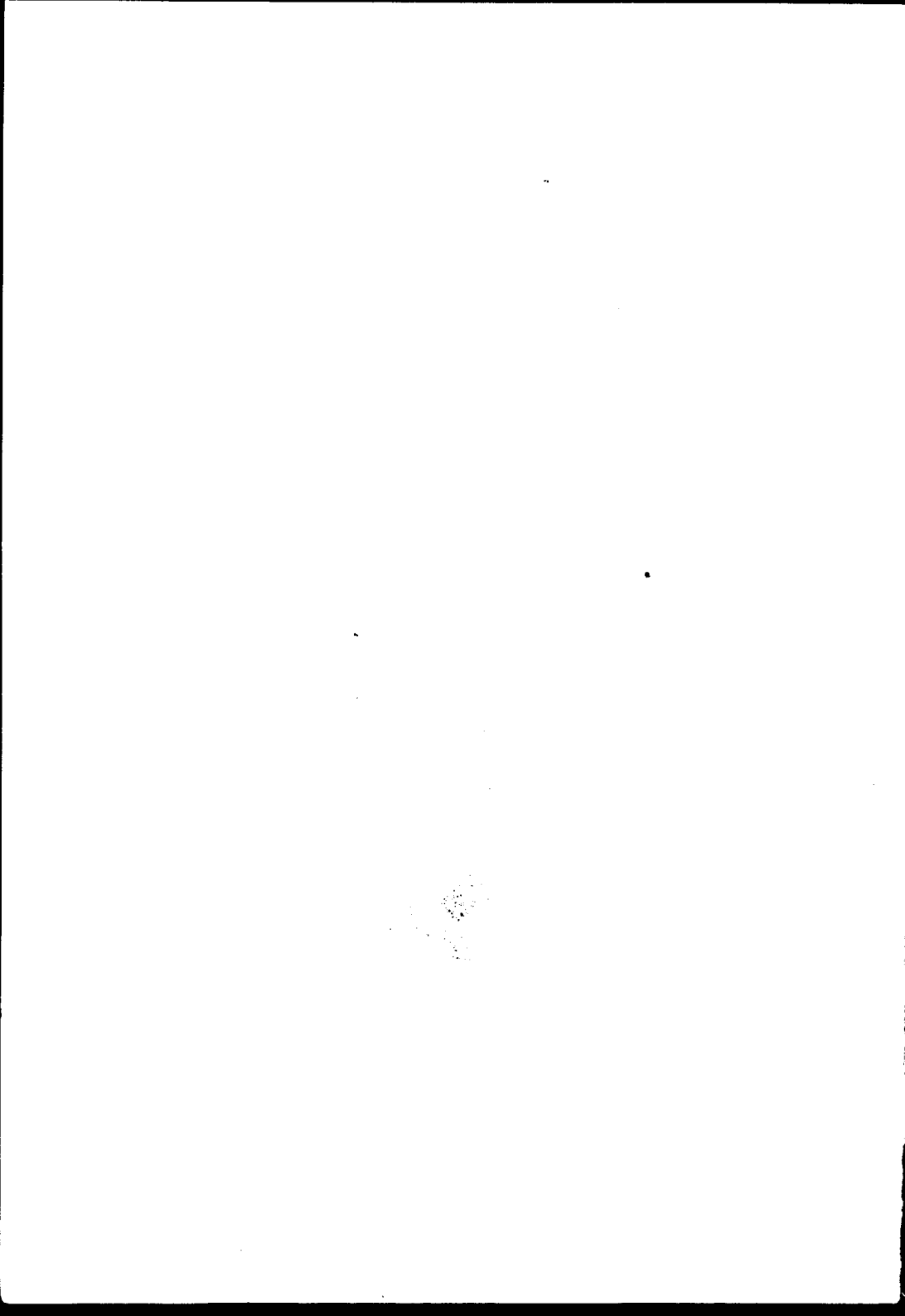




CLINICA OTO-RINO-LARINGOIATRICA DELLA R. UNIVERSITÀ DI ROMA
DIRETTA DAL PROF. GIUSEPPE FERRERI

Prof. GUGLIELMO BILANCIONI

Sul significato della laringe superiore e della siringe negli uccelli

(Prima memoria)

Estratto dagli *Atti della Clinica oto-rino-laringoiatrica*
della R. Università di Roma, Anno 1920



ROMA
TIP. « LE MASSIME » - GIUSEPPE FARRI
Via delle Tre Pile, 7

1921

Sul significato della laringe superiore e della siringe negli uccelli

(Prima memoria)

Prof. GUGLIELMO BILANCIONI

Gli uccelli hanno due laringi: una al sommo, l'altra alla base della trachea: la seconda soltanto, la inferiore, che dal flauto di Pan ha preso il nome di *siringe*, produce i suoni, la prima non agisce forse che per la risonanza. E la varietà delle attitudini vocali, immensa negli uccelli, risponde a una grandissima diversità nei particolari della struttura della laringe e nella conformazione della trachea.

Pregio degli uccelli è la voce, così forte, così limpida, così piena. « Altra armoniosa e soave come quella dell'Usignolo, quella de' Merli, e d'altri; l'hanno altri fastidiosa, e gemente, come il Colombo, e la Tortora; altri poi l'hanno garrula, dura, e stridula, ed aspra, come la Castrica, la Ghiandaia; in altri si sente paurosa, e quasi segreta, come nelle Storne, e nelle Coturnici; altri l'hanno universale, ed imitatrice di tutte le suddette voci insieme, come gli Storni, e Picche, e Gazze... » (Vincenzo Tanara, p. 8). E' ben vero che ve ne sono molti i quali non danno che poche note, od anche suoni aspri e ingrati; ma la grande maggioranza ha voce pieghevole e ricca di modulazioni. Uccelli assolutamente muti non se ne conoscono.

Valga per tutti, corifeo melodioso, l'usignolo.

Già Plinio, nella sua *Naturalis Historia* (lib. X, cap. 29) dà una descrizione particolareggiata del suo canto ed enumera una serie di epiteti tuttora applicabili, tanto sono esatti e rispondenti alle doti del cantore:

« Primum tanta vox tam parvo in corpuseculo, tam pertinax spiritus. Deinde in una perfecta musicae scientia modulatus aeditur sonus; et nunc continuo spiritu trahitur in longum, nunc variatur inflexo, nunc distinguitur conciso, copulatur intorto, promittitur revocato, infuscatur ex inopinato; interdum et secum ipse murmurat: *plenus, gravis, acutus, creber, extensus, ubi visum est vibrans, summus, medius, imus*. Breviterque, omnia tam parvulis in faucibus, quae tot

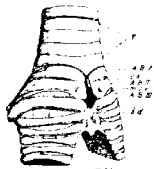


Fig. 1. — Scheletro della siringe della *Pica caudata*. *C a*, cartilagine aritenoida. *T*, timpano. *A B I*, *A B II*, *A B III*, primo, secondo e terzo semianello bronchiale. *M t e*, membrana del timpano esterna. *M t i*, membrana del timpano interna. *b d*, legamento bronchiale.

exquisitis tibiaram tormentis ars hominum excogitavit: ut non sit dubium hanc suavitatem praemonstratam efficaci auspicio, cum in ore Stesichori cecinit infantis... ».

Ricordate la pagina di prosa mirabile — essa stessa una musica — del d'Annunzio nell'*Innocente*?

« L'usignolo cantava. Da prima fu uno scoppio di giubilo melodioso, un getto di trilli facili che caddero nell'aria con un suono di perle rimbalzanti su per i vetri di un'armonica. Successe una pausa. Un gorgheggio si levò, agilissimo, prolungato straordinariamente come per una prova di forza, per un impeto di baldanza, per una sfida a un rivale sconosciuto. Una seconda pausa. Un tema di tre note, con un sentimento interrogativo, passò per una catena di variazioni leggiere, ripetendo la piccola domanda cinque o sei

volte, modulato come su un tenue flauto di canne su una fistula pastorale. Una terza pausa. Il canto venne elegiaco, si svolse in un tono minore, si addolcì come un sospiro, si affievolì come un gemito, esprime la tristezza di un amante solitario, un desio accorato, un'attesa vana, gittò un richiamo finale improvviso, acuto come un grido d'angoscia; si spense. Un'altra pausa, più grave; si udì allora un accento nuovo che non pareva uscire dalla stessa gola, tanto era umile, timido, flebile, tanto somigliava al pigolio degli uccelli appena nati, al cinguettio della passeretta; poi con una volubilità mirabile, quell'accento ingenuo si mutò in una progressione di note sempre più rapide che brillarono in volate di trilli, vibrarono in gorgheggi nitidi, si piegarono in passaggi arditissimi, sminuirono, crebbero, attinsero le altezze soprane. Il cantore s'inebbriava del suo canto. Con pause così brevi che le note quasi non finivano di spegnersi affondava la sua ebrietà in una melodia sempre varia, appassionata e dolce, sommessa e squillante, leggera e grave, e interrotta ora da gemiti fiochi, da invocazioni lamentevoli, ora da improvvisi impeti lirici, da invocazioni supreme... ».

Negli uccelli canori i muscoli della laringe inferiore sono in generale egualmente sviluppati; tuttavia l'attitudine al canto è molto diversa. Ogni specie ha suoni che le sono propri e una data estensione di voce; ciascuno ha un modo speciale di aggruppare le note in strofe che si distinguono facilmente, per diversa finezza, rotondità e forza, dalle affini; in alcuni generi tutta la canzone si limita a poche note, in altri comprende intere ottave. Le note distano l'una dall'altra una terza o una quinta.

Scrivè il Brehm :

« Gli uccelli riempiono con l'aria che respirano, oltre i polmoni, parecchie celle e sacchi che penetrano in tutto il corpo. L'aria dai polmoni penetra nei sacchi della cavità del petto, e da questi si diffonde nel corpo, e perfino nella maggior parte delle ossa, riempiendo le celle e i canali che nei mammiferi sono occupati dal midollo. La trachea consta di anelli ossei uniti da membrane, ed ha una *laringe superiore* ed una *inferiore*. La prima giace dietro la lingua,

è quasi triangolare, e non ha epiglottide (1); la sua apertura è circondata da noduli ricchi di nervi e rivestita agli orli da una membrana molle, muscolosa, che permette di chiudere perfettamente la laringe. La laringe inferiore si trova al termine della trachea, prima della divisione di essa nei bronchi, e non è invero che un ingrossamento dell'ultimo anello tracheale. Un angusto tramezzo, risultante da una du-

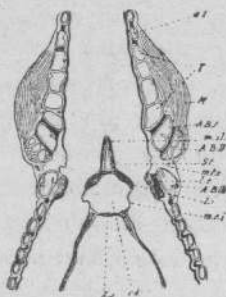


Fig. 2. — Sezione della siringe del *Turdus merula*. — *A t*, anello tracheale. *T*, timpano. *M*, muscolatura. *Sl*, membrana semilunare. *A B I, II, III*, primo, secondo e terzo anello bronchiale. *St*, ponticello. *Mte*, membrana del timpano esterna. *l*, labbro esterno. *l i*, labbro interno. *m t i*, membrana del timpano interna. *b d*, legamento bronchiale.

plicatura della membrana interna dalla trachea la divide nel mezzo formando due fessure, i margini delle quali essendo posti in oscillazione dall'aria espirata servono a generare la voce. Ai lati della laringe inferiore vi sono muscoli in numero da uno a cinque, destinati a mutare la forma della laringe: pochi uccelli mancano affatto di questi muscoli; altri, fra i quali si contano quasi tutti i canori, ne presentano cinque paia. Inoltre ai due lati della trachea

(1) Debbo aggiungere, a quanto osserva il Brehm, questo appunto: cioè la non esatta affermazione del Walton (*The Lancet*, 1880) rispetto ai volatili, che l'interpretazione dei risultati forniti dall'anatomia comparata, specie per quanto concerne gli uccelli, facciano emergere chiaramente la funzione vocale dell'epiglottide. Già Fabrizi d'Acquapendente sapeva che negli uccelli manca l'epiglottide.

corrono esternamente lunghi muscoli, i quali cominciando dalla laringe inferiore, in alcuni salgono fino alle orecchie e servono ad accorciare o ad allungare la trachea stessa. Alcuni generi hanno la trachea conformata in modo singolarissimo, poichè non sempre scende dall'estremità inferiore del collo immediatamente nell'interno del torace, ma talvolta s'addentra nella carena dello sterno, formando un'ansa

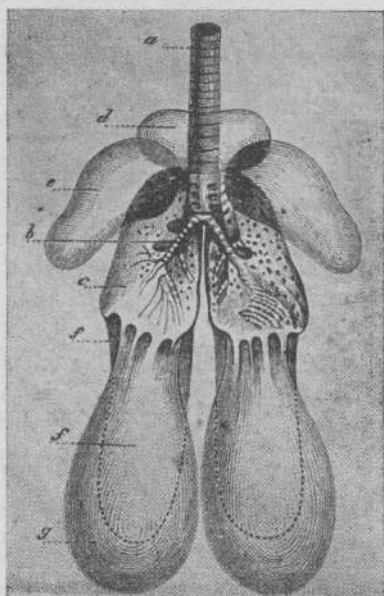


Fig. 3. — Apparecchio respiratorio della gallina. — *A* trachea. *b c*, bronchi e bronchioli. *d*, sacco aereo clavicolare. *e* sacchi cervicali. *f*, sacchi diaframmatici (in dietro). *g*, sacchi addominali.

più o meno profonda, che poi si volge in alto e quindi s'addentra nel torace ».

Dalle ricerche di Denker risulta che la conformazione anatomica della laringe inferiore del pappagallo non differisce essenzialmente da quella della laringe di altri uccelli; l'attitudine alla parola negli psittaci trova spiegazione da un lato nella conformazione della parte superiore delle vie aeree — e cioè nelle particolarità d'incurvatura della cavità della

faringe boccale — e dall'altro in uno speciale sviluppo della muscolatura della lingua. Oltre l'apparecchio fonatorio periferico, deve contribuire a questa facoltà un orecchio ben conformato anche nei suoi ordigni centrali.

*
* *

Di solito si dà a Giorgio Cuvier il merito di avere scoperto il punto preciso dove si forma la voce negli uccelli; ma in verità, dei naturalisti italiani molto tempo avanti avevano indagato il fenomeno.

Cuvier, Savart e Müller si sono fermati sul paragone della siringe con speciali strumenti musicali a fiato. Quando si dice che la siringe è l'organo del canto degli uccelli, par quasi di sottintendere la sua ragione di essere e il perchè essa è alla base della trachea, in immediato contatto con i bronchi, a mezzo il petto.

Vediamo queste antiche ricerche dimenticate, che hanno capitale importanza nella storia della fonetica biologica.

Ulisse Aldrovandi è stato il primo a scoprire la vera conformazione dell'apparato fonatorio degli uccelli e a delineare la presenza di una siringe. Egli è stato colpito dalla struttura di quell'apparecchio nel cigno: ne scrive così:

« *Aspera arteria admirandae sane structurae: nam oesophagum subiectum comitata ad iugulum descendens cum pervenit, non recta, ut in caeteris animantibus ad pulmones tendit, sed supra claviculas elevata in costam ossis pectoris, seu sterni inseritur. Est autem haec costa minime simplici osse composita, sed ex duobus lateralibus, et tertio superno his pro operculo incumbente fabricata, vaginaeque sive thecae figuram, et usum praebet. Ad huius finem posteaquam pervenit arteria, inferne in se instar serpentis reflectitur, et S litteram exprimit, moxque sub priore iam dicta portione ipsi superposita hanc capsulam denuo egreditur, et claviculis medijs conscensis harum iugo tanquam fulero innititur; atque ita sustentata denuo in morem tubae revolvitur, thoracisque cavum subiens antequam ad pulmones fertur, prius quasi laryngem alteram efformat, transversim secta, ossiculoque*

quantum ipsa lata est longo, et quod tenui membrana obtenditur, hiuleam fistulam, seu *syringam* organorum musicorum,

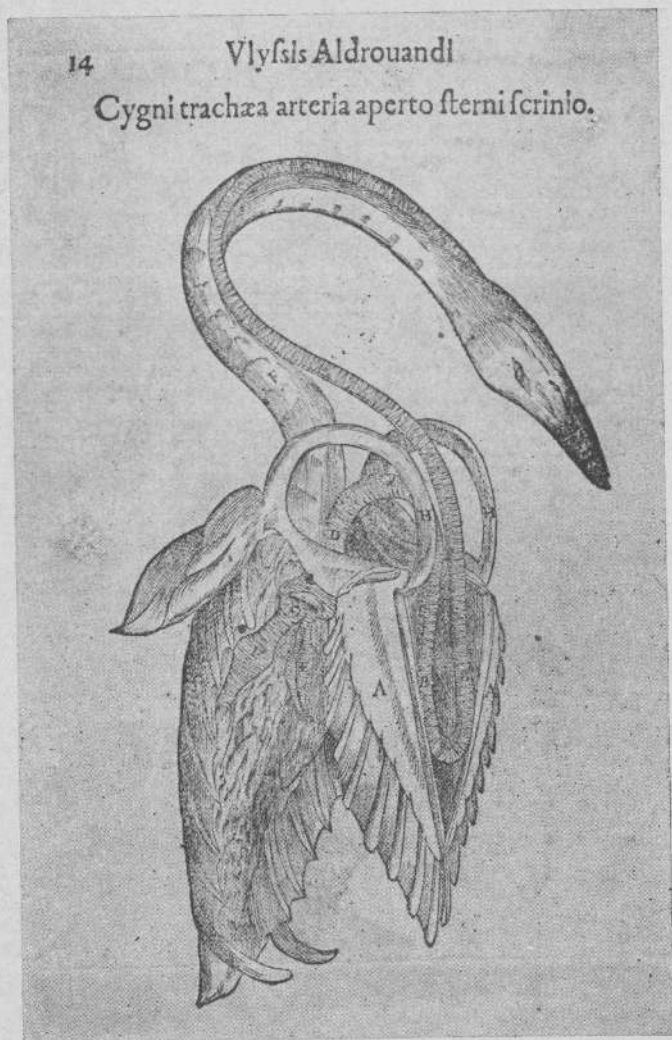


Fig. 4. — Apparato laringo-tracheale nel cigno, dopo asportato lo sterno, secondo Aldrovandi.

quorum modulatio divino cultui in templis adhibetur (vulgus *trombonem* vocat) quae inferiore sui parte simili fissura pa-

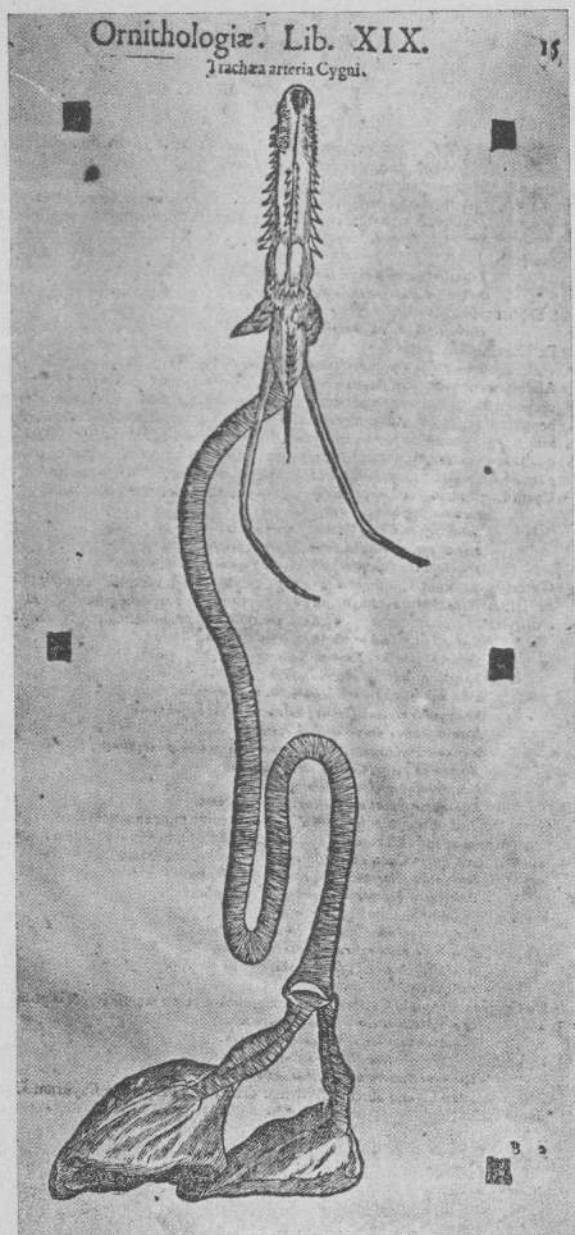


Fig. 5. — Laringe superiore e inferiore del cigno, secondo Aldrovandi.

tulae sunt, figura, ac compositione repraesentans. Sub hac larynge arteria in duos canales divaricatur... » (*Ornithologiae*, t. III, l. XIX, pag. 12).

Egli dà delle buone figure di questa sua scoperta che viene quasi dissimulata fra una congerie di citazioni classiche e di rievocazioni erudite. Strana mentalità dei vecchi naturalisti che sembra non sapessero descrivere le cose senza avere accanto il corredo prezioso e sfavillante della letteratura umanistica! Ma appunto da una controversia poetica sulla leggenda del cigno canoro lo studioso bolognese prese le mosse e giunse a scoprire la siringe degli uccelli!

Meditando Aldrovandi sul fenomeno di quella voce così forte e acuta, che emettono le anitre anche sott'acqua (era di parere che detta voce si generasse dai polmoni e che i bronchi e la trachea facessero da corpi di risonanza) pensò di dover ritrovare nella sezione anatomica di questi organi qualcosa, che rendesse ragione del fatto: « Vocem Anas cur tam acutam, atque magnam edat, tamquam diu sub aqua caput teneat cum apud meipsum mirarer, eam dissecui, causam eius scrutaturus, haud dubio ex arteriae asperae figura, quam sane diversam esse ab aliis reperi. Qua igitur bifariam divaricatur, in pulmones, vesicam quandam habet duram, cartilagineam, concavam, ubi maior apparet dextrorsum vergentem, eiusque beneficio, quae hactenus in ea stapebam obire iudicavi » (*Ornithologiae*, t. III. lib. XIX, pag. 190).

Aldrovandi opinò quindi che tutti gli uccelli che hanno voce più sonora o canto più dolce abbiano anche qualche organo aggiunto alla semplice laringe superiore. Trovò fra poeti e filosofi antichi la famosa controversia, dicendo questi che il cigno non canta e quelli asserendo che modula dolcissime armonie, piene di ineffabile mestizia, quando si sente presso a morte. Il nostro A. nel capo I del libro citato ne tratta, prima eruditamente, poi si rivolge all'anatomia, la quale, gli rivela nei cigni un organo simile a quello scoperto nell'anitra, così da non dubitare che servissero al canto: «... non modicam fidem faciet praeclara illa, et suscipienda arteriae asperae structura ante hac a nullo alio,

190

ANATOME.



VOCEM Anas cur tam acutam, atque magnam edat, tamq[ue] diu sub aqua caput teneat cum apud me ipsum mirarer, tam dissecui, causam eius scrutaturus, haud dubio ex arteria asperæ figura, quam sane diuersam esse ab alijs reperi. Quæ igitur bifariam diuincatur in pulmones, vesicam quandam habet duram, cartilagineam, concavam, via maior apparet dextror[um] v[er]gentem, eiusq[ue] beneficio, quæ hactenus in ea stup[er]ham, obire iudicauit. Prima igitur figura, cuius principium notatur littera A. ostendit totam linguam internam cum muscularis eandem mouentibus, & ossibus hyoidæis. C. vniuersam linguam ostendit. A. A. muscululos mouentes laryngem. BB. ossa hyoidæa. D. asperam arteriam. Secunda figura, cuius principium est B. ostendit vniuersam linguam coniunctam cum tota aspera arteria, in qua C. & F. indicant vesiculam arteriæ diuincationi oppositam. G. verò, & G. pulmones. Duæ alie, quæ subsequuntur figure ad valorum spermatocorum, & intestini anatomen pertinent. In priori AA. testiculos denotant, BB. vasa seminalia, C. venam euanam DD. huius ramos vases spermatice inferios. E. valorum cottonem. In secunda figura A. vropygium ostendit. B. intestinum rectum C. C. duplex intestinum cæcum, quas Aristoteles appendices vocat. Tertia figura intestinum Gallinæ representat, quam hic exhibere fuit necessarium, quod eadem tabula fuisse incisa. A. intestinum Gallinæ rectum demonstrat. B. C. vtriusq[ue] cæci extremos fines. D. cæcum superiori parte obstratum. E. idem ab inferiore parte apertum foramine quo faeces ex intestino recto regurgitant.

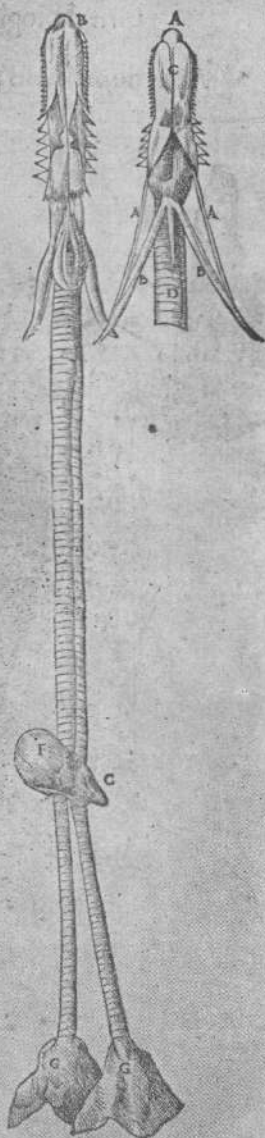


Fig. 6. — Apparato laringo-tracheale dell'anitra, secondo Aldrovandi.

quod equidem sciam, observata. Ea enim, cum duplici reflexione, tubae bellicae figuram exactissime repraesentet, qua quamlibet tam aentorum, quam gravium sonorum va-

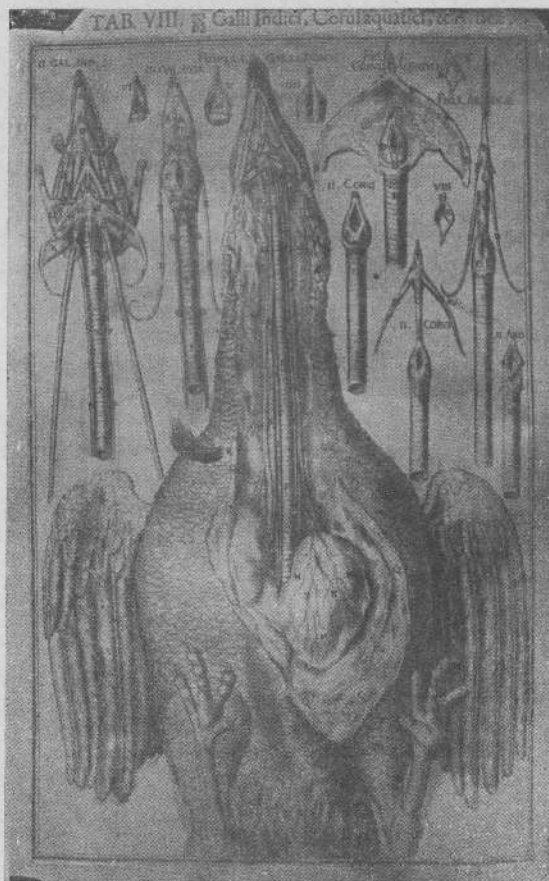


Fig. 7. — Riproduzione della tavola VIII del Casseri, *De vocis auditusque organis historia anatomica* (1600-1601).

Si vede come sia dall'A. ben delineata la laringe superiore e la trachea degli uccelli, ma esso ignori la esistenza della siringe, già scoperta dall'Aldrovandi.

rietatem modulantes tubicines effingere solent, natura nihil frustra facere neque etiam actionem ullam sine idoneis, functionique accomodatis instrumentis obire soleat, minime

vulgari organi argumento facile inducor, ut verisimiliorem eorum esse credam sententiam, qui dulce melos, praesertim morti vicinos (Cynos) cantare dicant » (ibid., lib. XIX, De usu, seu fine asperae arteriae, et de cantu, pag. 20).

Al tempo in cui si pubblicava questa ornitologia (1) il Casseri e Fabrizio d'Acquapendente attendevano ai loro trattati intorno alla laringe, nei quali, pur essendo così ricchi di apparato erudito e critico, non si faceva cenno degli organi scoperti da Aldrovandi.

Così dietro l'autorità di questi autori per quasi tutto il sec. XVII si ritenne che l'organo del canto negli uccelli fosse la laringe, che l'Acquapendente — nell'istituire numerosi confronti con i mammiferi — diceva esser facilmente visibile nelle loro fauci e di così semplice struttura, perchè

(1) Dalle lettere dell'Aldrovandi si vede come questo elaborasse con grande assiduità e fatica l'opera *De Aribus* e quali fossero i suoi intendimenti nel redigerla. Interessante è la seguente descrizione relativa alla lingua del picchio, di cui si occupò anche Leonardo:

« ... Ho veduto una cosa mirabile nella specie dei Pici, si come ancora nel Torcicollo e nella Cersia che hanno una lingua lunga come un nervetto, la qual tirando fuori si vien stendendo più di quattro dita, e poi la tira a se, che cibandosi questi uccelli di formiche et di altri animalletti, nascosti et generati fra le cortecce de gli arbori, cavano fuori detta lingua, et subito riempiendosi d'essi, la ritira in bocca et se ne ciba, ma mi è parso una cosa notabile che havendo fatto anatomia del capo de l'uno e de l'altro ho ritrovato due nervetti dentro il collo et hanno ligamento con la lingua. Di più si vede nella sommità della lingua un aculeo assai lungo e sotile che se serve per uccidere gli animalletti che piglia; et questo ho fatto dipingere nella anatomia degli uccelli come si vedrà nell'opera mia, che per il desiderio di farla compita et ornata vengo a supplicar humilmente V. Alta Ser.ma che quando capitasse qualche cosa in materia d'uccelli o di qualche altro animale, perchè intendo che le sono capitati tre Alci, si voglia degnare in qualunque maniera le piaccia farne degna della historia nostra... » (al Granduca di Toscana, da Bologna, 26 luglio 1587).

Si veggano: Le lettere di Ulisse Aldrovandi a Francesco I e Ferdinando I Granduchi di Toscana e a Francesco Maria II duca di Urbino tratte dall'Archivio di Stato di Firenze e illustrate da Oreste Mattiolo (*Mem. della R. Acc. delle Sc. di Torino*, 17 aprile 1904).

« amplius rimula terrestrium in profunda laryngis parte, volatiliū vero in summitate posita est ». Il Fabrizi ricercando le ragioni delle profonde differenze tra l'organo vocale dei vertebrati terrestri, specie dei mammiferi, e degli aerei: « differunt porro instrumenta vocis inter se potissimum terrestrium et pennatorum », così da dedicare all'argomento il cap. XII della terza parte della sua opera. Ma egli si appagò di trovare la ragione delle dissimiglianze nella assenza della epiglottide, nella varietà di alcuni muscoli, nella prevalenza o meno di sostanza cartilaginea rispetto alla ossea, e in altri fattori accessori. La ragione vera, fondamentale — la siringe — gli sfuggì.

Il reperto di Aldrovandi fu confermato dal Du Verney, in un pollo, nel 1686. Hérissant, Ballantus ed Uttinus portarono di poi nuovi contributi: il primo scoprì le labbra vocali, il secondo i muscoli propri.

Vi furono naturalisti cui parve impossibile che in taluni uccelli un organo così semplice si prestasse a tanta varietà e a tanta squisita arte di canto. Claude Perrault riprese lo studio degli organi scoperti dall'Aldrovandi e giovandosi della propria esperienza e del portato dei tempi fece progredire la questione.

Dopo avere escluso dal termine di vera voce, i suoni e i rumori che emettono alcuni animali, come gli insetti, il Perrault scrive: « La voix prise dans sa propre signification est de trois especes, savoir la simple qui n'est point articulée, celle qui ne l'est qu'imparfaitement, et celle qui l'est parfaitement, qu'on appelle parole. La voix simple est un son uniforme qui ne souffre aucune variation... ». E dopo avere recato alcuni esempi, dice come molti uccelli abbiano « une voix tres-simple, n'ayant presque point d'une variation que celle de ses entrecoupemens: car quoy que les Oiseaux soient fort recommandez par leur chant, il faut pourtant demeurer d'accord qu'il n'est que tres-peu articulé; si ce n'est dans ceux qui imitent la parole et le chant de l'homme et des instruments de musique... ».

Continua il Perrault: « Les organes de la voix simple sont de trois sortes, savoir les parties qui composent la

glotte, les muscles du larynx et le poumon. Les parties de la glotte sont deux membranes cartilagineuses, qui estant tendues et proches l'une de l'autre, produisent le son de la voix, lors qu'elles sont secouées par le passage soudain de l'air contenu dans le poumon, de la mesme maniere que les parties de l'anche d'une musette le font, lors qu'on presse la **p**anse d'une cornemuse. Les muscles du larynx servent à la modification de ce son, et aux entrecouemens qui se rencontrent dans la voix simple ».

Il Perrault nota poi un fatto che è molto significativo e sul quale dovremo insistere a proposito della ipotesi formulata dal Brunelli: « L'usage du Poumon pour la voix est principalement remarquable dans les oiseaux, où il a une structure particulière qui semble avoir rapport à ce qu'il y a de particulier dans la voix de ces animaux, qui est d'estre plus forte et de plus de durée qu'en aucun autre animal. Or la particularité de leur poumon est d'estre composé de grandes vessies capables de contenir beaucoup d'air... ».

Ripudiato da Aldrovandi il sapere galenico e credendo che la voce movesse dai polmoni, errava nel dire che quel duplice flesso osservato nella trachea dei cigni servisse solo « ut ne vox in tam longo arteriae spacio evanesceret, neve prolixo adeo itinere fatisceret, sed in ipso revolutae arteriae angulo repercusso maiori cum clangore erumperet, ac veluti morulae exiguae in eo anfractu quiete recreata vires acquireret eundo... » (*Ornithol.*, t. III, pag. 20).

Letto ciò Perrault non dubitò che organo così composto piuttosto che a rinforzarla servisse a produrre la voce, che fosse insomma una vera e propria laringe. Volle dimostrarlo con l'esperienza; pensando al modo migliore di eseguirlo, ricordò il passo del *De Larynge*.

Mentre un giorno l'Acquapendente esponeva nell'antiteatro le funzioni dell'organo vocale si levò un uditore a dire: « Maestro, a un uccello morto, soffiando in trachea, ho trovato che mandava la stessa voce naturale, quale da vivo ».

Come ho notato altrove, anche Leonardo da Vinci aveva

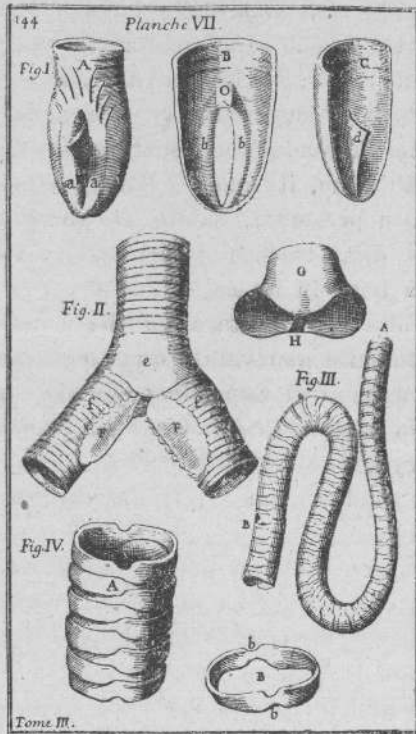


Fig. 8. — Dal Perrault. Fig. I représente « la structure particulière qui se trouve dans la plupart des oyseaux qui ont la voix forte comme les Gruës, les Canards, les Oyex, ce qu'il y a de plus particulier est plus visible dans la Gruë que dans les autres. *A*, le larynx d'une Gruë entier où par dehors. *B C*, le mesme larynx coupé en deux, la partie *B* étant le dessus où en dedans, et la partie *C*, le dessous où aussi en dedans. *a a*, les deux costez de la glotte composée de deux os recouverts de la membrane, dont tout le larynx est revestu par dehors. *b b*, les deux os qui ferment la glotte. *C*, un petit os quarré qui les assemble. *d*, la lame osseuse faite en forme de coudre de charnuë, qui lorsque les deux moitié *B* et *C*, sont assemblées, passe entre les deux os, ainsi qu'il paroist entre *a* et *a*.

Fig. II. Elle représente le bas de l'aspre artere des mesmes animaux dont la voix est forte, et laquelle se forme en cet endroit, et non pas aux larynx.

E, la partie d'embas de l'aspre artere d'un Canard. *e*, l'os en forme de haussecol. *F F*, les membranes, qui par leur freuissement forment la voix. *f f*, les anneux demi circulaires. *G H*, l'os en forme de haussecol vû separement. *H*, le petit os qui traverse le haussecol.

Fig. III. Elle représente l'aspre artere des oyseaux qui l'ont tortuë et enfermée dans le sternon.

A, la partie superieure enfermée dans le col. *B*, l'inférieure qui entre dans le thorax. Le reste est hors de la cavité du thorax, et enfermé dans la partie du sternon qui fait une creste.

Fig. IV. Elle représente un morceau de l'aspre artere d'une Demoiselle de Numidie, beaucoup plus grande que le naturel.

A, les anneaux se recouvrant alternativement l'un l'autre. *B*, un anneau separe. *b b*, les entailles par lesquelles les anneaux s'appuyent l'un sur l'autre.

sperimentato sulla meccanica della laringe e sui mutamenti della rima glottidea, che sono condizione necessaria per la formazione della voce: « Regola a vedere — egli scrive — come si genera il suono della voce nella fronte della trachea. La qual s'intenderà col separare essa trachea insieme col polmone dall'uomo, il quale polmone, empiuto di vento e poi serrato con prestezza, subito si potrà vedere in che modo la fistola ditta trachea generi essa voce; e questo si vedrà e sentirà bene in un collo d'un cecere o d'un'oca, la quale spesse volte si fa cantare poi che è morta ».

L'Acquapendente non valutò quanto meritava quella esperienza e si appagò di rispondere che si poteva da quel fatto concludere « adesse cuique animali proprium organum idest suam laryngis constitutionem ad peculiarem cuique speciei vocem conficiendam » (*De Larynge ecc.*, parte III, cap. XI in fine).

Il Perrault pensò che si poteva applicare l'esperienza al suo intento, che era quello di mostrar come l'organo posto al punto in cui la trachea si biforca negli uccelli, è una vera laringe. Infatti, se ucciso l'animale, amputandogli il capo e asportandogli perciò la *laringe superiore*, soffiando a traverso la trachea o premendo l'addome, la voce tuttavia si produce, qual prova più manifesta dell'esistenza di una *laringe inferiore* negli uccelli?

Tale ragionamento condusse il Perrault alla dimostrazione della quale, dopo aver confermata la struttura della trachea nell'anitra — scoperta quasi un secolo prima dall'Aldrovandi, — così dice: « Aux Oyes et aux Canards ce n'est point la glotte qui produit le son de leur voix, mais ce sont des membranes mises en un autre larynx qui est au bas de l'aspre artère. L'effet de cette structure se peut aisément connoître, si ayant coupé la teste à ces animaux, et le larynx leur étant osté, on leur presse le ventre, car alors ils ne laisseront pas de produire la mesme voix que lors qu'ils estoient vivans et qu' ils avoient un larynx. Il y a encore un autre effet de cette structure, qui est le son de la voix de ces animaux, qui est un hazard qui leur est si particulier, que les Anciens luy ont donné le nom de

gingrisme ; et on imite ce *gingrisme* dans les cromornes des orgues par une structure pareille, mettant par dessus les anches un long tuyau de mesme que celui de l'aspre artere est long au delà des membranes qui tiennent lieu d'anche ; car le son ainsi enfermé est pareil à celui des trompettes qui ont aussi un long tuyau au delà des levres de celui qui en jouë, lesquelles leur tiennent lieu d'anche ».

Il Perrault estendo anche ad altre specie l'osservazione dell'apparato fonatorio e nota : « Quoy que les Grües ayent le col fort long elles ont encore le tuyau de l'aspre artere plus long ; car il est redoublé comme celui d'une trompette. Lorsque l'aspre artere est descendü au commencement de la poitrine, au lieu d'y entrer elle passe dans une cavité qui est dans la creste de l'os du sternon, d'où elle remonte pour entrer dans la poitrine. Il y a d'autres oiseaux qui ont l'aspre artere ainsi repliée, tels que sont la Demoiselle de Numidie, le Coc Indien... ».

In questo capoverso riappaiono, anonime, le osservazioni che l'Aldrovandi aveva compiuto nel cigno, e che abbiamo riferito.

L'autore francese si addentra infine nell'esame della struttura del segmento laringo-tracheale. Riferiamo con compiacenza quanto egli scrive in quella sua lingua arcaica e saporita e limpidissima, che rende con efficacia singolare le descrizioni naturali : « La structure du larynx interne qui est particuliere aux Oyes, aux Canards, à la Grüe, etc., consiste en un os et en deux membranes qui sont à l'endroit où l'aspre artere se divise en deux pour entrer dans le poumon ; cet os est fait comme un haussecol. Il est attaché par en haut au dernier anneau du tronc de l'aspre artere, et par embas il s'élargit pour produire les deux branches dont les anneaux ne sont à l'abord que demicirculaires, le reste estant achevé par une membrane qui s'attache par en haut à un petit os qui traverse et divise le bas du haussecol en deux. Cette membrane est tendü d'une maniere que lorsque l'air passe dans la branche avec violence elle fremit et est secouée de telle sorte qu'elle fait un son qui estant ramassé

dans le tuyau de l'aspre artère forme la voix de ces animaux.

Le larynx d'enhaut n'a pas une structure moins particulière, son ouverture, qui aux autres animaux est une fente

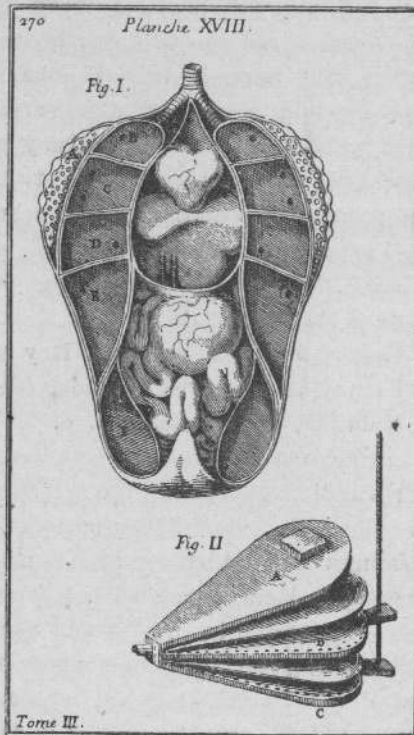


Fig. 9. — Dal Perrault. Fig. 1. Elle représente les poumons d'une Antru che afin de faire voir dans ce grand oiseau les parties qui ne se peuvent pas découvrir aisément dans les autres.

A, la partie du poumon qui paroist charnuë aux oyseaux. B C D E F, la partie qui paroist membraneuse. B C D E, les quatre vessies de la poitrine. F, celle qui est enfermée dans le bas ventre.

Fig. II. Elle représente un soufflet de Mareschal, dont la structure a beaucoup de rapport avec celle du poumon des oyseaux.

composée de deux membranes qui font ce que l'on appelle la *glotte*, est bordée de trois os dont il y en a deux longs et un peu courbez qui sont à la place de la glotte et font une fente, au droit de laquelle est le troisième os plat, et fait comme le contre d'une charnë. Cette conformation qui

est commune à la plupart des oiseaux, à cela de particulier dans la grue et dans quelques autres oiseaux que le troisième os plat qui est au droit de la fente est si grand qu'il passe et sort entre les deux os qui forment la fente, et que ces deux os ne sont pas mobiles comme aux autres oiseaux: de manière que le passage de la respiration est ouvert ou fermé lorsque le larynx s'applatissant ou le relevant fait entrer l'os mince ou le fait sortir d'entre les deux os pour empêcher que la nourriture ne tombe dans l'aspre artère et pour laisser passer l'air de la respiration » (*Mechanique des animaux*, parte II, cap. V, *Du mouvement des parties qui servent à la voir*; in *Essais de physique ou recueil de plusieurs traités touchant les choses naturelles*, t. III, Paris, Coignard, 1680, p. 134-145).

L'Haller trovò poi una laringe inferiore anche nei passerii e nei galli (*Elementa physiolog.* T. III, 435).

Dopo che l'Hunter aveva scoperto che le ossa dei volatili ricevono aria dai polmoni, l'anatomico Girardi era incoraggiato dallo Spallanzani a controllare il fatto. Quest'ultimo così scriveva al Girardi da Pavia il 28 dicembre 1782:

« Nel meditare la sensata vostra Dissertazione non potreste credere quante idee mi si sono risvegliate in capo. Tollerate ch'io ve ne accenni una o due. In supposizione che dentro a' volatili vi sia questo meraviglioso giuoco dell'aria dato dalla Natura verosimilmente per facilitare i loro voli, a me sembra che quelli uccelli, la cui abitazione è quasi sempre l'aria, come i falchi, le rondini, ma sopra tutto i rondoni, debbano avere queste strade destinate per l'aria proporzionatamente più manifeste, più grandi e forse anche più numerose: e che il contrario debba accadere negli uccelli di breve e non frequente volo. A mio giudizio dunque voi fareste benissimo, e la Notomia, e la Fisiologia ci guadagnerebbero ad istituire un confronto tra l'organismo interno de' primi uccelli, e quello de' secondi. Ma che penserem noi del pipistrello che per l'ali e pei muscoli pettorali emula gli uccelli e pel restante partecipa della natura de' topi? Siccome è fatto per volare, direm noi che quegli ingegni per ricevere e tramandar l'aria che si riscontrano

negli uccelli, si riscontrino (almeno in parte) anche per lui? Il Problema è curioso (1) e fors'anche interessante, e quindi meritar potrebbe qualche momento della vostra attenzione.

Le Vostre osservazioni, per quanto a me pare, si aggirano tutte sopra uccelli già adulti. Non sarebbe forse ben fatto l'intraprenderne alcuna sopra uccelli nidiaci, anzi non ancora usciti dall'uovo? Dico ciò per manifestarsi meglio alcune parti nel feto, che nell'animale già nato.

Di più i polmoni degli uccelli nell'uovo non sono stati ancora dilatati dall'aria. In quale stato si troveranno dunque allora le altre parti destinate a ricevere l'aria da essi?... ».

* *

A Cuvier — che persegui le esperienze di Hérisson e di Vicq d'Azyr — spetta il merito non della scoperta della siringe — che è scoperta tutta italiana — ma di avere unito morfologia e fisiologia ricercandone la natura e il significato. Nè un morfologo puro, nè un puro fisiologo avrebbe potuto trattare entro i limiti della sua scienza l'argomento in modo risolutivo; esso è di dominio della biologia generale, per la quale forma e funzione si rivelano in perfetta armonia.

Da quando Harvey diede sicura notizia dei sacchi aerei che si trovano nel corpo degli uccelli varie furono le idee esposte circa la loro funzione.

Si volle stabilire un legame tra essi e la fonazione, tanto che Hunter vide in quelli la causa del tono. Oggi — dopo Owen ed altri — i sacchi in parola hanno perduto l'importanza che gli anatomici loro attribuivano quali organi propri del respiro, così che con sola apparenza di vero si appoggiavano alla nota esperienza di Lavoisier, che due fringuelli consumano tanta aria quanto una cavia.

(1) Afferma E. TROUSSART nell'articolo *Chauve souris* (*Dict. de Physiol.* di Richet, III, 1898, 347) « ne possèdent pas les sacs aériens qui allègent l'oiseau... ».

Si veggia pure SENERIER — *Rapports de l'air avec les êtres organisés tirés des journaux de Spallanzani*, 3 vol., Genève (II, 68-180, Sur la respiration des Chauves souris...).

Per molto tempo si credette che detti sacchi servissero a diminuire il peso specifico dell'uccello e si è affermato che potendo *ad libitum* riempire d'aria (che si riscalda) queste borse, ne approfittasse per alleggerirsi durante il volo.

Ma il Vicotrow, tenendo conto della capacità dei sacchi (circa 50 emc.) e della temperatura del corpo degli uccelli (40 a 45 gradi), ha stabilito che le tasche possono produrre, al massimo, un alleggerimento di 5 milligrammi, alleggerimento che non può avere alcuna utilità pratica. Per contro egli accetta le idee del Vascosi e del Sonn, per i quali i sacchi rappresentano un semplice apparecchio termo-regolatore.

Lo sforzo potente che fanno le ali in un volo rapido produce un cospicuo aumento del calore interno del corpo, dato che la cute degli uccelli è priva di glandole e non può difendersi con la secrezione del sudore. Bisogna dunque che gli uccelli abbiano un altro mezzo per eliminare l'eccesso di calore generato dal lavoro muscolare. Ora, pare che l'aria entrando nei polmoni e riempiendo le saccoece, serva a diminuire la temperatura del loro corpo.

Già Bär aveva trattato dei sacchi aerei nei loro rapporti con la fisiologia della siringe. Häcker ha studiato l'anatomia della siringe nel suo complesso.

Negli uccelli la laringe superiore ha scarsa importanza e solo interviene secondariamente nella produzione di certi suoni in poche forme (Segond).

Giacomo Leopardi — il quale possedeva ampie nozioni dei fenomeni naturali, tanto che il clinico Giacomo Tommasini gli aveva proposto una cattedra di storia naturale nell'Università di Parma — scriveva con felice intuito: « certo fu notevole provvedimento della natura l'assegnare a un medesimo genere di animali il canto e il volo; in guisa che quelli che avevano a ricercare gli altri viventi colla voce, fossero per l'ordinario in luogo alto; donde ella si spandesse all'intorno per maggiore spazio, e pervenisse al maggior numero di uditori. E in guisa che l'aria, la quale si è l'elemento destinato al suono, fosse popolata di creature vocali e musiche... ».

E il Brunelli si è chiesto se non si dovesse trovare la ragion d'essere della siringe nelle condizioni di vita aerea: la siringe essendo propria degli uccelli, rivela un adattamento legato alla loro organizzazione generale, dato che al suo sviluppo corrisponde l'evoluzione della laringe superiore, che negli altri vertebrati è l'organo proprio della fonazione.

La laringe non era adatta quale organo fonatorio nei vertebrati a vita aerea, soprattutto il modo della respirazione non si accordava con la consueta funzionalità della laringe; mentre — per le relazioni esistenti tra i sacchi aerei e il polmone — si manifestava la nuova condizione di produzioni durante il passaggio dell'aria dai bronchi nella trachea, là dove essi convergono.

Cuvier aveva scorto una parte di questa verità quando scriveva: « il gran volume d'aria contenuto nei sacchi aerei contribuisce alla forza della voce » negli uccelli.

*
* *

Dobbiamo adunque fermarci a considerare quel mirabile fenomeno del volo degli uccelli, che ha ispirato delle pagine così poetiche al Michelet: misto di fantasia e di verità scientifica.

« Si credeva — egli scrive — che l'uccello avesse nel volo soltanto la forza d'ascensione, ignorando così il segreto ausiliare che la natura gli celsa nelle penne e nelle ossa. Il mistero, la meraviglia consistono nella facoltà che essa gli impartisce di farsi, come egli vuole, leggero o pesante, aspirando una maggiore o una minore quantità d'aria in quegli appositi serbatoi.

Quando l'uccello vuole alleggerirsi, gonfia il proprio volume, diminuendo quindi il peso relativo, e allora sale per sè stesso in un ambiente più grave di lui. Per scendere o cadere, torna, cacciando fuori l'aria che lo gonfiava, a farsi piccino, sottile ossia più pesante — quanto vuole pesante.

Ecco l'inganno, la fatale ignoranza! Si sapeva che l'uccello è una nave, non che fosse un pallone. Non si imitava che l'ala; ma per quanto essa sia bene imitata, se non le

si aggiunge quella forza interiore, non è che un mezzo sicuro di perdizione.

Ma codesto rapido esercizio di aspirazione e di emissione dell'aria, codesta facoltà di navigare con zavorra variabile a piacimento, a che conduce? A una potenza sorprendente, unica di respirazione.

L'uomo che aspirasse in un sol tratto un uguale volume di aria, ne rimarrebbe soffocato. Il polmone dell'uccello, elastico e potente, se ne impregna, se ne inebbria con forza e delizia, la versa a fiotti alle ossa, alle cellule aeree. Aspirazione, rinnovamento di rapidità spaventevole, ad ogni istante: e il sangue di continuo vivificato con aria nuova, fornisce ad ogni muscolo l'inesauribile vigore di cui non gode alcun essere, ed appartiene solo agli elementi.

La goffa imagine d'Anteo che tocca la terra, sua madre, per attingervi forza, rende debolmente e grossolanamente il concetto di tale realtà. L'uccello non ha bisogno di cercar l'aria, per toccarla, e rinnovarsi; questa piuttosto lo cerca ed affluisce in lui; riaccendendogli senza posa l'ardente focolare della vita.

Ecco il prodigio! Abbi pur l'ala del condor e seguilo, quando dalle vette delle Ande e dai loro ghiacciai siberiani, precipita alla riva ardente del Perù, traversando in un minuto tutte le temperature, tutti i climi del globo, aspirando in un sol fiato la spaventosa massa d'aria, or gelata or cocente... Vi giungerai fulminato (1).

Il più piccolo uccello fa qui vergognare il più forte quadrupede. Suppongasì un leone incatenato in un pallone (dice Toussenel); il suo sordo ruggito si perderà nello spazio. Ben altrimenti potente di voce e di respiro, la piccola allo-

(1) A questo asserto del Michelet possiamo noi aggiungere la notizia di un audace tentativo fatto il 24 marzo 1921. Il *récord* della discesa in paracadute è stato battuto dal tenente del servizio aeronautico americano Arturo Hamilton. L'apparecchio si trovava a 7200 metri di altezza quando l'aviatore si lanciò nel vuoto. L.o Hamilton fu trascinato alla deriva dal vento per oltre dodici chilometri prima di toccare terra. Il freddo era tale che l'ufficiale giunse a terra completamente intrizzito e quasi privo di sensi.

dola sale filando le note della sua canzone che si ode ancora, quando l'uccellino non si vede più, e che giuliva, leggera, spontanea, sembra la gioia di uno spirito invisibile che vuol consolare la terra ».

I molteplici studi, oggi confortati da numerosi accorgimenti d'indagine e resi sottili da apparecchi registratori, condotti sul meccanismo del volo non hanno interamente illuminato il problema. Per alcune questioni siamo ancora allo stato delle conoscenze dei primi ingegni curiosi della natura, che seguendo con l'occhio inerme l'uccello trasmissante, ne sapevano cogliere gli atteggiamenti nelle varie fasi.

La teoria formulata da Leonardo sul volo è, per acutezza di osservazioni e genialità di deduzioni, superiore agli studi eseguiti due secoli più tardi da Borelli, nel 1809 da Cayley, in gran parte confortata dalle belle registrazioni sperimentali del Marey (1878): è sorprendente come egli abbia potuto osservare, analizzare e decomporre i movimenti così rapidi e fuggevoli degli uccelli, e dedurne gli elementi fondamentali per la teoria dell'aviazione. Poichè Leonardo, dopo aver riconosciuto come il peso anzichè di ostacolo, sia condizione essenziale per il volo, e come l'uccello possa volare perchè, essendo più pesante dell'aria, non rimane in balia di questa, ma riesce a trar profitto dalla resistenza che con lo stesso peso vi può contrapporre (1), si accinse a studiare il

(1) Ecco alcuni pensieri leonardiani:

« Il notare sopra dell'acqua insegna alli omini come fanno gli uccelli sopra dell'aria ».

(*Codice Atlantico*, fol. 66 v.).

« Perchè si sostiene l'uccello sopra dell'aria. L'aria che con più velocità di mobile è percorsa, con maggior somma di sè medesima si condensa ».

(*ibid.*, fol. 77 r.).

« Questo accade perchè l'acqua iu sè è più densa che l'aria, e per conseguenza più grave, per la qual cosa si fa più veloce a riempire il vacuo che di sè lascia il pesce nel loco d'onde si parti, e ancora l'acqua, che lui percote dinanzi a sè, non si condensa come fa l'aria dinanzi all'uccello, anzi fanno onda, che col suo moto prepara e aumenta il moto al pesce, per la qual cosa esso si fa più veloce che l'uccello al quale l'aria si ricondensa dinanzi ».

(*ibid.*, 168 v.).

meccanismo delle ali, le posizioni della testa e della coda, e i vari comportamenti dell'uccello, secondo le diverse pressioni del vento, determinando matematicamente la direzione del suo volo in relazione alle forze componenti, e tenendo calcolo di tutti i movimenti che ne modificano il centro di gravità per dare, alla estrema mobilità del volo, la necessaria sicurezza e precisione.

Nel volo degli uccelli si cela un enigma, che per lungo tempo restò inesplorato, poichè sembrava contraddire le leggi della statica.

Qui non s'intende parlare del volo che procede con batter d'ali, ma di quello che si osserva nelle rondini, nei rapaci, nei gabbiani, nei condori e negli albatrici. Questi uccelli, dopo che si sono slanciati nell'aria, non hanno quasi più bisogno di batter le ali: con le ali aperte possono per molte ore tenersi nell'aria, elevandosi con larghi giri e procedendo innanzi per una linea ondulata, fatta di abbassamenti e di innalzamenti successivi.

« Il volo di uno stormo di condori — scriveva Carlo Darwin — è meraviglioso. Eccettuato il momento in cui si sollevano da terra, io non mi ricordo di avere veduto mai uno di questi uccelli battere le ali. Nei dintorni di Lima osservai per circa mezz'ora, senza mai distogliere lo sguardo, molti condori che volavano: essi si movevano in larghi giri, si alzavano e si abbassavano, senza mai un colpo d'ali. Quando passavano sulla mia testa io potevo scorgere nettamente la sagoma di ogni singola penna estrema delle loro ali; quel contorno era così nitido che mi dava la prova dell'assenza assoluta di movimento. E' cosa stupefacente vedere un così grosso uccello che per molte ore senza alcuno sforzo apparente, si libra nell'aria ».

Enrico Gütke — pittore di marine, si recò nel 1837 nell'isola di Helgoland, ove fu preso da tanto interesse per gli uccelli del luogo, che vi restò per tutta la vita — scriveva nel suo libro *Die Vogelkarte Helgolan*: « Osservai un bozzago (specie di falco) che saliva senza muover le ali; per giungere a circa 400 piedi d'altezza battè le ali un paio di volte, con due o tre colpi facchi, indi s'innalzò

senza alcun movimento, quasi a piombo, raggiungendo in un minuto l'altezza di almeno 1000 piedi e poi sottraendosi al mio sguardo nell'aria limpidissima ».

Il Gütke riteneva che l'aria contenuta nelle cavità del corpo, avendo una temperatura molto più elevata dell'aria circostante, desse agli uccelli la forza ascensionale. Errore evidente, poichè se anche quelle cavità fossero assolutamente vuote d'aria, dovrebbero avere un volume 700 volte più grande di quello del corpo del volatile, per poterlo sostenere.

Il Rayleigh (1883) e poi il Langley (1894) hanno dato la spiegazione del volo degli uccelli che procedono senza battere le ali. Essi utilizzano il vento disponendole a guisa di vele, e come le navi, lo utilizzano da qualunque parte esso venga: e perciò possono chiamarsi uccelli « velivoli », mentre quelli che procedono per mezzo del battito continuo delle ali, funzionanti come remi, sono « remivoli ».

S'intende che, come questi ultimi si servono talvolta delle ali anche come vele, così gli uccelli velivoli si servono del remaggio, quando debbono volare con grande rapidità, ma sempre utilizzando la forza del vento.

La velocità del volo degli uccelli è grandissima. Mentre la fuga dei treni direttissimi in Inghilterra e in Francia non supera i 33 metri al secondo (120 km. all'ora), il piccione vola con una rapidità di 18-34 m. al secondo, la rondine di 60-67, il rondone di 80-88, il piviere di 100-112. I pivieri della Virginia percorrono la distanza dal Labrador al Brasile (6000 km.) in 15 ore, senza prender terra, con una velocità di circa 110 m. al secondo. Bisogna tener conto che gli uccelli migratori sogliono volare ad altezze straordinarie, dal Gütke calcolate da 3000 a 12,000 metri (1).

(1) L'aviazione viene messa a contributo, in Inghilterra, per l'accertamento dell'altezza massima che gli uccelli raggiungono e dell'altezza media alla quale si attengono quando migrano. I piloti degli aeroplani commerciali sono stati pregati di osservare metodicamente i voli degli uccelli. I piloti degli express-aerei Londra-Parigi dichiarano di non aver visto che di rado uccelli ad una altezza superiore ai mille metri. Tuttavia un pilota salito a 4000 me-

I vantaggi di un volo a tant'altezza sono molteplici : schivano le perturbazioni atmosferiche ; l'aria vi è molto più rarefatta, offre quindi minor resistenza ; la velocità del vento aumenta notevolmente insieme con l'altitudine e quindi dà maggior aiuto al volo (a 10,000 metri di altezza si calcola, in base ad osservazioni fatte sulle nuvole, che la velocità media del vento sia di oltre 40 metri al secondo).

Iforace Darwin, ponendosi la questione delle vie che seguono gli uccelli migratori, dice che l'aereoplano può spiegarci in parte perchè essi si convogliano lungo linee in genere parallele al corso dei fiumi. L'aviatore sa per esperienza che i fiumi sono molto più visibili delle strade, sono le cose più chiare del paesaggio veduto dall'alto.

Quando vola sopra le nuvole, l'uccello probabilmente si fa guidare, lungo la spiaggia del mare, dal rumore delle onde che si infrangono sul lido. Osservazioni dimostrano che ha udito sensibilissimo. Certi passerii odono il verme muoversi nella sua galleria sotterranea prima che esca alla superficie.

Esperimenti fatti in pallone hanno provato che si odono le grida umane a 1350 metri di distanza, un colpo di fucile a 2460, l'abbaiare di un cane a oltre 3000, un treno a 1500. Gli aeronauti hanno notato che da grandi altezze si ode il canto dei galli e il belato delle pecore.

Griffin Brewer ha osservato un fatto interessante. Egli passava in arcostato sulla costa inglese orientale, fra le nuvole, con vento di ovest. Sotto di lui, quindi, con vento di terra, non potevano esservi onde. E tuttavia egli ne udiva il rumore : senza dubbio dalla costa francese, a 40 chilometri di distanza. Infatti il murmure della risacca veniva più forte a misura che l'aeronave si avvicinava al continente.

Questo fatto è importante e quasi meraviglioso, specie

tri notò che a qualche migliaio di metri sopra la sua testa volavano due uccelli, probabilmente due aquile. Quanto al volo degli stormi in migrazione superano di solito i 1600 metri. L'uccello più veloce, a quel che risulta, è l'avvoltoio. Un pilota ne inseguì uno ; il magnifico rapace raggiunse una velocità di 177 chilometri. E' noto che talvolta gli aeroplani vengono assaliti dalle aquile.

se si pensi che spesso a tale distanza non è percepibile il tuono. Ma si deve ricordare che i suoni vanno più lontano negli strati bassi dell'atmosfera che non in quelli alti.

Il frangersi delle onde può certamente guidare gli uccelli nei loro voli notturni. Tal rumore si propaga a grandi distanze verso l'interno della terra, quando il tempo è calmo. Inoltre, volando presso le acque, talvolta sopra e talvolta a fianco, secondo l'ora, gli uccelli possono fare economia di sforzo muscolare. Di giorno, col sole scoperto, la terra è più calda dell'acqua; di notte è più fredda. Da queste differenze di temperatura possono trar profitto gli alipedi. Di giorno al sole una corrente d'aria scende dall'alto verso le acque: è un fatto constatato dagli aeronauti. Ma ai lati l'effetto è inverso, e la corrente d'aria che sale dalla terra serve d'appoggio allo stormo e gli facilita il viaggio. Di notte dovrà tenersi sull'acqua: allora la corrente ascendente parte da questa.

Il falco non è che un cervo volante che segue regole dettategli dall'istinto: esso si adatta alle correnti ma, quando viene meno il vento, come il fanciullo che per tenere sospeso il suo drago muove l'aria correndo, così il falco non può librarsi disteso tranquillamente, ma deve battere di continuo le ali.

È notevole il fatto che, almeno in alcune specie, sembra vi sia un certo rapporto fra il volo e il canto. Vi sono uccelli che fanno uso delle ali per raggiungere altezze da cui emettere i loro canti, come le allodole e alcuni fringuelli.

Il volo ordinario del cardellino è ondulatorio, diviso in tratti di circa 15 metri ciascuno; l'uccello percorre la metà di tale distanza e più con le ali chiuse. Nel periodo degli amori, si abbandona a un « volo estatico », con le ali aperte che fendono l'aria in senso verticale. Questo volo estatico, durante la stagione del canto, è comune a molti altri volatili. Anche il passero vi si abbandona, a 20 metri e più, eccitandosi col proprio canto.

La beccaccia si alza sulle ali verso il crepuscolo delle giornate primaverili, descrive cerchi a un'altezza di circa 30 metri e più e dà sfogo al suo empito con note cinguettanti

e affascinanti. Il trillare estatico dell'allodola è acuto e affrettato, profondamente diverso dal canto abituale, come diverso è il volo. Fra i nostri uccelli comuni, il pettirosso e quelli che gorgheggiano, ciangottano, pipilano e gloglotano nei boschi non cantano durante le loro ruote.

Un importante contributo alla meccanica del volo negli insetti e negli uccelli ha dato di recente Demoll. Egli conclude che negli uccelli di mole può rassomigliarsi al moto dell'aquilone: l'animale si solleva, può disporre le ali a vela contro il vento o anche scivolare nell'aria. Il volo delle farfalle rassomiglia a quello degli uccelli minuscoli (colibri), in cui spesso è incerto e leggero: avviene per alzata, per elevazione e dà un lieve rumore nel ventilare le ali.

Quando entra in azione la coda, che funge da remo, si può avere un *volo a remo*: uccelli e insetti possono rimanere librati in equilibrio nell'aria. La principale differenza fra il volo di un uccello e di un insetto sta in ciò, che il primo giace quasi sull'aria — già Leonardo lo aveva notato — nel suo procedere a vela, mentre il secondo rimane come appeso. Quello viene sostenuto dall'aria mediante un aumento della pressione dal basso, questo viene aspirato dall'aria per una diminuzione di pressione dall'alto. Nel volo dell'insetto è diverso il modo di comportarsi delle ali anteriori rispetto alle posteriori, specie se di differente superficie, come anche possono compensarsi a vicenda nello svolazzare.

Il Demoll ha pure confermato quanto videro Pettigrew e Marey, che cioè tutti i volatori seguono nello spazio un tracciato che ricorda la cifra 8.

*
* *

Un altro punto degno di fermare la nostra attenzione è quello relativo alla funzione dei sacchi aerei, la cui esistenza — filogeneticamente — precedette la comparsa della siringe.

Le incertezze e i progressi lenti conseguiti nelle nostre conoscenze circa questi sacchi mi richiamiamo la storia

della vescica natatoria dei teleostei; vi sono dei punti di analogia che sorprendono.

La presenza di un organo cavo, ripieno di gas, nell'interno del corpo di animali viventi nell'acqua, il cui peso specifico corporeo è maggiore di « uno » e che quindi sarebbero di continuo in lotta con la forza di gravità per mantenersi a galla, apparve esempio mirifico a favore delle dottrine degli iatromeccanici (Borelli): la vescica aerea dei pesci divenne un congegno fisico che permette al loro corpo di compiere nell'acqua spostamenti verticali, verso l'alto o il basso, secondo che il suo volume — e, per conseguenza, il peso specifico dell'intero corpo — viene modificato mediante espansione o compressione, per l'intervento dei muscoli dei fianchi e del dorso. Altri ha attribuito alla vescica una vera funzione respiratoria; e infine il Dufosse (1858-62) pensò — come già Aristotele — che essa almeno in alcuni pesci (*Lyra*, *Ophidium*, *Trigla*, *Zeus*) avesse un compito nella fonazione. Simile a un risuonatore cavo, la vescica aerea rinforzerebbe le vibrazioni provenienti dalle contrazioni dei muscoli proprii e vicini, in modo da produrre i suoni vocali — meglio rumori — caratteristici di questi pesci.

Oggi invece è dimostrato che detta vescica è in rapporto con la vita nectonica e funziona come un vero organo di senso idrostatico (S. Baglioni).

Vicende somiglianti ebbero gli studi sul significato dei sacchi aerei degli uccelli. Il Bär ha determinato il loro modo di funzionare, rilevando l'importanza che hanno nel ventilare il polmone durante il volo. Ora, in esso l'inspirazione è ridotta, fatto al quale Brunelli attribuisce il progressivo menomarsi della laringe superiore, mentre nell'espiazione si effettuano buone condizioni per il differenziamento della siringe. Non si trattava per i sacchi nè di rafforzare un suono, nè di contribuire alla funzione di un organo già esistente; la loro presenza fu necessaria per lo sviluppo della nuova siringe, mentre la laringe si riduceva.

Deditius, studiando la siringe del punto di vista dell'acustica, la paragona a uno strumento a fiato, l'imboccatura del quale corrisponderebbe alla base della trachea.

Certo i sacchi aerei si trovano già nei rettili (1) fossili (Marsh) e forse in origine servirono ad alleggerire il peso in alcune forme; Gegenbaur li ritiene in rapporto con uno special modo di locomozione, poichè filogeneticamente vediamo come il volo cominci a manifestarsi con organi che da prima esplicano una semplice funzione coadiuvatrice (Ortotteri, Galeopiteci) e di poi sviluppandosi sempre più, questi organi possono dar luogo a un innalzamento nell'aria sostenuto e autonomo.

Nei rettili v'ha una laringe distinta, la trachea d'ordinario si divide in bronchi, ma è sovente molto difficile determinare dove quella cessi e questi incomincino, poichè gli anelli cartilaginei di essa si prolungano talora per cospicuo tratto entro i polmoni e d'altro canto le cellule polmonari s'estendono su gran parte della trachea stessa.

L'attività della respirazione e del circolo sanguigno è in essi estremamente irregolare e incompleta e sebbene la circolazione stia pur sempre in rapporto con la respirazione, ne è tuttavia nei rettili molto più indipendente che non nei vertebrati più elevati. Tutti i rettili respirano lentamente e possono stare a lungo senza introdurre nuova aria e i loro atti respiratori sono molto più volontari che non quelli dei vertebrati omotermi; in alcune condizioni essi riempiono d'aria i loro grandi polmoni e la rimettono poi lentamente.

In relazione a questi fatti deve essere la mancanza di una vera voce.

Pochi sono i vertebrati superiori che non siano capaci di emettere suoni, mentre nei rettili ve n'ha un gran numero che si possono chiamare muti. Le testuggini soffiano

(1) Fra le altre affinità morfologiche che avvicinano gli uccelli ai rettili, ricordiamo i dati istologici relativi alle ghiandole salivari. A. Pilliet (*Soc. de Biologie*, 1893) ha veduto che in generale gli uccelli hanno un ricco apparato salivare composto da numerose ghiandole disposte a nappo sotto la mucosa del becco, della lingua e della faringe. La loro disposizione anatomica e la loro struttura (gl. a tubo composto, si allontanano dai tipi glandolari dei mammiferi per avvicinarsi invece a quelli che si osservano nei sauri.

e fischiano quando sono irritate; i sauri e i serpenti fanno talora udire un fischio più o meno sonoro, ma molti non lo fanno mai, e soltanto i coccodrilli e i gechi sono in grado di emettere suoni forti, rotondi e in parte anche armoniosi.

Nei rettili non si può parlare adunque di una siringe; dal punto di vista fisiologico si può piuttosto pensare a condizioni esistenti per il suo sviluppo, come la possibilità — legata all'esistenza di sacchi aerei — di emettere suoni nella espirazione.

Nel camaleonte nell'espirazione si ha una sorta di fischio stridente, per mezzo di uno special sacco giugulare (Wiedersheim): in presenza di un animale sospetto o dell'uomo questo sauro usa da prima gonfiarsi, in guisa che il suo corpo, veduto in sezione trasversale, sembri quasi rotondo, e poi soffià fischando.

Gegenbaur ritiene la siringe — che, come vedemmo, non si riscontra nei rettili — una formazione nuova degli uccelli. Anche Wiedersheim è incline a crederla un acquisto proprio degli uccelli, sebbene vi sia traccia di un organo simile in un chelonio (*Cinixys homeana*); ma si tratta evidentemente di una formazione convergente e non omologa. La funzione di un tale apparato nella testuggine articolata o *Cinixys* — in cui forse potrebbe spiegarsi con la curva che fa la trachea — non può paragonarsi a quella della siringe e, d'altro canto, la presenza della siringe in tutti gli uccelli e la generale assenza di essa nei rettili sta a provare che, per svilupparsi, richiedeva le diverse condizioni che si verificano nei volatori.

Vi è un fatto che potrebbe star contro tale ipotesi.

I corridori, nei quali la funzione del volo è scomparsa da lungo tempo, hanno la siringe sviluppata o no? Se la siringe fosse sviluppata nei brevipenni molto perderebbe l'attendibilità dell'ipotesi; se ne avvantaggerebbe in caso di verso. Ciò appunto si riscontra: la trachea non ha laringe inferiore, ma invece alcune specie posseggono un sacco membranoso che l'animale può a volontà riempire d'aria o vuotare e che senza dubbio deve concorrere a dare al soggetto la sua voce cupa. Così il casoar produce un suono sordo che

non proviene dalla siringe, ma da una tasca membranosa in comunicazione con la parte media della trachea.

La voce del casoar si può paragonare al suono *hu hu hu* che si faccia uscire debole e cupo dalla gola: questo suono esprime costantemente lo stato enfatico, poichè quando l'animale è irritato miagola come un gatto o stride come un rapace notturno.

*
* *

L'aria, che serve a ventilare i polmoni, entrando nella confluenza dei bronchi — nel modificato respiro degli uccelli in volo — deve avere originato l'inizio della siringe.

V'è una classica esperienza di Cuvier: egli tagliò la trachea di un uccello verso la metà del collo e operando con qualche cautela s'avvide che l'animale poteva ancora emettere suoni. Egli riconobbe le vibrazioni delle corde vocali e delle membrane timpaniche interne e paragonò la laringe degli uccelli ad uno strumento ad ancia. A Cuvier spetta pure il merito di avere per primo studiato il passaggio dell'aria a traverso la siringe. Ha anche analizzato le qualità della voce degli uccelli:

« Les oiseaux n'ont pas un sentiment moins exquis du ton, de la voix, de l'articulation, du timbre même, puisqu'ils apprennent à chanter avec tout de justesse, et que ceux dont les organes de la voix le permettent savent contrefaire, à s'y méprendre, la parole de l'homme, avec toutes les modifications qu'y mettent les individus qu'ils imitent » (p. 448).

Savart paragonò la siringe ad un tubo con pareti elastiche: la produzione nel suono in essa sarebbe analoga a quella nell'imboccatura della zampogna, vibrando le corde vocali e la membrana semilunare.

L'esperienza di Cuvier fu poi ripetuta e perfezionata da Savart: questi, valendosi della fisica, ha dato importanza al fatto che l'incontro dei due bronchi alla base della trachea effettua buone condizioni per la produzione di certi suoni. Ma una tale notizia isolata non condusse a una soluzione, non pensando all'indipendente ridursi della laringe e alla presenza

dei sacchi aerei e non conoscendosi il loro giusto modo di funzionare.

Savart si costruì anche un modello della laringe degli uccelli, costituito essenzialmente da una membrana elastica sottile tesa in un tubo, nel quale si poteva far passare dell'aria. La ragione per cui, ad onta di queste esperienze, Savart paragonò la siringe ad uno strumento a linguetta va ricercata nel fatto che egli non riteneva possibile la produzione di toni alti di molti uccelli per mezzo di membrane.

Secondo l'enunciata ipotesi la *siringe tracheo-bronchiale* dovrebbe essere la più comune; tale appunto si desume dallo studio degli anatomici. Si potrà ancora discutere se la *siringe bronchiale* sia primitiva o no, sebbene vi siano ottimi argomenti per non ritenerla tale. Così la *siringe tracheale* si trova in pochi generi (tordi formichieri o *Myothera*, *Opatiorhynchus*, *Bataras* o *Thamnophilus*) ed è con ogni probabilità una modificazione secondaria della tracheo-bronchiale.

Vennero poi le classiche esperienze di Müller; attendiamo alla loro applicazione negli uccelli e ne riferiremo nella seconda memoria.

*
* *

Quanto allo sviluppo ineguale della siringe in alcune forme, specie nei nuotatori come il *Mergus*, si può mettere in relazione con un rinforzo del suono, necessario soprattutto perchè la siringe è solo in special modo adatta quale organo di fonazione nei volatori. E' notevole che Owen pone appunto una tal forma in rapporto con un rafforzamento più che con una varietà di suoni: « these modifications to the power rather than to the variety of the voice ».

Nel *Mergus merganser* la voce è un singolare cigolio che, secondo il Brehm, rassomiglia a quello che si produce quando con le labbra si vuole imitare il suono del tamburo (1). Le

(1) Scrive il TANARA « che poi un animale aereo stia tanto tempo sotto acqua senza patimento, anzi cibandosi, mi fa stupire vedendo le anitre, ed i Scambussi non potere stare molto tempo sotto acqua, ma essere necessitati a venire a pigliare aria ad ogni poco di tempo » (385-6).

singole sue note suonano come *carr e corr*, ma vengono in modo sì singolare intrecciate e, quando si trovino molti individui insieme, talmente riunite in un solo concerto, che ricordano sempre meglio il suono prodotto con lo strumento ora ricordato.

In questi animali capaci di sommergersi e di mantenersi a lungo sotto l'acqua, noi dobbiamo prendere in considerazione anche i complessi rapporti fra il circolo polmonare e il respiro.

Tale questione era stata posta dal Poelman, il quale, dando conto di alcuni casi di comunicazione fra l'arteria polmonare e l'aorta discendente (1), osservata nella scimmia urlatrice e nel vitello marino, notava che « l'usage d'un canal artériel permanent se justifie chez des animaux qui, par leurs habitudes ou par les mouvements qu'ils exécutent, sont exposés à éprouver des arrêts dans la circulation ».

Allora non si avevano molte delle nozioni acquistate di poi sulla fisiologia polmonare; il Magendie aveva già definito in modo magistrale l'infusso esplicito dai movimenti respiratori sul corso del sangue (*Leçons sur les phénomènes physiques de la vie*, 1837, t. II, 150 e 223), ma non era stato in grado di offrire dei dati precisi, come si poté quando Ludwig instaurò il metodo della « circolazione artificiale ». Nel 1869, operando su dei polmoni isolati il Müller stabilì il fatto che un polmone insufflato ammette minor quantità di sangue di un polmone collabito (*Ueber die Athmung in der*

(1) Anche nel feto umano l'arteria polmonare e l'arco aortico comunicano largamente fra loro per il *condotto arterioso del Botallo*. Già conosciuto da Galeno e studiato attentamente da Vesalio, questo grosso tronco vasale si distacca dall'arteria polmonare prima della sua divisione nei due rami polmonari e sbocca a pieno canale nell'aorta, dopo che questa ha fornito il tronco arterioso brachiocefalico, la carotide primitiva e la succlavia sinistra.

Si veggia F. RANDACIO, Considerazioni anatomico-fisiologiche sul foro di Botallo e sul canale arterioso. (*Gazzetta clinica di Palermo* gen. 1876).

G. SIERZI, Il merito di L. Botallo nella scoperta del forame ovale. (*Monitore zool. ital.*, 1910, XXI, 1)

Longe, Arbeiten aus der physiol. Anstalt zur Leipzig, 1869, 37); poco dopo Gréhanl dimostrò che l'introduzione di aria compressa arresta il circolo polmonare (*C. R. de l'Acad. des Sc. de Paris*, 1871, 274).

Sebbene il Blumenbach affermi che l'ipotesi della persistenza del canale arterioso e del forame di Botallo negli anfibi e nei cetacei sia contraddetta dai risultati di numerose autopsie (*Handbuch der vergleich. Anatomie*, Göttingen, 1815, 227); sebbene il Meckel dichiari di non avere notato negli animali *plongeurs* l'esistenza di una comunicazione fra l'arteria polmonare e l'aorta (*Traité général d'anatomie comparée*, tr. Schuster, 1837, t. VIII, 376); pure P. Heger ritiene che la questione se il canale arterioso intervenga nel regolare il circolo polmonare in alcuni animali che si sommergono o che il loro genere di vita espone a comprimere, per un certo tempo, dell'aria nei loro polmoni, non ha avuto soluzione soddisfacente. Dal canto suo l'Heger trovò il canale arterioso permeabile in un delfino e constatò pure che esiste nella « poule d'eau » — in due esemplari esaminati — una comunicazione bene evidente fra l'arteria polmonare e l'aorta.

*
* *

Si potrebbe ancora domandare se può stabilirsi alcuna relazione tra la taglia dell'animale e lo sviluppo dell'ala e il funzionamento della siringe. Sembra invero che la siringe assuma maggiore sviluppo negli uccelli migratori, atti a lunghi voli, specie in quelli acquatici, che non negli uccelli canori, ma sedentari (1).

Ducceschi ha svolto il quesito riguardante quali relazioni esistano fra i caratteri fisici degli apparecchi di moto in riposo e le manifestazioni dinamiche di essi; Marey e Pettigrew hanno studiato i rapporti dell'ala col volo.

(1) Ignoro se l'osservazione fatta dal Tanara circa un rapporto tra la forma e il volume del becco e l'attitudine al canto («... tra i Cantori chi l'ha più sottile, ha la voce più soave, o vero è più loquace », pag. 3), abbia avuto conferma dalla biologia moderna.

I dati di Pettigrew che furono utilizzati solo per induzioni relative al volo pongono in evidenza quanto egli ha accennato per i vertebrati marini « cioè che le dimensioni degli organi di moto stanno non meno della taglia dell'animale in stretto rapporto con la frequenza del movimento ».

E invero l'individuo si trasforma secondo il principio delle correlazioni morfologiche e funzionali: ogni essere organico è un insieme di parti e di apparecchi speciali, che stanno fra loro in rapporto di forma e di funzione e crescono e si modificano successivamente e armonicamente.

Quanti mutamenti non sono avvenuti nel nostro organismo — come notava Tito Vignoli — per lo spostarsi dalla stazione orizzontale a quella verticale, della posizione eretta dell'uomo *sapiens*?

*
* *

De Tarchanow vide che quando si pratica la respirazione artificiale in un'anitra in cui sia stato sezionato il midollo cervicale e legato il collo, l'animale può eseguire dei movimenti di volo e di nuoto come normalmente. Escluso che siano movimenti volontari, è discutibile se rispondano a una motilità riflessa oppure automatica, che parta dalla superficie di sezione del midollo. È un quesito da riprendere in rapporto al nostro speciale punto di vista.

Interessante è lo studio dell'apnea degli uccelli per ventilazione continua che il Miescher considerava come il caso più schietto di *apnea vera*. Secondo le ricerche di Luciani e Bordoni (1888) una tale apnea « è un fenomeno complesso, essenzialmente determinato da un riflesso per la via dei vaghi ». Dopo il taglio dei X p. non è possibile ottenere l'apnea completa negli uccelli, così che sembra plausibile la dottrina che il ritmo respiratorio sia mantenuto dagli stimoli esterni del sangue e della linfa intestiziale circolante nei centri.

Richet ha stabilito che l'anitra dimostra una grandissima resistenza all'asfissia. Immersa sotto l'acqua un'anitra sana resiste ben nove minuti. Se viene prima salassata, tol-

lera per un tempo minore; se, avanti dell'immersione, le si iniettano 15 milligrammi di atropina — in guisa da agire sul pneumogastrico — l'animale non resiste che tre minuti (1).

Ora la presenza delle tasche aeree e il loro modo di funzionare non permette di estendere agli altri vertebrati alcuni reperti che si possono ottenere nello studio del ritmo respiratorio degli uccelli; forse anche il vago ha una certa azione.

Si dovrà anche indagare se il sistema autonomo esplica un'influenza e in qual senso: poichè riteniamo che sia grande — almeno nell'uomo — la parte che il segmento cervicale e toracico del simpatico prende nella funzione respiratoria e fonatoria del tratto laringo-tracheale.

* *

Si intuiscono i rapporti che intercedono fra l'orecchio e la laringe: essi sono molteplici e del massimo interesse e forse non tutti ancora precisati in riguardo allo sviluppo della voce parlata e cantata.

Negli uccelli esistono certamente dei rapporti fra l'orecchio e l'attitudine al volo. Già il Cuvier aveva fatto delle osservazioni in proposito (2).

Ma sarebbe di alto pregio riprendere questi esami com-

(1) A tal proposito è bene ricordare le ormai antiche osservazioni di Brouardel e Loye i quali videro che l'arresto respiratorio, durante la sommersione, non è soltanto volontario; ma è ancora prodotto da una vera azione inibitrice dei nervi della pelle e delle mucose naso-faringea e tracheale sul bulbo. (*Arch. de physiol. norm. et pathol.*, juillet 1889).

(2) Si vegga la descrizione delle cavità spettanti alla cassa del timpano, le quali diminuiscono a misura che si giunge agli uccelli terrestri, e particolarmente al Casoar e allo Struzzo; aumentano al contrario in quelli che hanno facoltà assai estese di volare. Tale disposizione è vantaggiosa per gli uccelli viaggiatori, i quali a vicenda si chiamano, si avvertono e si riuniscono a grandi distanze. (*Leçons d'anatomie comparée de G. Cuvier, recueillies et publiées*

parativi tenendo presenti i nuovi dati offerti dai geniali studi del Vitali sull'*organo nervoso paratimpanico* od *organo del volo* degli uccelli.

La distruzione di quest'organo nei piccioni determina un grado più o meno rilevante di atonia ed astenia dei muscoli dell'arto anteriore, che in certi casi può essere tanto accentuato da rendere l'animale incapace al volo;

dal lato istologico si ha degenerazione di fibre situate in mezzo a quelle del vestibolare, nella parete dorsale del bulbo e lungo la commissura cerebellare inferiore; ed inoltre lesioni cellulari di alcuni nuclei del vestibolare, del nucleo del VI e del nucleo del tetto;

si può ritenere che l'epitelio sensoriale dell'organo, sia stimolato dagli aumenti di pressione del liquido contenuto nella sua cavità, i quali sono in intima connessione con quelli della pressione intratimpanica e perciò con la densità dell'aria.

Questi stimoli servirebbero all'apprezzamento della densità del mezzo in cui l'animale vive ed esplicherebbero in via riflessa la loro azione sul mantenimento del tono cerebellare.

In ultima analisi l'organo paratimpanico va considerato come una *nuova via afferente per il mantenimento in via riflessa del tono normale dei muscoli* ed esplica però — a tal

sous ses yeux par C. Duméril, t. II, Paris, an XIV, 1805, p. 446 e seguenti).

Era noto che gli uccelli non temono il chiasso, tanto che amano nidificare lungo le linee ferroviarie; ma la tenacia con la quale si sono aggrappati ai loro nidi e alle località preferite è stata per Antony Buxton una delle sorprese della guerra. In un posto « assai poco igienico » sotto un bastione di Ypres s'annidavano nella primavera del 1915 due cinciallegre, due coppie di cannaiole, un paio di capinere, un paio di beccafichi, mentre una quantità di cannaiole viveva nei canneti del fossato. Un usignuolo ricamava le sue modulazioni proprio accanto alle trincee di prima linea a Hooge. E in generale si è notato che il cannoneggiamento stimolava gli uccelli a cantare.

riguardo — un'azione simile o quella posta in evidenza per i canali semicircolari da Ewald, da Stefani e da Gaglio.

Sarebbe molto interessante il potere stabilire un qualche rapporto fra quest'organo del Vitali e lo sviluppo o la conformazione della siringe degli uccelli.

*
* * *

L'esposizione storico-critica da noi fatta mira a mostrare di quanto complesso interesse debba riuscire lo studio anatomico e fisiologico dell'organo fonatorio degli uccelli. Abbiamo dato dei cenni sommari dei rapporti che la funzione del canto e della voce in questi vertebrati contrae con molti altri fenomeni fondamentali della vita vegetativa: è dunque di eminente valore fissarne i caratteri nelle varie specie, tenendo in ispecial modo presente le categorie di uccelli canori, ma sedentari; di quelli canori e volatori; osservando infine quelli atti a lunghe migrazioni.

Nella seconda memoria tratteremo più specialmente della parte sperimentale, che si inizierà con le ricerche sulle laringi e siringi staccate, animate da un mantice, seguendo il metodo perfezionato da Giovanni Müller.



BIBLIOGRAFIA

- AGGAZZOTTI A. — Come si formano le emorragie nelle ossa degli uccelli per forti rarefazioni. (*Giorn. della R. Accademia di Medicina di Torino*, IX, a. LXXVI, f. 4-5, 1903).
- BAER — Beiträge zur Kenntniss der Anatomie und Physiologie der Atmungsorgane bei den Vögeln. (*Zeitschrift für Wissenschaft Zoologie*, 1896).
- BELTRAMI LUCA — L'aereoplano di Leonardo. in *Conferenze fiorentine*, Milano, Treves, 1910, 313.
- BERTELLI D. — Sulla morfologia e sullo sviluppo della laringe negli uccelli. (*Monitore zoologico italiano*, XVII, 1906, 282).
- BIGNON P. — Recherches sur les rapports du système pneumatique de la tête des oiseaux avec le système dépendant de l'appareil pulmonaire. (*C. R. de la Soc. de Biologie*, 1888, 357).
- BILANCIONI G. — La laringe e il sistema nervoso cerebro-spinale, Fisiopatologia e clinica, Roma, 1919.
- BRUNELLI G. — Sulle cause che hanno determinato la riduzione della laringe superiore e lo sviluppo della siringe negli uccelli. (*Aticula, Giornale ornitologico italiano*, VIII, 1901, n. 73-4).
- CUVIER — Memoire sur les instrumentes de la voix des Oiseaux. (*Journal de Physique*, L, 1800).
- Lecons d'anatomie comparée, t. Les organes du mouvement. Du vol, 510-518.
- CYNTHIUS H. — Organon vocis avium canorum cum eo ceterorum volucrum et mammalium comparatur, Regiomonti Pr., (1848).
- DEDITJUS K. — Beiträge zur Akustik des Stimmorgans des Sperlingvögel. (*Verhandlungen des V Inter. Zoologen-Congress zu Berlin*, 1902).
- DEMOLL R. — Der Flug der Insekten und der Vogel. Eine Gegenüberstellung, Jena, G. Fischer, 1918.
- DENKER A. — Das Gehörorgan und die Sprechwerkzeuge der Papagaien. Wiesbaden, Bergmann, 1907.
- DE TARCHANOW — Mouvements automatiques à la suite de la section de la moelle chez le canard. (*Soc. de Biol.*, 15 giugno 1895).
- DUCCHESCHI V. — Una legge del movimento animale. (*Zeitschrift für allgemeine Physiologie herausgegeben von Max Ferkorn, Jena*, 1903, II Bd).
- DUTROCHET — Essai sur une nouvelle théorie de la voix, avec l'exposé des divers systèmes qui ont paru jusqu'à ce jour sur cet objet. (*Dissert. inauy.*, Paris, 1806).
- FABANI C. — Il senso musicale negli uccelli. (*Boll. del Naturalista*, Siena, 15 febbraio 1895).
- FREMEY — De Casuario. Novae Holl Trajecti, 1819.

- GENGEBAUR — Vergleichende Anatomie der Wirbelthiere, Leipzig, 1901.
- GOEKE J. G. — De voce animalium, (*Miscell. Acad. Nat. Curios.*, V, 1686, 111).
- HACKER — Der Gesang der Vögel, sein anatomischen und biologischen Grundlagen, Jena, 1900.
- HALLOCK W. — The larynx as an instrument of music, (*Science*, 1901, XIV, 150).
- HEGER P. — Le canal artériel et la régulation de la circulation pulmonaire, (*Bull. de l'Acad. R. de Méd. de Belgique*, IV^e séc., XXIII, 28 déc. 1909, n. 11).
- HERRE R. — De avium passerinarum larynge bronchiali, Gryphiae (1839).
- KALISCHER O. — Das Grosshirn der Papagaien in anatomischer und physiologischer Beziehung, (*Arch. zu den Abh. der Königl. preuss. Acad. d. Wissens.*, 1905).
- KALLIUS E. — Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Kehlkopfes, (*Anat. Hefte*, Wiesbaden, 1897, IX, 303).
- KOHLEDER — Ueber das Meckern der Bekasine, (*Ornith. Monat.*, 1900, XXV).
- LAVOISIER — Mémoires sur la respiration et la transpiration des animaux, Paris, 1920, *Les maîtres de la pensée scientifique*.
- LEFEBRE — Remarques physiologiques sur les organes de la voix et sur l'intonation, Paris, 1789.
- LUCIANI L. — Fisiologia dell'uomo, Milano, 3 ed., 1908, vol. 1, cap. 13, § 14.
- MALASSEZ — Sur la résistance du Canard et des animaux plongeurs à l'asphyxie, par submersion, (*Soc. de Biol.*, 8 décembre 1894).
- MAREY E. J. — La Machine animale. Locomotion terrestre et aérienne, Paris, Baillière, 1878, 2^e ed.
- MASTELLONI DI SAN NICOLA F. — Delle voci degli animali nei verbi della lingua italiana e della latina, Roma, Maglione e Strini, 1921 (p. 11, voci degli uccelli).
- MAYER C. — Ueber den Bau des Organes der Stimme bei dem Menschen, den Säugethieren und einigen grössern Vögeln, nebst physiologischen Bemerkungen, (Beslau und Bonn, 1852).
- MAZZARELLI F. G. — Gli organi del volo e le cause che li originarono nell'evoluzione animale, (*Riv. di filosofia scientifica*, VII, 1888, 619).
- NICAISE — Physiologie de la trachée, (*Acad. des Sciences*, 7 octobre 1889).
- PAOLUCCI L. — Il linguaggio degli uccelli. I. Sulla struttura fonetica delle voci usate dagli uccelli. II. Sulla espressione psichica delle voci usate dagli uccelli, (*Riv. di filosofia scientifica*, II, 1883, 297-309).
- OWEN — On the anatomy of Vertebratedes, London, 1806.
- POELMAN CH. — Note sur un cas de communication entre l'artère pulmonaire et l'aorte descendante, observée chez le Singe hurleur et chez le veau marin, (*Ann. de la Soc. de méd. de Gand*, 1815, XV, 371).
- RETHI L. — Untersuchungen ueber die Stimme der Vögel (*Sitzungber. d. Wien. Akad.*, 1908, Bd. 117).
- CH. RICHTER — Le ralentissement du cœur dans l'asphyxie, envisagé comme procédé de défense: La résistance du canard à l'asphyxie, (*Soc. de Biol.*, 1894, 213-4).
- Influence de l'atropine sur la durée de l'asphyxie chez le canard (*ibid.*).
- ROHWEDER — Ueber das Meckern der Bekasine, (*Ornith. Monat.*, 1900, XXV).
- REUFINT A. — Sull'organo nervoso paratimpanico di G. Vitali od organo del volo degli uccelli, (*Boll. delle Sc. Med. di Bologna*, 1920).
- SAVANT — Mémoire sur la voix des oiseaux, (*Ann. de chim. et de phys.*, XXXII, 1826).
- SCRITTURE E. W. — The larynx as a musical instrument, (*Science*, 1901, XIV, 183).
- SÉGOND L. A. — Note sur les fonctions du larynx supérieur chez les oiseaux, (*C. R. de l'Ac. des Sc. de Paris*, XXXII, 1851, 255).
- TAGUCHI K. — Beiträge zur topographischen Anatomie des Kehlkopfes, (*Arch. f. Anat. und Entwicklungsgesch.*, 1889, 389).
- TANARA V. — La caccia degli uccelli, da un manoscritto inedito della Bibl. co-

- munale di Bologna, per cura di Alberto Bacchi della Lega, Bologna, 1886 (in Scelta di curiosità letterarie inedite o rare dal sec. XIII al XVII fondata e diretta da Fr. Zambrini, CCXVIII).
- VICQ D'AZYR F. — Mémoire sur la voix. De la structure des organes qui servent à la formation de la voix, considérées dans l'homme et dans les différentes classes d'animaux et comparées entre eux. (*Acad. Royale des Sciences de Paris*, 1779, Hist. p. 5, Mem. p. 178).
- VITALI G. — Di un interessante derivato della prima fessura branchiale nel passero. (*R. Accad. dei Fisiocritici in Siena*, 25 febbraio 1911).
- Sui disturbi funzionali e sulle lesioni istologiche dipendenti dalla distruzione dell'organo nervoso di senso da me descritto nell'orecchio medio degli uccelli. (*ibid.*, 1915, n. 5-7).
- L'organo nervoso paratimpatico e la sua funzione. (*Rivista di Biologia*, III, 1921, 302).
- YONELL — On the organs of voice in birds. (*Trans. of the Linnean Society*, 1829).
- WEBSTER A. G. — The larynx as an instrument of music. (*Science*, 1901, XIII, 827).
- WILDER H. H. — Studies in the phylogenesis of the larynx. (*Anat. Anz.*, 1892, VII, 579).
- WRIGHT J. — The larynx as an instrument of music. (*Science*, 1901, XIII, 1030).
- WIEDERSHEIM — Vergleichende Anatomie der Wirbelthiere. Jena, 1902.
- Das Respirationssystem der Chamäleoniden. (*Bericht der Naturforschervers. zu Freiburg*, 1886).
- ZAWERTHAL W. — La voce nell'uomo e negli animali. (*Archivi Ital. di laringol.*, III, 1883-4, 1).
- ZUCKERKANDL E. — Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Kehlkopfes und der Luftröhre. (*Handb. d. Laryng. und Rhinol.*, Wien, 1896, I, 55-119).
- Entwicklung des Kehlkopfes und der Trachea. (*ibid.*, 119-133).



