteriosus)

U dobrih dupina duljih od 223 cm i ovalni otvor i arterijski vod su zatvoreni (tablica 1). Najmanji mužjak s otvorenim ovalnim otvorom i arterijskim vodom je dupin 110, duljine 160 cm, a najveća ženka je dupin 63, duljine 200 cm i dobi 2 godine.

Tablica 1. Stanje fetalnih struktura srca u dobrog dupina (*Tursiops truncatus*)

Ukupna tjelesna duljina (cm)	Tjelesna masa (kg)	Dob (opisno ili godine)	Spol	Arterijski vod	Ovalni otvor	Oznaka dupina
99	8	nezreli plod	ž	otvoren	otvoren	189
117	13	<1	ž	otvoren	otvoren	140
128	27,5	<1	ž	otvoren	otvoren	163

128	22,5	<1	m	zatvoren	otvoren	187
132	35	<1	ž	otvoren	otvoren	192
134	32	1	ž	otvoren	otvoren	92
135	31	<1	ž	zatvoren	otvoren	202
148	50	mladunče	m	otvoren	otvoren	219
160	43,5	<1	m	otvoren	otvoren	110
162	47	2	ž	zatvoren	otvoren	175
171	72	<1	m	zatvoren	otvoren	205
172	57	3	ž	zatvoren	otvoren	107
176	53	3	ž	zatvoren	otvoren	216
183	47,5	mladunče	m	zatvoren	zatvoren	191
186	101	2	m	zatvoren	zatvoren	103
190	60	4	ž	zatvoren	zatvoren	128
191	85	3	m	zatvoren	otvoren	158
192	66	4	ž	zatvoren	otvoren	97
192	?	5	ž	zatvoren	zatvoren	181
193	80	mladunče	m	zatvoren	otvoren	204
196	67	6	m	zatvoren		157
198	69	5	m	zatvoren	zatvoren	109
199	89	3	m	zatvoren	zatvoren	168
200	?	2	ž	otvoren	otvoren	63
210	79	3	m	zatvoren	otvoren	193
210	119	mlada životinja	ž	zatvoren	otvoren	206
212	98	5	m	zatvoren	zatvoren	101
212	90	mlada životinja	m	zatvoren	zatvoren	227
220	117	mlada životinja	ž	otvoren	zatvoren	235
223	128	3	m	zatvoren	zatvoren	134
223	137	mlada životinja	m	zatvoren	zatvoren	231
226	117	5	ž	zatvoren	zatvoren	198
227	100	6	m		zatvoren	172
246	124	7	m	zatvoren	zatvoren	138
247	132	6	m	zatvoren	zatvoren	223
250	161	10	m		zatvoren	214
251	130	10	ž	zatvoren	zatvoren	111
261	?	10	ž	zatvoren	zatvoren	167
264	163	11	ž	zatvoren	zatvoren	225
270	215	12	m	zatvoren	zatvoren	100
272	135	odrasla životinja	ž	zatvoren	zatvoren	236
273	247	odrasla životinja	ž	zatvoren		232
274	194	odrasla životinja	m	zatvoren	zatvoren	228
276	194	21	m	zatvoren		221
280	218	25	ž	zatvoren	zatvoren	203
284	187	odrasla životinja	ž	zatvoren	zatvoren	234
285	206	20	m	zatvoren	zatvoren	194
298	314	24	m	zatvoren	zatvoren	169
298	277	28	m	zatvoren	zatvoren	200

Rasprava

Zatvaranje arterijskog voda obavlja se kontrakcijom njegove mišićne stijenke gotovo neposredno nakon rođenja, i to djelovanjem bradikinina, koji nastaje u plućima tijekom prvih udisaja. Međutim angiokardiografijom i kateterizacijom srca pokazalo se da je u prvim danima nakon rođenja još moguće prolaženje krvi iz aorte u plućnu arteriju. Potpuna anatomska obliteracija proliferacijom intime nastupi nakon 1 – 3 mjeseca, a vezivni ostatak arterijskog voda naziva se ligamentum arteriosum (SADLER, 1996.).

Zatvaranje ovalnog otvora posljedica je porasta tlaka krvi u lijevom i opadanja u desnom atriju. Nakon prvog udisaja septum primum pritisne se uz septum secundum, ali je u prvim danima života to zatvaranje još reverzibilno. Tako se npr. zbog plača djeteta može otvoriti ovalni otvor pa krv poteče iz desnog u lijevi atrij. Posljedica je cijanoza u novorođenčeta za vrijeme napadaja plača. Međutim trajna priljubljenost dviju pregrada dovodi do njihova spajanja do kraja 1. godine života. U 20% ljudi nikada se ne postigne potpuno anatomsko zatvaranje ovalnog otvora (foramen ovale persistens) (SADLER, 1996.).

U kitova je utvrđeno da je arterijski vod otvoren prilikom rođenja te da se ubrzo zatvara, dok je ovalni otvor također otvoren kod rođenja životinje (POWELL i sur., 2009.). U obalnog dupina (*Phocoena phocoena*) ovalni otvor ostaje otvoren do 10. dana, znatno se smanjuje do 2. odnosno 3. mjeseca i potpuno je zatvoren do 14. mjeseca starosti (SLIJPER, 1961.). Prema našem istraživanju anatomske strukture fetalnog krvotoka zadržavaju se u dobrog dupina postnatalno u funkciji dulje nego u obalnog dupina i čovjeka. Pretpostavljamo da selekcijski pritisak s obzirom na ove strukture u morskih sisavaca nije tako velik kao u kopnenih sisavaca i da opstaju i jedinke u kojih ovalni otvor i arterijski vod perzistiraju i tijekom prvih nekoliko godina života.

Zaključci

Ovim istraživanjem utvrđene su sljedeće osobitosti zatvaranja ovalnog otvora i arterijskog voda u dobrog dupina:

1. U dobrog dupina je utvrđeno da su arterijski vod i ovalni otvor otvoreni prilikom rođenja.
2. Anatomske strukture fetalnog krvotoka zadržavaju se u dobrog dupina postnatalno u funkciji dulje nego u obalnog dupina i čovjeka.
3. Arterijski vod i ovalni otvor, proporcionalno se zatvaraju s duljinom tijela dobrog dupina, te se u muških jedinki zatvaraju prije nego li u ženskih.
4. Pretpostavljamo da selekcijski pritisak s obzirom na fetalne strukture srca u morskih sisavaca nije tako velik kao u kopnenih sisavaca i da opstaju i jedinke u kojih ovalni otvor i arterijski vod perzistiraju i tijekom prvih nekoliko godina života.

Zahvala

Zahvaljujemo svojoj mentorici doc. dr. Martini Đuras Gomerčić i dr. sc. Tomislavu Gomerčiću na strpljenju i stručnom vodstvu pri izradi ovog rada.

Literatura

- BEARZI, G., G. NOTARBARTOLO DI SCIARA (1995): A comparison of the present occurrence of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, and common dolphins, *Delphinus delphis*, in the Kvarnerić (northern Adriatic Sea). *Annales, series historia naturalis* 2, 61-68.
- CHILVERS, B. L., P. J. CORKERON (2002): Association patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) off Point Lookout, Queensland, Australia. *Canadian Journal of Zoology* 80, 973-979.
- ĐURAS GOMERČIĆ, M. (2006): Rast, spolni dimorfizam i morfometrijske značajke dobrog dupina (*Tursiops truncatus* Montagu, 1821) iz Jadranskoga mora. Disertacija. Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- GOMERČIĆ, H., Đ. HUBER (1989): Istraživanje i zaštita morskih sisavaca Jadrana. Plenarni referati i izvodi saopštenja Četvrte konferencije o zaštiti Jadrana. 19.-20. listopada. Neum. str. 191.
- GOMERČIĆ, H., Đ. HUBER, T. GOMERČIĆ, H. LUCIĆ, D. MIHELIĆ, M. ĐURAS (1998): Estimation of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) population in the Croatian part of the Adriatic Sea. Report conducted for the Regional Activity Centre for Specially Protected Areas.(UNEP- Mediterranean Action Plan) and The Faculty of Veterinary Medicine, University of Zagreb. Zagreb. <http://mavef.vef.hr/~gomermercic/dolphin/>
- GOMERČIĆ, T., M. ĐURAS GOMERČIĆ, L. PAĐEN, M. MAURIĆ, A. GALOV, H. LUCIĆ, D. ŠKRTIĆ, S. ČURKOVIĆ, S. VUKOVIĆ, H. GOMERČIĆ (2009): Smrtnost kitova (Cetacea) u hrvatskom dijelu Jadranskog mora. Cetacean mortality in the Croatian part of the Adriatic Sea. Zbornik sažetaka 10. hrvatskog biološkog kongresa. Proceeding of abstracts of the 10th Croatian biological congress. 14.-20- rujan. Osijek. 219-220.
- GÜNTHER, M. (1995): Vergleichende Embryologie der Haustiere. UTB für Wissenschaft, Leipzig, str. 308.
- HOHN, A. A., M. D. SCOTT, R. S. WELLS, J. C. SWEENEY, B. IRVINE (1989): Growth layers in teeth from known-age, free-ranging bottlenose dolphins. *Marine Mammal Science* 5, 315-342.

- KÖNIG, H. E., H. LIEBICH (2009): Anatomija domaćih sisavaca. Naklada Slap, Zagreb, str. 805.
- MACDONALD, A. A., P. A. CARR, R. J. W. CURRIE (2007): Comparative anatomy of the foramen ovale in the hearts of cetaceans. Edinburgh, UK, Veterinary Biomedical Sciences, 64-77.
- PERRIN, W. F. (1975): Variation of spotted and spinner porpoise (genus *Stenella*) in the eastern tropical Pacific and Hawaii. University of California Press, San Diego, California.
- POWELL, J. W. B., R. T. ARCHIBALD, C. A. CROSS, D. S. ROTSTEIN, V. M. SOOP, W. E. MCFEE (2009): Multiple Congenital Cardiac Abnormalities in an Atlantic Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*), Charleston, USA, Journal of Wildlife Disease, 839–842.
- RÜSSE, I., F. SINOWATZ (1998): Lehrbuch der Embryologie der Haustiere. Parey Buchverlag, Berlin, str. 478.
- SADLER, T. W. (1996): Langmanova medicinska embriologija. Školska knjiga, Zagreb, str. 443.
- SLIJPER, J. (1961): Foramen ovale and ductus arteriosus Botalli in aquatic mammals. Mammalia 25: 528-570.

Arterijski vod (ductus arteriosus) i ovalni otvor (foramen ovale) u dobrog dupina (*Tursiops truncatus*)

Sanja Horvat i Martina Sakač

studentice 3. godine

Sažetak

Istraženo je zatvaranje arterijskog voda i ovalnog otvora u dobrog dupina (*Tursiops truncatus*) koji je danas jedini trajno naseljeni morski sisavac u Jadranskom moru. Predmet istraživanja ovog rada bilo je srce 49 dobrih dupina koji su pronađeni u hrvatskom dijelu Jadranskog mora u razdoblju od listopada 1990. do travnja 2011. godine. Pregled srca uključivao je otvaranje desne pretklijetke i otvaranje aorte po njenoj dorzalnoj stijenci. Određivano je da li su arterijski vod i ovalni otvor zatvoreni ili otvoreni, te u dupina kod kojih su još uvijek otvoreni koliki je promjer otvora. Utvrđeno je da su arterijski vod i ovalni otvor prilikom rođenja otvoreni, a zatvaraju se tijekom prvih godina života. Pretpostavljamo da selekcijski pritisak s obzirom na ove strukture u morskih sisavaca nije tako velik kao u kopnenih sisavaca

Ključne riječi: dobri dupin, *Tursiops truncatus*, srce, foramen ovale, ductus arteriosus

Ductus arteriosus and foramen ovale in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*)

Sanja Horvat i Martina Sakač

Summary

In this study the closure of ductus arteriosus and foramen ovale in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) was studied. The bottlenose dolphin is the only resident marine mammal of the Adriatic Sea and strictly protected by law. For the purpose of the study 49 bottlenose dolphin hearts were examined. The hearts originated from bottlenose dolphins found dead from October 1990 till April 2011 in the Croatian part of the Adriatic Sea. The heart examination included the inspection of the right atrium and aorta. The status of ductus arteriosus and foramen ovale was noted. Both structures are open at time of birth, but close during the first years of life what is much later than in humans. We presume that the persistence of foetal structure of the heart is the result of a lower evolutionary pressure on marine versus land mammals.

Key words: bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, heart, foramen ovale, ductus arteriosus

Životopis

Martina Sakač: Rođena sam u Murskoj Soboti, u Sloveniji, 28. rujna 1989. godine. Osnovnu školu sam uspješno završila u Svetom Martinu na Muri te upisala opći smjer gimnazije u Gimnaziji Čakovec. Maturirala sam 2008. godine i te iste godine upisala Veterinarski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu. Studentica sam treće godine.

Sanja Horvat: Rođena sam 20. kolovoza 1989. godine u Čakovcu. Osnovnu školu završila sam u Murskom Središću, a nakon toga upisala Gimnaziju u Čakovcu gdje sam maturirala 2008. godine. Iste godine sam upisala Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu gdje sam trenutno studentica 3. godine.