

## De luchtzakken van vogels: visualisatie bij de kip door middel van de afgietseltechniek

*The avian air sacs: visualization in the chicken by means of the corrosion casting technique*

C. Casteleyn, D. François, P. Simoens, W. Van den Broeck

Vakgroep Morfologie, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Gent,  
Salisburylaan 133, B-9820 Merelbeke, Belgium

christophe.casteleyn@ugent.be

### SAMENVATTING

Wegens hun belangrijke fysiologische functies bestaat reeds gedetailleerde literatuur over de luchtzakken van vogels. Driedimensionale voorstellingen, die erg interessant zijn voor het klinisch onderzoek en in het bijzonder voor de medische beeldvorming, zijn echter zeldzaam. In de voorliggende studie werd het luchtzakkenstelsel van jonge kippen door middel van de afgietseltechniek gevisualiseerd. De negen luchtzakken die aangetoond konden worden, waren de enkelvoudige claviculaire luchtzak en de gepaarde hals-, voorste en achterste borst- en buikluchtzakken. Deze laatste waren veruit de grootste en waren verweven tussen de buikgewanden. De talrijke divertikels van de luchtzakken waren eerder klein, wat te wijten kan zijn aan de aangewende techniek of het feit dat het luchtzakkenstelsel nog niet volledig ontwikkeld is bij jonge vogels. Verder onderzoek naar mogelijke speciesverschillen en conformatieveranderingen van de luchtzakken bij groeiende dieren is aangewezen.

### ABSTRACT

Because of their important physiological functions, the avian air sacs have already been described in detail. However, three-dimensional illustrations, which are very useful for clinical research and in particular for medical imaging, are sparse. Therefore, in the present study the air sac system of young chickens was visualized using the corrosion casting technique. The 9 air sacs that could be demonstrated were the unpaired clavicular air sac and the paired cervical, cranial and caudal thoracic, and abdominal air sacs. The latter were by far the largest and were interwoven with the abdominal organs. The numerous diverticles extending from the air sacs were rather small. This might be the result of the applied technique or the fact that the air sac system has not yet been fully developed in young birds. Further studies investigating potential species differences or conformational changes of the air sacs in growing animals are valuable.

### INLEIDING

De aviaire luchtzakken (*sacci pneumatici* of *sacci aerophori*) spelen een hoofdrol in de ademhaling en geluidsproductie van vogels. Daarnaast regelen de luchtzakken ook de lichaamstemperatuur, verlagen ze het soortelijk gewicht van het dier en herverdelen ze het lichaamsgewicht tijdens het vliegen en zwemmen (Schummer, 1973; Vollmerhaus en Sinowatz, 1992).

Alhoewel de luchtzakken van vogels dikwijls beschreven worden in anatomische handboeken (Fitzgerald, 1969; Schummer, 1973; King, 1975; Vollmerhaus en Sinowatz, 1992; König *et al.*, 2007; Salomon en Krautwald-Junghanns, 2008) zijn driedimensionale voorstellingen, die onmisbaar zijn om inzicht te verwerven in de exacte lokalisatie en functie van de luchtzakken, eerder zeldzaam. Enkel heel recente handboeken (König *et al.*, 2007; Salomon en Krautwald-Junghanns,

2008) illustreren de luchtzakken aan de hand van een afgietselpreparaat dat echter niet in detail beschreven wordt. Andere auteurs (Fitzgerald, 1969; Schummer, 1973; King, 1975; Vollmerhaus en Sinowatz, 1992) tonen slechts, al dan niet schematische tekeningen.

Een degelijke kennis van het aviaire luchtzakkenstelsel kan bijvoorbeeld nuttig zijn bij het bestuderen van volumeveranderingen onder invloed van ademhalingsinfecties of tijdens de groei. Aangezien de kip in de meeste publicaties als model wordt gebruikt, zijn mogelijke diersoortverschillen amper onderzocht. In de officiële nomenclatuurlijst van de aviaire anatomie wordt weliswaar af en toe verwezen naar soortverschillen, maar door de inconsistente naamgeving aangewend door verscheidene auteurs is een eenduidige interpretatie van de gegevens niet voor de hand liggend (King, 1979). Andere onopgeloste vragen betreffen de klinische symptomen die optreden wanneer morfolo-

gische veranderingen in het luchtzakkenstelsel voorkomen.

In deze studie wordt daarom de ruimtelijke organisatie van de luchtzakken van de kip door middel van de afgietseltechniek beschreven. Deze techniek wordt dikwijls gebruikt om replica's van het bloedvatensysteem te maken maar kan ook aangewend worden om afgietsels van lichaamsholten of holle organen te produceren (Callewaert *et al.*, 2008; Casteleyn, 2008; Saber *et al.*, 2008; Sricharoenvej *et al.*, 2008; Casteleyn *et al.*, 2010). Ook hier wordt de kip als model beschreven om de bekomen gegevens te kunnen vergelijken met de literatuur die grotendeels de kip behandelt. Deze diersoort is ook van groot economisch belang zoals blijkt uit het gebruik van de kip in geavanceerde wetenschappelijke studies (De Herdt *et al.*, 2008; Martel en Pasmans, 2008; De herdt *et al.*, 2009).

## MATERIAAL EN METHODEN

### Dieren

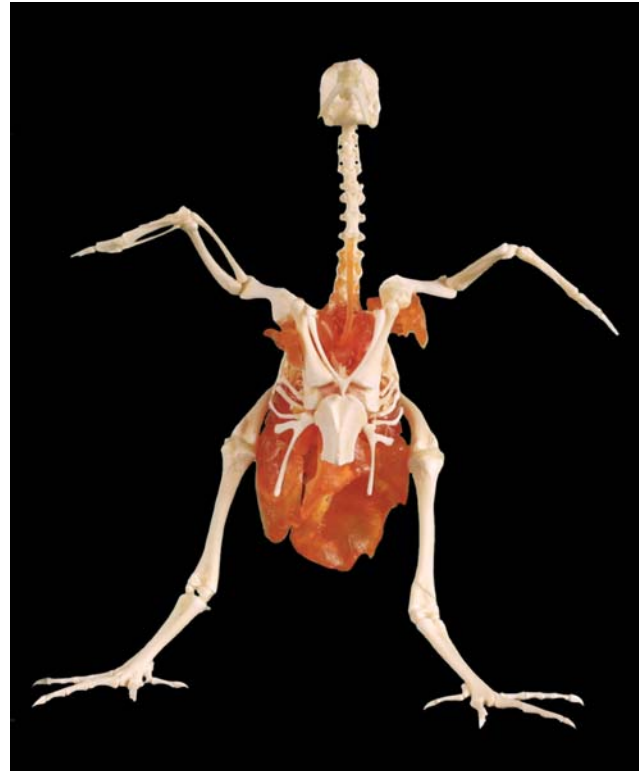
Deze studie werd uitgevoerd bij vijf 10 dagen oude, vier 12 dagen oude en vijf 18 dagen oude ROSS 308-vleeskippen. De dieren werden geëuthanaseerd door middel van een injectie met 0,2 ml T61® (embutamide 200 mg, mebenzoniumiodide 50 mg, tetracaine hydrochloride 5 mg, dimethylformamide et aqua dest. q.s. ad 1 ml, Intervet Belgium, Mechelen, België) in de oppervlakkige ulnairvene (*v. ulnaris superficialis*).

### Afgietseltechniek

Alle afgietsels werden vervaardigd met de Batson's #17 Plastic Replica and Corrosion Kit (Brunschwig chemie B.V., Amsterdam, Nederland). Het afgietselpolymeer werd klaargemaakt volgens de instructies van de fabrikant.

De lucht die in de luchtzakken aanwezig was, werd eerst geëvacueerd door het samendrukken van de kadavers. Dit verhinderde het ingesloten geraken van luchtbelletjes in de afgietsels. Het afgietselproduct werd vervolgens in het luchtzakkenstelsel geïnjecteerd langs een 14 G-katheter (Cathlon IV™, Critikon, Tampa, Verenigde Staten) die in de trachea werd ingevoerd. Wanneer terugvloeit van het polymeer in de trachea werd waargenomen, werd de vulling van het luchtzakkenstelsel als volledig beschouwd. Naargelang de leeftijd van de dieren kon 35 ml tot 100 ml afgietselmedium geïnjecteerd worden.

Vervolgens werden de preparaten tijdens de exotherme polymerisatiereactie van het afgietselproduct gedurende een half uur in koud water ondergedompeld. Eens de polymerisatie teneinde was, werden elf van de veertien kippen gemacereerd gedurende drie dagen in een oplossing van 25% kaliumhydroxide (Roth, Karlsruhe, Duitsland) in gedistilleerd water bij kamertemperatuur. Na volledige weefselvertering werden de overblijvende afgietsels van de luchtzakken gedurende drie uur gespoeld onder lauw stromend kraantjeswater.



**Figuur 1.** Vooraanzicht van het skelet van een kuiken waarop de topografie van de luchtzakken gevisualiseerd is door middel van de afgietseltechniek.

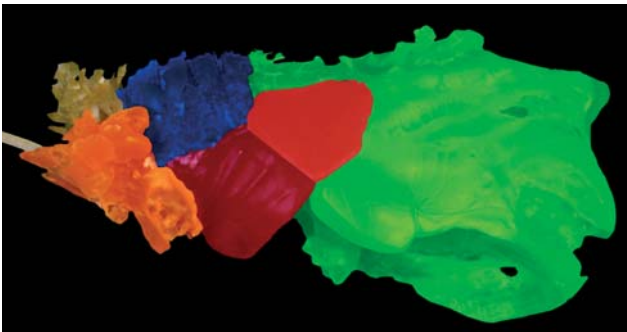
Een laatste wasbeurt in gedistilleerd water verhinderde de neerslag van mineraalkristallen die aanwezig zijn in kraantjeswater. De afgietsels werden tenslotte op filterpapier bij kamertemperatuur gedroogd in een trek-kast.

De overige drie dieren werden na de polymerisatie niet gemacereerd, maar werden anatomisch gedissecteerd. Daarna werden hun weefsels zoveel mogelijk manueel verwijderd. Weefselrestanten werden weggeëst door onderdompeling in een bad met natriumhypochloriet 42° (VWR International NV/SA, Leuven, Belgium) gedurende 20 minuten. Deze procedure liet toe het skelet samen met het luchtwegenafgietsel te bewaren. Na het spoelen onder koud stromend kraantjeswater werden de anatomische preparaten gebleekt met 10% zuurstofwater (UNIVAR Benelux N.V., Brussel, België). Het resultaat is te zien in Figuur 1.

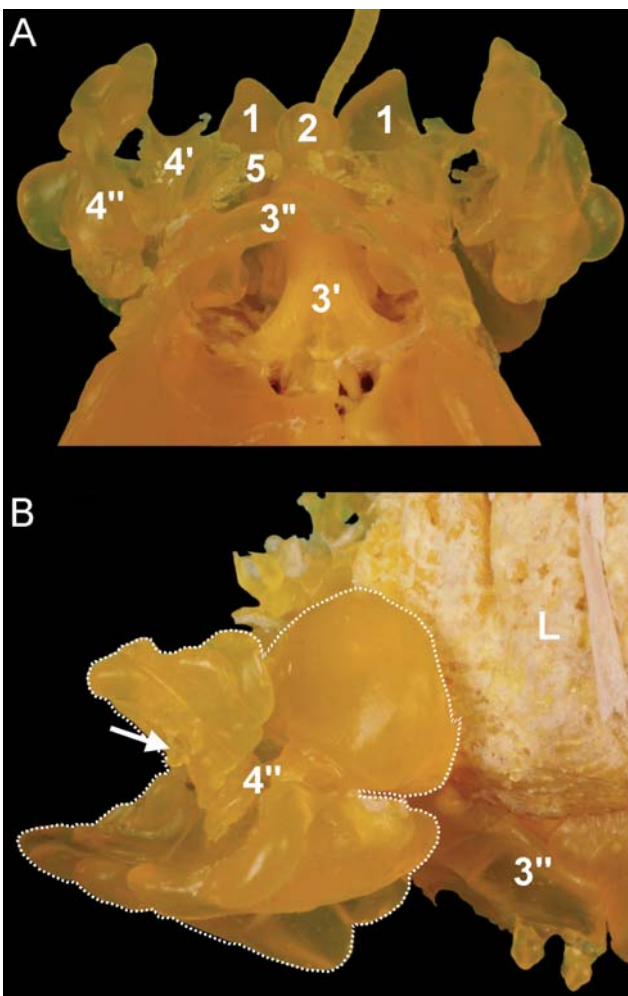
De afgietsels werden macroscopisch onderzocht en indien nodig ontleed. Foto's werden genomen met een digitaal fotoestel (Canon EOS 300D, Canon Belgium, Diegem, België).

## RESULTATEN

De volgende beschrijving is gebaseerd op bevindingen waargenomen bij verschillende preparaten. Tijdens de vulprocedure raakten immers niet alle luchtzakken op elk preparaat volledig met polymeer gevuld. De configuratie van het luchtzakkenstelsel vertoonde geen verschillen tussen de drie leeftijdsgroepen. De luchtzakafgietsels van de oudere dieren waren het grootst.



**Figuur 2.** Lateraal linkeraanzicht van een afgietsel van het aviaire luchtzakkenstelsel waarop de verschillende luchtzakken geïdentificeerd zijn. Grijs = trachea, geel = halsluchtzak (thoracaal deel), oranje = claviculaire luchtzak, blauw = long, rood = voorste borstluchtzak, roze = achterste borstluchtzak, groen = buikluchtzak.



**Figuur 3.** Ventraal (A) en lateraal (B) aanzicht van een afgietsel van de claviculaire luchtzak. Het craniale deel dat bestaat uit een conische craniale linker- en rechteruitloper (1) die het onpare centrale deel (2) flankeren en het gepaarde caudale deel met het volledig intrathoracale supracardiale (3') en subcardiale divertikel (3''), het intrathoracale (4') en extrathoracale segment van het axillaire divertikel (4''), het divertikel in het ravenbeksbeen (5) en de long (L) zijn aangeduid. De aanzet tot het humerale divertikel is aangeduid met de pijl.

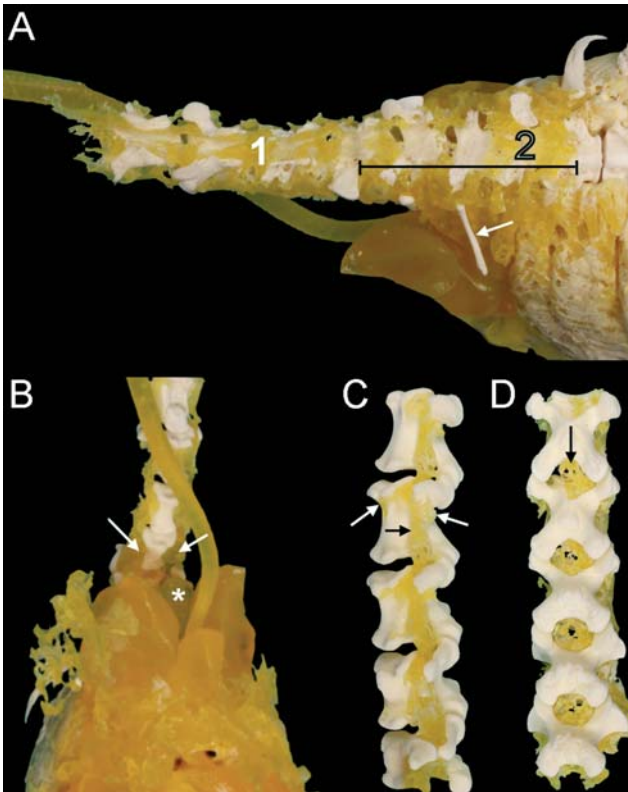
Het luchtzakkenstelsel van vogels bestaat uit negen luchtzakken. Dit zijn de enkelvoudige claviculaire luchtzak en de gepaarde hals-, voorste en achterste borst- en buikluchtzakken (Figuur 2). Al deze luchtzakken konden met de beschreven techniek aanschouwelijk voorgesteld worden en worden hieronder meer in detail beschreven.

### Claviculaire luchtzak (*saccus clavicularis*)

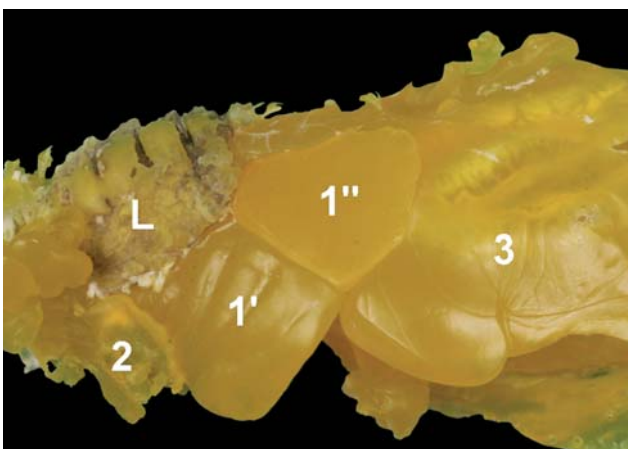
De enkelvoudige, maar bilateraal symmetrische claviculaire luchtzak is cranioventraal van de longen gelegen (Figuur 2). Hij wordt bijna volledig omgeven door de schoudergordel en het borstbeen (Figuur 1). Door de aanwezigheid van talrijke divertikels lijkt de claviculaire luchtzak erg onregelmatig van vorm (Figuur 3A). Hij bestaat uit een craniaal en een caudaal deel (respectievelijk *pars cranialis* en *pars caudalis*). Het craniale deel vertoont een sferisch centraal compartiment dat ventraal van de trachea ligt en geflankeerd wordt door een conische craniale linker- en rechteruitloper. In het caudale deel wordt een intrathoracaal segment onderscheiden dat een ventraal en een dorsaal van het hart gelegen compartiment bevat (respectievelijk het *diverticulum subcardiacum* en het *diverticulum supracardiacum*). Daarnaast is er nog een segment dat bijna volledig extrathoracaal ligt en drie divertikels vertoont. Het gepaarde, conische coracoïdale divertikel dat nabij het subcardiale divertikel ligt pneumatiseert het ravenbeksbeen (*os coracoideum*). Het grote, gepaarde en sferische axillaire divertikel omgeeft het schoudergewricht en bestaat uit een lateraal extrathoracaal en een mediaal intrathoracaal compartiment. Het humerale divertikel tenslotte was in de voorliggende studie in geen enkel preparaat goed gevuld door het afgietselpolymeer, maar in alle preparaten drong een kleine uitloper van de luchtzak in het *foramen pneumaticum* van het opperarmbeen (Figuur 3B).

### Halsluchtzakken (*sacci cervicales*)

De gepaarde halsluchtzak is opgebouwd uit een centraal, een thoracaal en een cervicaal segment (Figuur 4A en B). Het enkelvoudige, kegelvormige centrale deel van de halsluchtzak bevindt zich dorsaal van de trachea op het niveau van de laatste halswervel en wordt beiderzijds geflankeerd door de craniale uitlopers van de claviculaire luchtzak (Figuur 4B). Het gepaarde thoracale segment reikt vanaf de voorlaatste halswervel tot de derde rugwervel. Het cervicale segment bestaat uit een intertransversaal linker- en een rechterkanaal (*ductus intertransversarius*) dat reikt tot aan de atlas (Figuur 4B en C). Het verloopt samen met de vertebrale arterie en vene doorheen het beenderige transversale kanaal (*canalis transversalis*), dat gevormd wordt door de opeenvolgende transversale openingen (*foramina transversaria*) in de dwarsuitsteeksels van de halswervels. Elke *ductus intertransversarius* geeft daarenboven supramedullaire divertikels (*diverticula supramedullaria*) af die in de intervertebrale openingen (*foramina intervertebralia*)



**Figuur 4.** Afgietsel van de halsluchtzak. **A:** lateraal linkeraanzicht met aanduiding van het cervicale (1) en het thoracale segment (2). De pijl duidt de eerste rib aan. **B:** ventrolateraal aanzicht waarop de craniale top van het kegelvormige centrale segment (asterisk) te zien is. De pijlen duiden op de intertransversale kanalen die de thoracale en cervicale divertikelsegmenten verbinden. **C:** lateraal aanzicht van de halswervels met aanduiding van het beiderzijdse intertransversale kanaal (zwarte pijl) dat lateraal doorheen het transversale kanaal van de halswervels loopt en verschillende vertebrale divertikels (witte pijlen) afgeeft die langsheen de halswervels gelegen zijn. **D:** dorsaal aanzicht van de halswervels met aanduiding van het supramedullaire divertikelsysteem (pijl).



**Figuur 5.** Lateraal linkeraanzicht van een afgietsel van de borstluchtzakken. De voorste (1') en achterste borstluchtzak (1'') alsook het subcardiale divertikel van de clavculaire luchtzak (2) en de buikluchtzakken (3) zijn zichtbaar. Impressies van de ribben zijn aanwezig op het oppervlak van de long (L) en de voorste borstluchtzak.

tussen twee opeenvolgende halswervels dringen en zodoende dorsaal van het ruggenmerg tegen de wervelbogen aan liggen (Figuur 4D). Ook ontstaan er uit de *ductus intertransversarius* verschillende vertebrale divertikels (*diverticula vertebralia*) die uitwendig tegen de halswervels aan liggen (Figuur 4C).

#### Voorste borstluchtzakken (*sacci thoracales craniales*)

De voorste borstluchtzakken liggen ventraal van de longen en caudaal van de subcardiale divertikels van de clavculaire luchtzak (Figuur 5). Ze bevinden zich, net zoals de achterste borstluchtzakken, in de subpulmonale ruimte (*cavum subpulmonale*) die omsloten wordt door de lichaamswand en het schuine en horizontale borsttussenschot. De dichte appositie van de voorste borstluchtzak en de lichaamswand is af te leiden uit de aanwezigheid van indrukken van de sternale ribben op het oppervlak van het afgietsel van deze luchtzak.

#### Achterste borstluchtzakken (*sacci thoracales caudales*)

De achterste borstluchtzakken liggen caudaal van de longen en dorsocaudaal van de voorste borstluchtzakken. Ze liggen lateraal van de craniale delen van de buikluchtzakken (Figuur 5). Net zoals de voorste borstluchtzakken bevinden ze zich in de subpulmonale ruimte.

#### Buikluchtzakken (*sacci abdominales*)

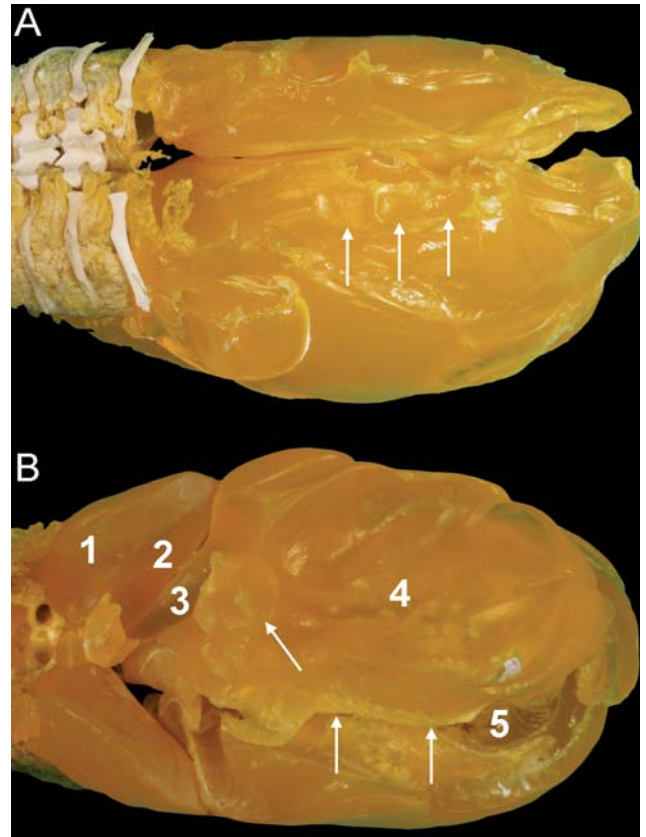
De gepaarde buikluchtzak is veruit de grootste luchtzak van de kip (Figuur 2). Hij strekt zich in craniocaudale richting uit vanaf de longen tot de bekkenholte. Zijdelings staat hij in contact met de lichaamswand. De linkerbuikluchtzak is duidelijk groter dan de rechter. De grens tussen beide bevindt zich niet in het mediane vlak maar verloopt schuin naar de caudale rechterzijde van de buikholtte toe. Bijgevolg overschrijdt het achterste gedeelte van de linkerbuikluchtzak de middenlijn.

De buikluchtzakken liggen verweven tussen de ingewanden (Figuur 6). Op die manier ontstaan er op de luchtzakafgietsels indrukken van buikorganen, waaronder de nieren aan de dorsale zijde van beide buikluchtzakken (Figuur 7A), de lever, de klier- en spiermaag en de milt aan de ventrale zijde van de linkerbuikluchtzak en de darmen aan het ventrale oppervlak van de rechterbuikluchtzak (Figuur 7B).

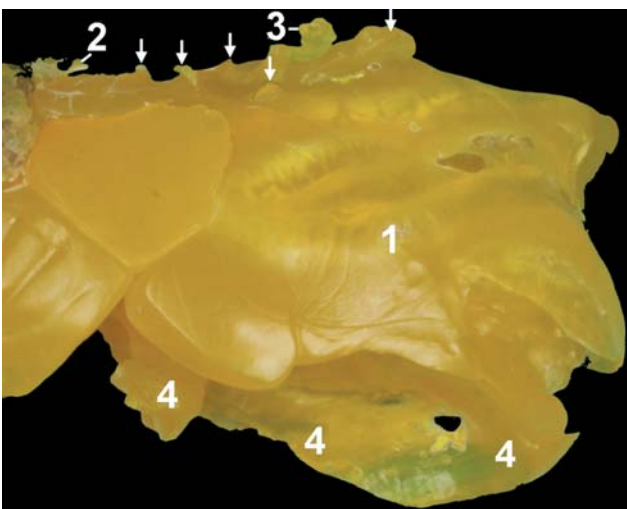
Elke buikluchtzak heeft drie dorsale divertikels (Figuur 8 en 9). De beiderzijdse iliolumbale divertikels (*diverticulum iliolumbale*) ontstaan op het niveau van de zesde intercostaalruimte en bevinden zich in het lumbosacrale kanaal, het acetabulaire divertikel (*diverticulum acetabulare*) omgeeft het heupgewricht, en de nierdivertikels (*diverticula perirenalia*) bevinden zich rondom en tussen de verschillende nierlobben. Aan de ventrale zijde van de linkerbuikluchtzak be-



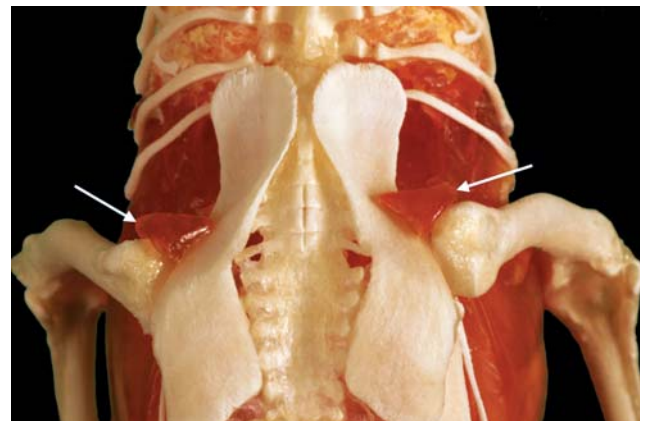
**Figuur 6.** Caudoventraal aanzicht van de buikgewanden van een kip waarvan de luchtzakken met afgietselmedium gevuld zijn. De spiermaag (1) en de darmen (2) liggen verweven tussen de buikluchtzakken (geel).



**Figuur 7.** Afgietselpreparaat van de buikluchtzakken. A: dorsaal aanzicht dat de indrukken van de craniale, middelste en caudale lobben van de nier (pijlen) demonstreert. B: ventraal aanzicht dat de impressies van zowel de lever (1), de kliermaag (2), de milt (3), de spiermaag (4) en de cloaca (5) toont. De pijltjes duiden de maagdivertikels aan.



**Figuur 8.** Lateraal linkeraanzicht van een afgietsel van de buikluchtzakken (1) waarop de iliolumbale (2), acetabulaire (3) en maagdivertikels (4) te zien zijn. De verschillende nierdivertikels worden door de pijlen aangeduid.



**Figuur 9.** Caudodorsaal aanzicht op het skelet van een kuiken waarvan de luchtzakken met polymeer zijn gevuld. In het bijzonder zijn de acetabulaire divertikels (pijlen) van de buikluchtzakken te zien.

vinden zich de omvangrijke maagdivertikels (*diverticula gastrica*) die craniaal en mediaal van de spiermaag gelegen zijn.

## DISCUSSIE

De nomenclatuur aangewend in deze studie is gebaseerd op de officiële anatomische nomenclatuur van de vogels (Nomina Anatomica Avium; King, 1979) en de uitgebreide beschrijvingen van Vollmerhaus en Sinowatz (1992). Andere anatomische werken, zoals bijvoorbeeld die van König *et al.* (2007), bespreken de aviaire luchtzakken niet in detail, maar beperken zich tot hun algemene structuur. Opvallend genoeg wordt slechts een gering aantal anatomische termen opgelijst in de officiële woordenlijst. In de huidige studie wordt de officiële nomenclatuur zoveel mogelijk gevolgd en waar nodig aangevuld met de uitgebreide terminologie voorgesteld door Vollmerhaus en Sinowatz (1992), al is deze uitgebreide terminologie niet officieel bekrachtigd en dus slechts indicatief. Verder worden er in de literatuur verschillende termen gevonden voor eenzelfde anatomische structuur. Typische voorbeelden daarvan zijn het gebruik van de term ‘*sacci aerophori*’ door Schummer (1973) daar waar enkel ‘*sacci pneumatici*’ officieel erkend is (King, 1979), of de verwarring rond het gebruik van de termen ‘*diverticulum sternale*’ en ‘*diverticulum subcardiale*’ die wellicht dezelfde structuur aanduiden. In de huidige studie worden de meest duidelijke termen met descriptieve waarde gehanteerd en worden de beschrijvingen weergegeven zonder al te diep in te gaan op details.

Doordat de clavculaire en de halsluchtzakken erg complex zijn en veel divertikels bevatten, zijn deze technisch moeilijk volledig met afgietselpolymeer te vullen. Daarenboven zijn deze divertikels heel fragiel waardoor ze dikwijls verloren gaan tijdens het macereren van de weefsels. De borst- en buikluchtzakken hebben een veel eenvoudiger conformatie waardoor er gemakkelijker afgietsels van kunnen gemaakt worden.

De centrale en thoracale segmenten van de halsluchtzakken waren op de meeste gemacereerde preparaten in de huidige studie goed zichtbaar. Het halsgedeelte reikte slechts tot aan de negende halswervel en niet tot aan de *atlas*, waar de *ductus intertransversarius* door het ontbreken van een *foramen transversarium* eindigt (Schummer, 1973). Op de anatomische dissectie tijdens het prepareren van de skeletten werd dit halsgedeelte wel waargenomen. De halsluchtzak wordt door Schummer (1973) als gepaard omschreven. Dit contrasteert met de visie van King (1975) en König *et al.* (2007) die een onpare halsluchtzak beschrijven. Doordat deze auteurs allen de kip bespreken, zijn speciesverschillen wellicht niet aan de orde. De resultaten van de onderhavige studie wijzen uit dat de cervicale en thoracale segmenten gepaard zijn, terwijl het kegelvormige centrale segment onpaar is. In elk geval is de halsluchtzak bilateraal symmetrisch.

De clavculaire luchtzak vertoont veel divertikels die uitlopen tussen de schoudergordel en de vleugel-

spieren (Schummer, 1973). Doordat deze structuren druk uitoefenen, is het technisch moeilijk de clavculaire luchtzak volledig met afgietselmedium te vullen. In het bijzonder was er slechts een kleine aanzet tot het humerale divertikel in de onderzochte kuikens aanwezig. Schummer (1973) daarentegen vermeldde een omvangrijk divertikel dat het opperarmbeen van de kip ruim binnendrong. De positie van de vleugel tijdens het opspuiten kan een invloed op de vullingsgraad van dit divertikel uitoefenen. In de huidige studie werden de vleugels vrij langs het lichaam gehouden tijdens het opspuiten waardoor het afsnoeren van het pneumatische kanaal echter weinig waarschijnlijk was. Een plausible verklaring voor de slechte vulling van het humerale divertikel in deze studie is de mogelijk geringe ontwikkeling ervan bij kuikens. De clavculaire luchtzak is zonder twijfel onpaar, maar wel symmetrisch, hetgeen door de regelmatige ordening van de subcardiale divertikels geaccentueerd wordt.

Aangezien de borstluchtzakken in de subpulmonale ruimte gelegen zijn, vullen ze gemakkelijk op met afgietselpolymeer. Bijgevolg waren ze in deze studie op alle preparaten aanwezig.

Alle afgietselpreparaten toonden ook aan dat de linkerbuikluchtzak duidelijk groter was dan de rechter. Dit contrasteert met de bevindingen van Schummer (1973), die beweert dat de rechterbuikluchtzak van de kip de grootste is. Deze tegenstrijdigheid kan te wijten zijn aan de jonge leeftijd van de hier onderzochte dieren, waarbij de buikingewanden nog niet volledig ontwikkeld waren.

Niettegenstaande het feit dat er geen configuratieverschillen konden waargenomen worden tussen de drie leeftijdsgroepen, is het aannemelijk dat robuustere divertikels aanwezig zijn bij oudere dieren. De kleine nier- en iliolumbale divertikels van de buikluchtzakken waren moeilijk te visualiseren. Volgens Schummer (1973) dringen deze laatste het lumbosacrale wervelkanaal binnen. In de huidige studie was er echter slechts een kleine aanzet van het iliolumbale divertikel zichtbaar. Evenzeer waren de uitpuilingen van de divertikels in de gepneumatiseerde botten van de borstkas, de schouder- en bekkengordel en de ledematen moeilijk te observeren (Schummer, 1973). De acetabulaire divertikels die het heupgewricht omgeven, leken daarentegen in veel preparaten volledig gevuld. De onvolledige aanwezigheid van sommige divertikels in de preparaten kan te wijten zijn aan tekortkomingen in de aangewende afgietseltechniek. Het is echter ook mogelijk dat deze divertikels hun uiteindelijke grootte bij de jonge dieren nog niet hadden bereikt. Verder onderzoek naar de groei van de aviaire luchtzakken is daarom nuttig. Ook kan het belangrijk zijn na te gaan in hoeverre differentiatie tussen species, zoals vliegende vogels en loopvogels, implicaties heeft voor de ontwikkeling van het luchtzakstelsel. Om dit te onderzoeken kan een eerste stap het creëren van luchtzakafgietsels van duiven zijn. Het onderzoek van de luchtzakken van gezelschapsvogels kan misschien praktische implicaties voor anesthesie en chirurgie aan

het licht brengen. Bij kippen of industrieel gehouden vogels ligt het belang van het luchtzakkenonderzoek wellicht meer bij de invloed van infecties op de aviaire ademhaling.

#### DANKWOORD

De auteurs bedanken dr. E. Teirlynck voor het ter beschikking stellen van de dieren.

#### LITERATUUR

- Callewaert B.L., Loeys B.L., Casteleyn C., Willaert A., Dewint P., De Backer J., Sedlmeier R., Simoens P., De Paepe A.M., Coucke P.J. (2008). Absence of arterial phenotype in mice with homozygous *slc2A10* missense substitutions. *Genesis* 46, 385-389.
- Casteleyn C. (2008). Vascular anatomy of the mouse visualized by the corrosion casting technique - A study of the thoracic aorta and its main branches. *Thesis submitted to acquire the diploma of Master in Laboratory Animal Science*, Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, pp. 9-31.
- Casteleyn C., Trachet B., Van Loo D., Devos D.G.H., Van den Broeck W., Simoens P., Cornillie P. (2010). Validation of the murine aortic arch as a model to study human vascular diseases. *Journal of Anatomy* 216, 563-571.
- De Herdt P., Paul G., Koopman R., Van De Zande S. (2008). Field experiences with ERS type reovirus infections in diseased broilers reared under Western European field circumstances. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 77, 171-175.
- De Herdt P., Defoort P., Van Steelant J., Swam H., Tanghe L., Van Goethem S., Vanrobaeys M. (2009). Enterococcus cecorum osteomyelitis and arthritis in broiler chickens. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 78, 44-48.
- Fitzgerald T.C. (1969). Respiratory System. In: Fitzgerald T.C. (Editor). *The Coturnix Quail*. The Iowa State University Press, Ames, pp. 239-253.
- King A.S. (1975). Respiratory System In: Getty R. (Editor). *Sisson and Grossman's the Anatomy of the Domestic Animals*. Volume 2, 5<sup>th</sup> edition. W.B. Saunders Company, London, pp. 1883-1918.
- King A.S. (1979). Systema Respiratorium. In: Baumel J.J. (Editor). *Nomina Anatomica Avium*. Academic Press, London, pp. 227-265.
- König H.E., Navarro M., Mülling C., Liebich H.-G. (2007). Atmungsapparat (Apparatus respiratorius). In: König H.E., Liebich H.-G. (Editors). *Anatomie und Propädeutik des Geflügels*. Schattauer, Stuttgart, pp. 105-118.
- Martel A., Pasmans F. (2008). Moleculaire diagnostiek van infectieziekten bij gezelschapsvogels en reptielen. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 77, 44-48.
- Saber A., Abd-Elnaeim M., Hembes T., Pfarrer C., Salim A., Leiser R. (2008). Light and scanning electron microscopic study on the blood vascular system of the donkey placenta. *Anatomia, Histologia, Embryologia* 37, 86-94.
- Salomon F.-V., Krautwald-Junghanns M.-E. (2008). Anatomie der Vögel. In: Salomon F.-V., Geyer H., Gille U. (Editors). *Anatomie für die Tiermedizin*. Enke Verlag, Stuttgart, pp. 754-814.
- Schummer A. (1973). Atmungssystem, Systema respiratorium. In: Nickel R., Schummer A., Seiferle E. (Editors). *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band V: Anatomie der Hausvögel*. Verlag Paul Parey, Berlin, pp. 63-70.
- Sricharoenvej S., Niyomchan A., Lanlua P., Piyawinijwong S., Roongruangchai J. (2008). Microvasculature of the medulla oblongata in the Lyle's flying fox (*Pteropus lylei*). *Anatomia, Histologia, Embryologia* 37, 401-407.
- Vollmerhaus B., Sinowatz F. (1992). Atmungsapparat. In: Nickel R., Schummer A., Seiferle E. (Editors). *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Band V: zweite Auflage: Anatomie der Hausvögel*. Verlag Paul Parey, Berlin, pp. 159-223.