

Analiza morfometryczna krtani dolnej (*syrinx*) krzyżówki (*Anas platyrhynchos*) i markaczki (*Melanitta nigra*)

Małgorzata Pierko, Ewa Działą-Szczepańczyk

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Katedra Zoologii i Pszczelnictwa,
ul. Doktora Judyma 20, 70-466 Szczecin,
e-mail: malgorzata.pierko@zut.edu.pl,
Ewa.dziala-szczepanczyk@zut.edu.pl

Materiał badawczy stanowiło łącznie 79 krtani dolnych dorosłych samców dwóch gatunków ptaków: 38 krzyżówek (A) i 41 markaczek (B). Określano masę (BW) i długość całkowitą ciała ptaków (BL), długość mostka (SL) i skoku (TL), a także masę puszki *syrinx* (WS) oraz jej długość (LS). Samce badanych gatunków miały *syrinx* typu tchawicowo-oskrzelowego (*tracheobronchial syrinx*), zbudowany z ostatnich chrząstek tchawicy (*trachea*) i początkowych chrząstek oskrzeli głównych (chrząstek oskrzelowo-syrinxowych, *cartilagine broncho-syringeales*). Jednak budowa *syrinx* u markaczek (B) odbiega znacznie od budowy tej krtani u krzyżówek (A). Wyraźnym podobieństwem był brak membran tchawicowo-syrinxowych (*membrana tracheosyringialis*), często występujących w budowie *syrinx* innych gatunków kaczek. Kaczory A miały wyraźnie większy *syrinx* (WS=2,61 g i LS=20,5 mm) niż kaczory B (WS=0,20 g i LS=7,1 mm). Jedynie dwie zależności u A nie były ze sobą statystycznie istotnie skorelowane (LS-TL i WS-LS), w pozostałych przypadkach stwierdzono statystycznie istotne dodatnie współczynniki *r* na poziomie $P \leq 0,05$ (WS-BW: $r=0,392$; LS-BL: $r=0,402$; LS-SL: $r=0,409$). U B istotne korelacje zaszły jedynie w przypadku WS-BW przy $P \leq 0,05$, gdzie $r=0,397$, przy czym zależności nieistotne zawsze były ujemne (LS-BL, LS-SL, LS-TL i WS-LS). U A ustalono trzy wskaźniki względne: WS/BW=0,19%, LS/BL=4,02% i LS/SL=17,91%. U B ustalono tylko WS/BW=1,29%. Pozostałych wskaźników względnych u B nie ustalono, gdyż parametry bezwzględne pozostawały ze sobą w nieistotnych związkach korelacyjnych.

SŁOWA KLUCZOWE: kaczkę / krzyżówka (*Anas platyrhynchos*) / markaczka (*Melanitta nigra*) / krtani dolna (*syrinx*) / morfometria

Współcześnie bardzo zróżnicowana gromada ptaków (*Aves*) obejmuje ponad 9300 gatunków, skupionych w 35 rzędach, wśród których dominuje rząd wróblowych Passeriformes (około 50% wszystkich żyjących obecnie gatunków). Dużemu zróżnicowaniu systematycznemu gromady towarzyszy znaczna różnorodność morfoanatomiczna, przeja-

wiająca się, między innymi, także w budowie układu oddechowego (zwłaszcza jego górnej części, w tym krtani dolnej *syrinx*), uczestniczącego w wymianie gazowej, powstawaniu i wydawaniu głosów oraz termoregulacji. Modyfikacje budowy i funkcji układu oddechowego dotyczą między innymi masy, długości, szerokości oraz objętości poszczególnych organów i ich części [1, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 22, 23, 24, 28, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 41].

W światowym piśmiennictwie niewiele jest publikacji dotyczących badań układu oddechowego u ptaków, w tym u kaczkowatych, i mają one przede wszystkim charakter opisowy, a prace poświęcone morfometrii stanowią bardzo niewielką ich część. Zazwyczaj przedmiotem tak ukierunkowanych badań są ptaki domowe, np. kaczka domowa rasy pekin (*Anas platyrhynchos f. domestica*), gęsi (Anserinae) czy kurowate (Phasianidae), a także przetrzymywane w niewoli ptaki ozdobne (np. krzyżówka, jako protoplasta i przodek kaczki domowej). Sytuację taką powodują przede wszystkim trudności w pozyskiwaniu reprezentatywnej liczby ptaków (szczególnie dotyczy to gatunków dzikich) oraz względy etyczne (konieczność uśmiercania). Obecnie badania układu oddechowego ptaków koncentrują się na kilku głównych zagadnieniach: bioakustyce, neuroanatomii, fizjologii respiracyjnej, histologii, analizie morfologiczno-ekologicznej związków budowy układu oddechowego z prowadzonym trybem życia oraz rzadziej opisach anatomiczno-porównawczych o charakterze wewnątrzgatunkowym (dymorficznym) i międzygatunkowym, dotyczących budowy i wielkości poszczególnych części układu oddechowego, w tym *syrinx*. Większość badaczy podkreśla konieczność prowadzenia tego typu badań, gdyż wiele zagadnień (związanych szczególnie z cechami funkcjonalnymi) jest słabo poznanych i opisanych. Należy też zaznaczyć, że morfometria *syrinx* (np. w powiązaniu z fizjologią i histologią tego organu) może przyczynić się między innymi do pogłębienia analiz systematycznych oraz określania związków filogenetycznych między różnymi gatunkami, ujawniających ogromną różnorodność ptaków także w tym zakresie. Badania takie udostępniają też nowe dane do badań archeozoologicznych, w celu określania kopalnych szczątków ptaków dzikich, jak i udomowionych. Mogą mieć także pewne znaczenie w analizach porównawczych obecnie tworzonych ras kaczek domowych z ich dzikim przodkiem, jakim jest krzyżówka [1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 17, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 33, 34, 35, 37, 38, 42, 43, 47, 48, 49].

Celem pracy była analiza porównawcza budowy i wielkości krtani dolnej (*syrinx*) u krzyżówki (*Anas platyrhynchos*) i markaczki (*Melanitta nigra*).

Material i metody

Materiał do badań stanowiło łącznie 79 krtani dolnych (*syrinx*) dorosłych samców dwóch dziko żyjących gatunków ptaków środowiska wodnego z rzędu blaszkodziobych (Anseriformes), podrzędu Anseres, rodziny kaczkowatych (Anatidae) i podrodziny kaczek (Anatinae), w tym: 38 krzyżówek (A) (*Anas platyrhynchos*, szczep kaczki właściwe Anatini) i 41 markaczek (B) (*Melanitta nigra*, szczep – tracze Mergini). Krzyżówkę uzyskano w latach 1997-1999, od myśliwych polujących w okolicach Szczecina (rejon Dobra Szczecińska i Jezioro Dąbie). Markaczkę gromadzono w sezonach jesienno-zimowych lat 1999-2003. Ptaki te pochodziły z morskich baz rybackich szczeecińskiego wybrzeża Bałty-

ku (Dziwnów, Wiselka, Świętousć) i z bazy leżącej nad Zalewem Szczecińskim (Wolin). Ginęły one w sieciach rybackich, w które zaplątywały się nurkując po pokarm.

W badaniach określono: masę ciała (BW), z dokładnością do 50 g oraz długość całkowitą ciała (BL), mierzoną miękką taśmą od początku dzioba do końca kupra, z dokładnością do 0,5 cm, a także długość mostka (SL) i skoku (TL), mierzone suwmiarką z dokładnością do 0,5 mm. Wysekcjonowane i utrwalone w 4% roztworze formaldehydu krtań dolne poddano opisowi morfologicznemu i wykonano dwa pomiary, określając masę puszki *syrinx* (WS), z dokładnością do 0,01 g oraz jej długość (LS), mierzoną suwmiarką z dokładnością do 0,1 mm. Obliczono: średnią arytmetyczną (\bar{x}), odchylenie standardowe (SD), współczynnik zmienności (V) oraz cztery parametry względne: względna masa *syrinx* wyrażona jako procent masy ciała (WS/BW), względna długość *syrinx* wyrażona jako procent długości ciała (LS/BL), stosunek długości *syrinx* do długości mostka wyrażony w procentach (LS/SL) i stosunek długości *syrinx* do długości skoku wyrażony w procentach (LS/TL). Dla indeksów tych opracowano analogiczne charakterystyki statystyczne, jak dla parametrów bezwzględnych. Ponadto zbadano zależności zachodzące między parametrami opisującymi wielkość ciała a parametrami *syrinx* oraz pomiędzy oboma parametrami tej krtani, ustalając odpowiednie współczynniki korelacji liniowej Pearsona (r).

Anatomiczne nazewnictwo łacińskie użyto zgodnie z obowiązującą nomenklaturą, podaną w pracach Kinga i McLellanda [24] oraz Kinga [23], natomiast metodykę preparacyjną i konserwowania organów stosowano wzorując się na metodyce zawartej w pracach innych badaczy [16, 31], a częściowo opracowano samodzielnie [32, 33, 35].

Wyniki i dyskusja

Samce obu badanych gatunków mają *syrinx* typu tchawicowo-oskrzelowego (*tracheobronchial syrinx*), składający się z ostatnich chrząstek tchawicy (*trachea*) i początkowych chrząstek oskrzeli głównych (tzw. chrząstek oskrzelowo-syrinxowych *cartilagineae bronchosyringeales*), jednak budowa *syrinx* kaczorów markaczki odbiega znacznie od budowy tej krtani u krzyżówki. W przeciwieństwie do krzyżówki (A), u samców markaczki (B) bęben ich krtani dolnej (*bulla syringealis*) jest stosunkowo mały i prosty w swojej budowie oraz kształcie. Po obu stronach jest on symetryczny i nie ma rozbudowanej komory górnej, a chrząstki go tworzące są zlane ze sobą w sposób całkowity tak, że nie widać ich zarysów. Ponadto, u kaczorów markaczki bardzo dobrze jest rozbudowana błona bębnowa przyśrodkowa (*membrana tympaniformis medialis*), nie ma natomiast błony bębnowej bocznej (*m. tympaniformis lateralis*), a lewy mięsień tchawicowo-boczny (*musculus tracheolateralis*) jest wyraźnie grubszy od prawego. U kaczorów markaczki nie ma także kostnej beleczki zwanej kładką (*pessulus*), wchodzącej w światło tchawicy. Odmienne niż u samców krzyżówki, oba oskrzela odchodzące od bębna samców markaczki są wyjątkowo mocno rozszerzone (rozdęte), przy czym ich chrząstki są niemal całkowicie połączone więzadłem oskrzelowym przyśrodkowym (*ligamentum bronchialis medialis*). Wyraźnym podobieństwem u obu badanych gatunków jest natomiast brak u nich tzw. membran tchawicowo-syrinxowych (*membrana tracheosyringealis*), które często występują w budowie bębna *syrinx* wielu innych gatunków kaczek.

Należy zaznaczyć, że prace dotyczące morfologii *syrinx* u ptaków są bardzo nieliczne i w zasadzie większość gatunków (szczególnie ptaków dzikich) jest pod tym względem w ogóle nie opisana [1, 2, 4, 9, 23, 24, 27, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 48]. Jeśli chodzi o blaszkodziobe, to z dotychczasowych publikacji wiadomo, że u pewnych gatunków ptaków z tego rzędu bęben jest obecny po obu stronach *syrinx*, jak na przykład u ohara (*Tadorna tadorna*, podrodzina kaczki, szczep kazarki Tadornini), u którego jest wyraźnie asymetryczny i większy po prawej stronie. Natomiast obustronna asymetria bębna spotykana jest najczęściej u gatunków z podrodziny kaczek. U drzewic (szczep) Dendrocygnini (podrodzina gęsi Anserinae), bęben jest obustronnie symetryczny, a u pozostałych gatunków tej grupy ptaków w ogóle nie występuje. Są to jednak informacje dość ogólnikowe, a szczegóły budowy charakterystyczne dla poszczególnych gatunków są poznane i opisane jedynie w podstawowym zakresie [1, 9, 22, 24, 27, 33, 34, 35, 48].

Jak twierdzą niektórzy badacze, wielkość i kształt *syrinx* u samców związane są z rodzajem wydawanych przez nie dźwięków, a większa złożoność jego budowy pozwala na możliwość bardzo zróżnicowanego śpiewu. Oczywiście u ptaków, w śpiewie zdecydowanymi dominantami są samce, właśnie dzięki bardziej rozbudowanemu *syrinx*, który jest głównym organem głosotwórczym [2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 24, 25, 26, 28, 30, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 49]. Organ ten kształtuje się jako większy i masywniejszy u ptaków tej płci już w trakcie rozwoju embrionalnego i cechuje się on niekiedy nawet bardzo dużą złożonością swojej budowy, najbardziej u wróblowych [2, 4, 9, 17, 24, 27, 30, 34, 38, 43, 47]. Wiadomo, że proces różnicowania budowy *syrinx* z zaznaczonym dymorfizmem płciowym jest od początku regulowany hormonalnie, jednak dotychczasowe badania na temat tych procesów nie są wyczerpujące i jednoznaczne [6, 7, 8, 14, 15, 24, 25, 29, 38, 39, 45]. Zaznaczyć należy, że doświadczenia prowadzące w efekcie do tzw. maskulinizacji, przeprowadzane m.in. u samic przepiórki japońskiej (*Coturnix japonica*), wykazały, iż mimo znacznego zbliżenia kształtu i rozmiarów *syrinx*, wraz z umięśnieniem biorącym udział w wydawaniu głosów (co uzyskano dzięki podawaniu samicom hormonów męskich) – samice nie wydawały jednak dźwięków typowych dla samców [15]. Niestety mechanizm powstawania różnic dymorficznych, dotyczących odmienności wydawanych głosów przez samce i samice u ptaków, nie jest jeszcze ostatecznie poznany i opisany w dostępnej literaturze źródłowej [15, 29]. Poza *syrinx*, na wydawanie głosu, a przede wszystkim na jego jakość, w większym lub mniejszym stopniu wpływają także: nozdrza (*nares*), jama nosowa (*cavum nasi*), przełyk (*oesophagus*) i krtań górna (*larynx*), tchawica (*trachea*), oskrzela (*bronchi*), płuca (*pulmones*) i worki powietrzne (*sacci pneumatici*) [11, 12, 13, 23, 24, 30, 32, 33, 36, 37].

Parametry bezwzględne, charakteryzujące wielkość ciała oraz *syrinx* dorosłych samców krzyżówki i markaczki, podano w tabeli 1. Omawiane kaczory krzyżówki (A) miały wyraźnie większy *syrinx*, odpowiednio: WS=2,64 g i LS=20,7 mm, niż kaczory markaczki (B), odpowiednio: WS=0,20 g i LS=7,1 mm. Wartości współczynników korelacji dla badanych zależności podano w tabeli 2. Jedynie dwie badane u krzyżówki zależności nie były ze sobą statystycznie istotnie skorelowane (LS-TL i WS-LS), a we wszystkich pozostałych przypadkach stwierdzono statystycznie istotne współczynniki korelacji na poziomie $P \leq 0,05$ (WS-BW: $r=0,392$; LS-BL: $r=0,402$; LS-SL: $r=0,409$), przy czym wszystkie badane zależności osiągały wartości dodatnie. U kaczorów markaczki badane zależności

Tabela 1 – Table 1

Parametry bezwzględne charakteryzujące wielkość ciała oraz krtani dolną (*syrinx*) dorosłych samców krzyżówki (*Anas platyrhynchos*) i markaczki (*Melanitta nigra*)
 The absolute parameters of body size and the *syrinx* of adult Mallard (*Anas platyrhynchos*) males and of Black scoter (*Melanitta nigra*)

Parametry Parameters	<i>Anas platyrhynchos</i> (n=38)	<i>Melanitta nigra</i> (n=41)
	$\bar{x} \pm SD$ V (%)	$\bar{x} \pm SD$ V (%)
Parametry ciała – The body parameters		
BW	133 ±199,3 14,8	138 ±169,9 12,5
BL	511,1 ±20,1 3,6	434,5 ±10,4 2,3
SL	115,5 ±6,7 5,7	99,4 ±5,9 5,8
TL	45,6 ±1,5 3,4	46,1 ±1,2 2,5
Parametry krtani dolnej <i>syrinx</i> – The <i>syrinx</i> parameters		
WS	2,64 ±0,64 24,9	0,20 ±0,04 21,9
LS	20,7 ±0,62 3,0	7,1 ±0,54 7,8

\bar{x} – średnia arytmetyczna – arithmetic mean; SD – odchylenie standardowe – standard deviation;
 V – współczynnik zmienności – coefficients of variation; n – liczba osobników – individuals' number;
 BW – masa ciała – body weight; BL – długość ciała – body length;
 SL – długość mostka – *sternum* length; TL – długość skoku – *tarsometatarsus* length;
 WS – masa krtani dolnej – *syrinx* weight; LS – długość krtani dolnej – *syrinx* length

okazały się statystycznie istotnie skorelowane ze sobą jedynie w przypadku WS-BW na poziomie $P \leq 0,05$, gdzie $r=0,397$, przy czym zależności nieistotne w każdym przypadku osiągnęły wartości ujemne (LS-BL, LS-SL, LS-TL i WS-LS).

U blaskodziobych, kaczory odznacza przewaga (nad kaczkami) wielkości górnych dróg oddechowych, wynikająca głównie z większych rozmiarów ciała samców, i świadczy to o bardzo wyraźnie zaznaczonym dymorfizmie płciowym. Podobne tendencje, dotyczące wielkości różnych organów górnych dróg oddechowych, potwierdzono także i u innych gatunków ptaków [4, 9, 10, 18, 24, 28, 31, 33, 35]. Charakterystyczna i zdecydowana różnica w wielkości *syrinx* między samcami i samicami jest jednak tylko u części gatunków ptaków wyraźnie i mocno zaznaczona – głównie dotyczy to wróblowych i kaczek. Jak wskazują niektórzy badacze, najczęściej większa jest lewa połowa *syrinx*, podobnie jak i umiejscowione po tej stronie umięśnienie, odpowiedzialne za pracę tej krtani i w rezultacie, za wydawanie dźwięków [6, 9, 10, 15, 19, 20, 24, 25, 27, 32, 33, 34, 35, 38, 39]. Obie połowy *syrinx* mogą w danym momencie działać równocześnie lub też niezależnie od siebie, przy czym każda ze stron może produkować taki sam dźwięk lub też obie strony generują różny, nieraz mocno odmienny dźwięk [6, 25, 39, 40]. Ma to niebagatelne

Tabela 2 – Table 2

Współczynniki korelacji dla zależności między cechami charakteryzującymi wielkość ciała a dwoma parametrami krtani dolnej (*syrix*) i między parametrami *syrix*, oraz wartości wskaźników względnych *syrix*, u dorosłych samców krzyżówki (*Anas platyrhynchos*) i markaczki (*Melanitta nigra*)
 The coefficients of correlation for dependence between characteristic traits of body size and two parameters of *syrix* and between parameters of the *syrix*, and the value of relative coefficients of the *syrix* of adult Mallard (*Anas platyrhynchos*) males and of Black coter (*Melanitta nigra*)

Badane zależności The studied relationships		<i>Anas platyrhynchos</i> N = 38		<i>Melanitta nigra</i> N = 41	
		współczynniki korelacji coefficients of correlation	wskaźniki względne relative coefficients	współczynniki korelacji coefficient of correlation	wskaźniki względne relative coefficients
			$\bar{X} \pm SD$ V (%)		$\bar{X} \pm SD$ V (%)
WS – BW	A	0,392*		0,397*	
WS/BW x 100%	a		0,19 ±0,047 ** 22,9		1,29 ±0,050 ** 23,2
LS – BL	B	0,402*		-0,037 NS	
LSBL x 100%	b		4,02 ±0,15 ** 3,8		1,62 ±0,15 8,4
LS – SL	C	0,409*		-0,320 NS	
LS/SL x 100%	c		17,91 ±0,97 ** 5,4		6,90 ±0,80 11,1
LS – TL	D	0,048 NS		-0,074 NS	
LS/TL x 100%	d		46,12 ±2,20 4,7		15,30 ±1,23 8,1
WS – LS	E	0,085 NS		-0,065 NS	

* – istotność na poziomie $P \leq 0,05$ – significance at $P \leq 0,05$

** – wskaźniki względne obliczone dla parametrów pozostających w statystycznie istotnych związkach korelacyjnych – the relative coefficients calculated for parameters, staying in statistically significant correlational relationship

NS – współczynnik korelacji nieistotny statystycznie – the statistically insignificant coefficient of correlation

A – zależność między masą *syrix* a masą ciała – the dependence between the *syrix* and the body weight

a – względna masa *syrix* wyrażona jako procent masy ciała – the relative *syrix* mass the expressed as percentage of body weight

B – zależność między długością *syrix* a długością ciała – the dependence between the *syrix* and the body length

b – względna długość *syrix* wyrażona jako procent długości ciała – the relative *syrix* length the expressed as percentage of body length

C – zależność między długością *syrix* a długością mostka – the dependence between the *syrix* and the sternum length

c – stosunek długości *syrix* do długości mostka wyrażony w procentach – the relation of the *syrix* length to the sternum length expressed in percentages

D – zależność między długością *syrix* a długością skoku – the dependence between the *syrix* and the tarsometatarsus length

d – stosunek długości *syrix* do długości skoku wyrażony w procentach – the relation of the *syrix* length to the tarsometatarsus length expressed in percentages)

E – zależność między masą *syrix* a jej długością – the dependence between the *syrix* mass and the *syrix* length

znaczenie szczególnie u ptaków gniazdujących w koloniach, pomagając im we wzajemnej identyfikacji rodziców między sobą oraz rodziców z piskletami [6, 19, 20, 39].

W niniejszej pracy nie uwzględniono objętości wewnętrznej *syrinx*. Jednak, jak wykazały wyniki badań dotyczących objętości wewnętrznej tego organu uzyskane przez innych autorów – w połączeniu z błonami oraz membranami wchodzącymi w skład budowy tego organu, także i ta cecha w znaczący sposób wpływa na większe możliwości wokalne u ptaków [25, 29, 41, 42].

Wartości analizowanych wskaźników względnych podano w tabeli 2. U krzyżówki (A) zbadało trzy wskaźniki względne, które wyniosły odpowiednio: WS/BW=0,19%, LS/BL=4,02% i LS/SL=17,91%. U markaczki (B) ustalono jedynie jeden wskaźnik względny WS/BW (1,29%). Pozostałych wskaźników względnych u markaczki nie badano, ponieważ parametry bezwzględne pozostawały ze sobą w nieistotnych statystycznie związkach korelacyjnych. Wydaje się, iż parametr względny pełniej charakteryzuje wielkość poszczególnych organów, niż sama tylko wielkość bezwzględna [32, 35]. Jednak w dostępnej literaturze źródłowej spotyka się bardzo niewiele prac z podobnymi analizami. Mała liczba istotnych statystycznie związków korelacyjnych pomiędzy parametrami bezwzględnymi, a co za tym idzie, niemożność ustalenia wszystkich wskaźników względnych, były najprawdopodobniej skutkiem zbyt małej liczby ptaków poddanych badaniom. Jest to jednak problem, który dotyczy wszystkich badań wykonywanych na ptactwie gatunków dziko żyjących [32, 33, 35].

PIŚMIENNICTWO

1. AKESTER A.R., 1960 – The comparative anatomy of the respiratory pathways in the domestic fowl (*Gallus domesticus*), pigeon (*Columba livia*) and domestic duck (*Anas platyrhynchos*). *J. Anat.* 94, 487-505.
2. AMES P.L., 1971 – The morphology of the syrinx in Passerine birds. *Bull. Peabody Mus. Nat. Hist. (Yale Univ.)* 37, 1-194.
3. AMES P.L., 1987 – The unusual syrinx morphology of Australian Treecreepers (*Climacteris*). *Emu* 87, 192-195.
4. APPEL F.W., 1929 – Sex dimorphism in the syrinx of the fowl. *J. Morphol. Physiol.* 47, 497-518.
5. ARNOLD A.P., 1997 – Sexual differentiation of the zebra finch song system: positive evidence, negative evidence, null hypotheses, and a paradigm shift. *J. Neurobiol.* 33, 572-584.
6. AUBIN T., JOUVENTIN P., HILDEBRAND CH., 2000 – Penguins use the two-voice system to recognize each other. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267, 1081-1087.
7. BALLINTIJN M.R., TEN CATE C., 1997 – Sex differences in the collared dove (*Streptopelia decaocto*). *Auk* 114, 22-39.
8. BECKERS G.J.L., NELSON B.S., SUTHERS R.A., 2004 – Vocal-tract filtering by lingual articulation in a parrot. *Current Biology* 14 (17), 1592-1597.
9. BIELLIER H.V., TURNER C.W., 1950 – Sexual dimorphism in the syrinx of the Pekin duck. *Poultry Sci.* 29, 527-529.
10. BOTTINO F., MARTINEZ BARALDI ARTONI S., OLIVEIRA D., SOBUE FRANZO V., PACHECO M.R., ORSI A. M., AMOROSO L., 2006 – Influence of the sexual dimorphism on

- the morphology of the syrinx of guinea fol (*Numida meleagris*). *Ciência Rural, Santa Maria*, v. 36, n. 5, 1424-1428 [in Portugal, abstract in English].
11. BRACKENBURY J.H., 1980 – Control of sound production in the syrinx of the fowl *Gallus gallus*. *J. Exp. Biol.* 85, 239-251.
 12. BRACKENBURY J.H., 1980 – Respiration and production of sounds by birds. *Biol. Rev.* 55, 363-378.
 13. BRITTAN-POWELL E.F., DOOLING R.J., 1997 – Mechanisms of vocal production in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *J. Acoust. Soc. Am.* 101, 578-559.
 14. BROWN C., WARD D., 1990 – The morphology of the syrinx in the Charadriiformes (Aves): Possible phylogenetic implications. *Bonn. Zool. Beitr.* 41, 95-107.
 15. BURKE M. R., ADKINS-REGAN E., WADE J., 2007 – Laterality in syrinx muscle morphology of the Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Physiol. Behav.* 90, 682-686.
 16. CANNELL P.F., 1988 – Techniques for study of avian syringes. *Will. Bull.* 100, 289-293.
 17. CHAMBERLAIN D.R., GROSS W.B., CORNWELL G.W., MOSBY H.S., 1968 – Syringeal anatomy in the common crow. *Auk* 89, 244-252.
 18. FRITH C.B., 1994 – Adaptive significance of tracheal elongation in manucodes (Paradisaeidae). *Condor* 96, 552-555.
 19. GÖLLER F., SUTHERS R.A., 1995 – Implications for lateralization of bird song from unilateral gating of bilateral motor patterns. *Nature* 373, 63-66.
 20. GÖLLER F., SUTHERS R.A., 1996 – Role of syringeal muscles in controlling the phonology of bird song. *J. Neurophysiol.* 76, 287-300.
 21. GRIFFITHS C.S., 1994 – Syringeal morphology and the phylogeny of the Falconidae. *Condor* 96, 127-140.
 22. JOHNSTON P.A., 1961 – Tracheal anatomy of the Anatidae and its taxonomic significance. Report Wildfowl Trust, Slimridge, Glos. U.K., 58-69.
 23. KING A.S., 1993 – Apparatus respiratorius (*systema respiratorium*). In: Handbook of avian anatomy: nomina anatomica avium, (Baumel J. J.). Publication of Nuttall Ornithological Club 23, Cambridge, Massachusetts.
 24. KING A. S., MCLELLAND J., 1989 – Form and function in birds. Academic Press, vol. 4, San Diego, California, 69-220.
 25. LARSEN O. N., GÖLLER F., 1999 – Role of syringeal vibrations in bird vocalizations. *Proc. Roy. Soc. B: Biol. Sci.* 266 (1429), 1609-1615.
 26. LIMA-RODRIGUES M., VALLE-FERNANDES A., NUNES R., ALMEIDA A., 2006 – Distribution of neuromuscular junctions in laryngeal and syringeal muscles in vertebrates. *Anat. Record A: Discoveries in Molecular, and Evolutionary Biology* 288 (5), 543-551.
 27. LOCKNER F.R., YOUNGREN O.M., 1976 – Functional syringeal anatomy of the mallard. I. In situ electromyograms during ESB elicited calling. *Auk* 93, 324-342.
 28. MAHLER B., TUBARO P.L., 2001 – Relationship between song characters and morphology in New World pigeons. *Biol. J. of the Linnean Soc.* 74, 533-539.
 29. MARTIN L.C., VENEY S.L., 2008 – The specific estrogen receptor antagonist ICI 182, 780 masculinizes development of the zebra finch syrinx. *General Comp. Endocrinol.* 156, 434-439.
 30. MAYOR O.Y., 1967 – Anatomy and histology of the respiratory system of fowl (*Gallus domesticus*). *Vet. Bull.* 37, 197-207.

31. MILLER A.H., 1934 – The vocal apparatus of some North American owls. *Condor* 36, 204-213.
32. PIERKO M., 1998 – Analiza morfometryczna tchawicy uhli (*Melanitta fusca*) i markaczki (*Melanitta nigra*) [Morphometric analysis of the trachei in velvet Smoter (*Melanitta Fusca*) and common Smoter (*Melanitta nigra*)]. *Zesz. Nauk. Przegl. Hod.* 36, 43-51 [in Polish, abstract in English].
33. PIERKO M., 2007 – Morphological comparison of upper respiratory tract in mallard *Anas platyrhynchos* and scaup *Aythya marila*. *Electronic J. Pol. Agric. Univ. (EJPAU)*, series Biology, [http://www.ejpau.media.pl/volume 10/issue4/art-08.html](http://www.ejpau.media.pl/volume%2010/issue4/art-08.html).
34. PIERKO M., 2004 – Osobienności strojenia wierzchnych dychatelných putiej niekatorych widow utok Anatinae [The propriety of building of upper respiratory tract in Anatinae]. 5th International Interdisciplinary Scientific-Practical Conference „Modern problem of science and education”, devote 350-th anniversary of Kharkov, april 30-may 10, Alushta, s. 88 [in Russian].
35. PIERKO M., 2003 – Porównanie wielkości wybranych części górnych dróg oddechowych dziko żyjącej krzyżówki *Anas platyrhynchos* i kaczki rasy pekin *Anas platyrhynchos f. domestica* [Comparison of sizes of selected part of upper respiratory tract in the Wild mallard (*Anas platyrhynchos*) and the Pekin duck (*Anas platyrhynchos f. domestica*)]. *Zesz. Nauk. Przegl. Hod.* 68 (4), 9-18 [in Polish, abstract in English].
36. PROCTOR N S., LYNCH P.J., 1993 – The respiratory system. In: Manual of ornithology. Avian structure and function. Yale University Press, New Haven and London, 205-217.
37. RIGDON R.H., 1959 – The respiratory system in the normal white Pekin duck. *Poult. Sci.* 38, 196-209.
38. SCALA G., CORONA M., PEGALLI G.V., 1990 – Sur la struture de la syrinx cheez le canard (*Anas platyrhynchos*). *Anat. Histol. Embryol.* 19, 135-142 [in French, abstract in English].
39. SUTHERS R.A., 1990 – Contributions to birdsong from the left and right sides of the intact syrinx. *Nature* 347 (6292), 473-477.
40. SUTHERS R.A., 1994 – Variable asymmetry and resonance in the avian vocal tract: A Structuralbasis for individually district vocalizations. *J. Comp. Physiol.* 175, 457-466.
41. SUTHERS R.A., ZOLLINGER S.A., 2004 – Producing song: The vocal apparatus. *Annals New York Acad. Sci.* 1016, 109-129.
42. TSUKAHARA N., AOYAMA M., SUITA S., 2007 – Differences in vocalization and morphology of the syrinx between Carrion crows (*Corvus corone*) and Jungle crows (*C. macro-rhynchos*). *Kaibogaku Zasshi, J. Anat.* 82 (4), 129-135.
43. TYMMS A.O.V., 1913 – The syrinx of the common fowl, its structure and development. *Proc. Roy. Soc. Victoria* 25, 286-304.
44. VENEY S.L., WADE J., 2005 – Post-hatching syrinx development in the zebra finch: an analysis of androgen receptor, aromatase, estrogen receptor α and estrogen receptor β mRNAs. *J. Comp. Physiol. A* 191, 97-104.
45. WADE J., GONG A., ARNOLD A.P., 1997 – Effects of embryonic estrogen on differentiation of the gonads and secondary sexual characteristics of male zebra finches. *J. Exp. Zool.* 278 (6), 405-411.
46. WADE J., SPRINGER M.L., WINGFIELD J.C., ARNOLD A.P., 1996 – Neither testicular

- androgens nor embryonic aromatase activity alters morphology of the neural song system in zebra finches. *Biology of Reproduction* 55 (5), 1126-1132.
47. WARNER R.W., 1972 – The anatomy of the syrinx in Passerine birds. *J. Zool. Lond.* 168, 381-393.
48. WARNER R. W., 1971 – The structural basis of the organ of voice in the genera *Anas* and *Aythya* (Aves). *J. Zool. Lond.* 164, 197-207.
49. WARNER R.W., 1972 – The syrinx in family Columbidae. *J. Zool. Lond.* 166, 385-390.

Małgorzata Pierko, Ewa Działą-Szczepańczyk

Morphometric analysis of the syrinx in Mallard (*Anas platyrhynchos*) and Black scoter (*Melanitta nigra*)

Summary

The research material included 79 syrinxes of adult males of two bird species: 38 Mallard (A) and 41 Black scoter (B) ducks. The following determinations were carried out: body weight (BW) and body length (BL) of the birds, their sternum length (SL) and length of tarsometatarsus (TL) as well as syrinx weight (WS) and its length (LS). Males of the examined species had syrinx of tracheobronchial type (tracheobronchial syrinx), constructed of final cartilages of trachea and initial cartilages of the main bronchi (cartilaginous bronchosyringeales). However anatomy of syrinx in Black scoters (B) is much different than that one in mallards (A). A similarity includes lack of *membrana tracheosyringealis*, often occurring in anatomy of syrinx of other duck species. "A" drakes had distinctly larger syrinx (WS=2.61 g and LS=20.5 mm) as compared to "B" males (WS=0.20 g and LS=7.1 mm). Only two relationships in "A" birds were not statistically significantly correlated (LS-TL and WS-LS). In the remaining cases, statistically significant positive coefficients r at $P \leq 0.05$ were found (WS-BW: $r=0.392$; LS-BL: $r=0.402$; LS-SL: $r=0.409$). For "B" birds, significant correlations were recorded only in case of WS-BW at $P \leq 0.05$ where $r=0.397$ and insignificant correlations were always negative (LS-BL, LS-SL, LS-TL and WS-LS). For "A" birds, three relative indices were established: WS/BW=0.19%, LS/BL=4.02% and LS/SL=17.91%. For "B" birds, only WS/BW=1.29% was established. The remaining relative indicators in "B" group were not established because the absolute parameters were insignificantly correlated.

KEY WORDS: ducks / Mallard (*Anas platyrhynchos*) / Black scoter (*Melanitta nigra*) / syrinx / morphometry