

A MADARAK KOPÁCSOLÓ MOZGÁSÁNAK HATÁSA A NYAKCSIGOLYÁK ALAKULÁSÁRA

Péczely Péter

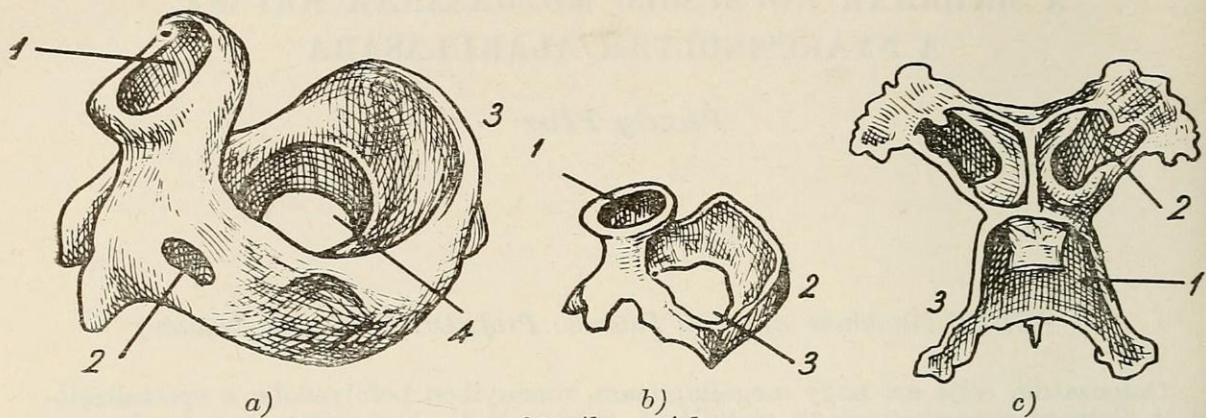
(ELTE Általános Állattani Intézete: Prof. Dr. Mödlinger Gusztáv)

Dolgozatom célja az, hogy megállapítsam, mennyiben befolyásolja a specializálódott életmód a nyakcsigolyák alakulását, módosulását. Mennyiben van összhang a működés és szerkezet között. Célszerűnek láttam, hogy vizsgáljam ezeket a problémákat a kopácsoló mozgás mint speciális mechanizmus esetében. Célom tehát a működés morphogenetikai hatásának a kiderítése.

Öt madárfajt vizsgáltam, melyeknél a kopácsolás megtalálható. Ezek: a nagy fakopács (*Dendrocopos major*), zöld küllő (*Picus viridis*), csuszka (*Sitta europea*), széncinege (*Parus major*) és a vetési varjú (*Corvus frugilegus*). Tanulmányoztam e madárfajok nyak-, illetőleg fej izmait, de nem hagytam figyelmen kívül a törzs izomzatát sem. Minden fajból hat—hét példányt boncoltam. Ezeket megvizsgáltam az izmok alaktani és működésbeli viszonyait, összehasonlítottam az egyes fajokon tapasztalt fejlettségüket. Több csontpreparátumot készítettem minden fajból. A lágy részeket főzéssel távolítottam el, ezután az egyes csigolyákat vízben lemostam, majd benzinben zsírtalanítottam: végül hydrogen-hyperoxiddal fehérítettem.

Az így nyert anyag alapján, valamint támaszkodva több éves megfigyeléseimre, megkísérlem megválaszolni a dolgozatom elején felvetett kérdéseket.

Egyes madarak jellegzetes táplálékszerző mozgása a kopácsolás. Legtipikusabban a *Dendrocopos*-nál jelentkezik, de nem ez az a faj, ahol egyedül jelentkezik. Megtaláljuk a kopácsolást a *Sitta*, valamint a *Corvus* és *Parus* genus fajainál is. A sor egyik végén tehát a *Dendrocopos* áll, amely csaknem kizárólag kopácsolva szerzi táplálékát, — másik végén a *Parus* és *Corvus* faj, amelyek egyéb más, többé-kevésbé tipikus mozgás mellett kopácsolnak. Nézzük meg, milyen mechanizmust jelent a kopácsolás. Kalapácshoz hasonló ez. Tengely körül forgó rövidebb vagy hosszabb nyél, amelyet a nyak- vagy olykor a nyak- és hátcsigolyák összege képez. Végén rá merőlegesen elhelyezkedő súlyos, de ékszerűen kihegyesedő „kalapácsfej”, a csőr, illetőleg a fej helyezkedik el. A nyélnek merev, kevésbé merev és mozgékony részei vannak, melyeket jellegzetes morfológiai viszonyok jellemeznek. E mozgás legfontosabb izma a hosszú hajlító nyakizom (*M. longus colli*), amely az első vagy az első és második hátcsigolya alsó tövisnyúlványán ered. Ez a csigolyanyúlvány jellegzetes alakú. Rajta legtöbbször két él található, amelyek V alakban futnak össze. Ezzel szemben más genusoknál (*Dendrocopos*), homorú felületet találunk. Ezek a felületek arra szolgálnak, hogy az igen erős izmok számára nagy eredési felületet biztosítsanak. Az izom a harántnyúlványok alsó részén tapadva végighúzódik az egész nyakon és a koponya nyakszirti tájékán végződik. Összehúzódkor vagy az egész nyakat, vagy annak egyes részeit hajlítja és a fejet lefelé mozdítja el. Az emelő, illetőleg nyújtó antagonistája a tövis közötti izom (*m. spinalis*), amely a felső tövisnyúlványo-



20. ábra. Atlas

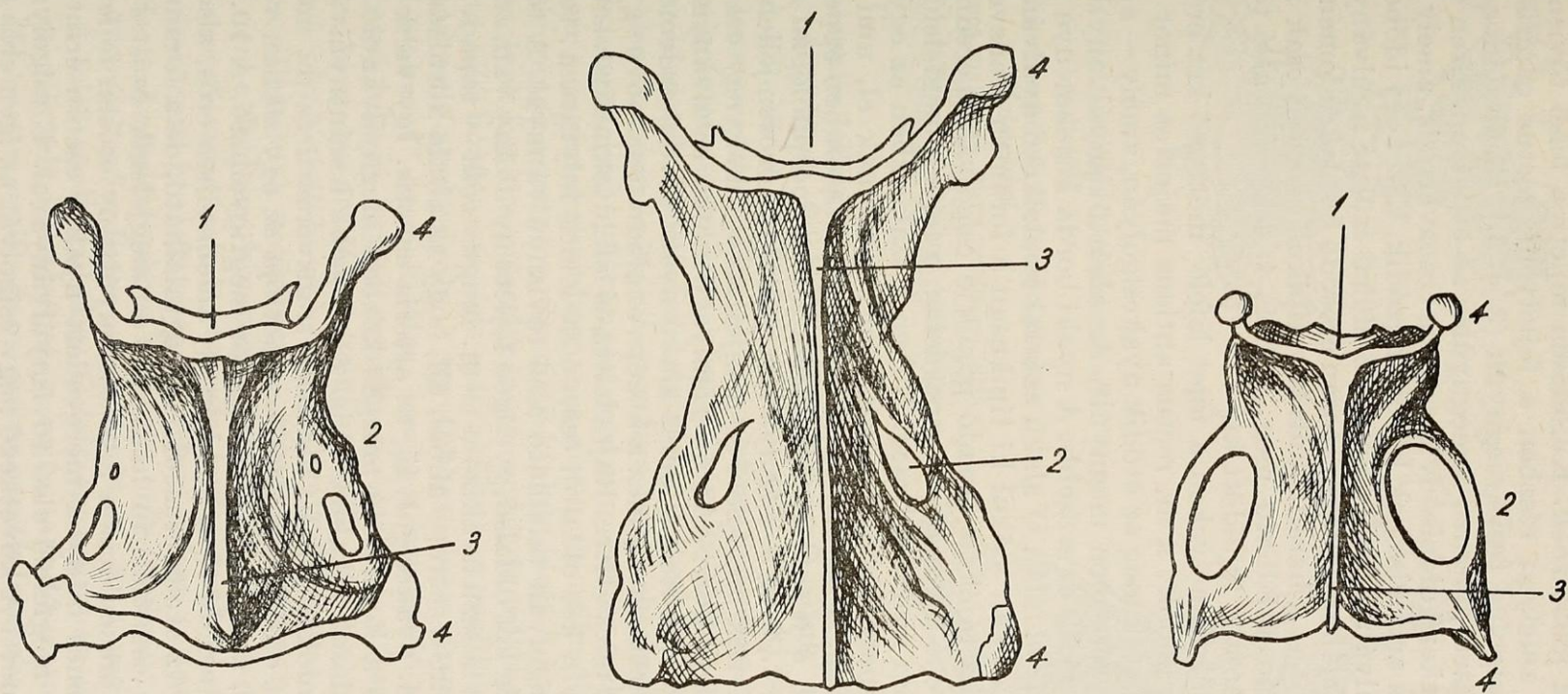
Abb. 20. Atlas

a/ *Dendrocopos major*, b/ *Sitta europaea*

kat köti össze egymással és vagy az egész nyakat emeli, vagy pedig annak egyes szakaszait nyújtja. Fontosak a fejet rögzítő (mozgató) hajlító és nyújtó izmok, amelyek a fejet kopácsoláskor egy bizonyos helyzetben rögzítik. Ez a helyzet általában derékszöggel jellemezhető, amelyet a csőr és az első három-négy nyakcsigolya zár be egymással. Ezek az izmok; nyújtók: *m. rectus capitis*, a *m. rectus capitis lateralis* és a *m. rectus capitis posterior major*; hajlítók: *m. longus capitis* és *m. rectus capitis anterior major*. A felsorolt izmok az 1.—5. nyakcsigolyán erednek és a koponya occipitalis tájékán tapadnak. Az izmok fejlettsége, vagy kevéssé fejlett volta jellegzetes csonttani bélyegeket hoz létre.

A legspeciálisabb sajátosságokat azokon a fajokon találjuk, amelyek esetében az igénybevétel, továbbá a ható erők iránya mindig csaknem azonos, vagyis amelyeknél a kopácsolás a fő táplálék-szerző mozgás. Természetesen nem szabad azt hinnünk, hogy a sajátos bélyegek csak a nyakcsigolyák területére lokalizálódtak, mert ezek az egész testen jelentkeznek, azonban a nyak tájékon a legszembetűnőbbek.

A *Dendrocopos major* atlasának alsó íve fejlett, róla előrefelé egy-egy támasztópánt ered, és a fossa condyloidea oldalsó, alsó részébe olvad (lásd a 20. ábrán). Közte és az ív között van a foramen transversarium, amely a vizsgált fajoknál egyedül a harkályok atlasán van meg. A csigolyák e nyílásai csatornát (*canalis vertebralis*) képeznek, ami biztosítja azt, hogy az *arteria vertebralis* védett helyen haladjon és a vérkeringés zavart ne szenvedjen az itt fekvő erősizmok összehúzódása alkalmával. A fossa condyloidea pereme igen erős, előre ugrik és a felső része kissé lefelé boltozódik. Ez teszi lehetővé, hogy a fej, illetve a csőr a nyakkal csaknem derékszöget zárjon be, ami a kopácsoló mozgás előfeltétele. Az alsó ívről hátrafelé két szarv alakú nyúlvány húzódik, ennek segítségével az atlas az *epistropheus* testére támaszkodik és részben e nyúlványokon erednek a *m. rectus capitis anticus major* és *m. longus capitis*, amelyek a fejet hajlítják, lefelé húzzák és egyúttal feszítik. A felső ív széles és lapos, itt erednek részben a *m. rectus capitis lateralis* és a *m. rectus capitis posterior major*, amelyek nyújtják, hátrahúzzák és rögzítik a fejet. *Epistropheus*ára



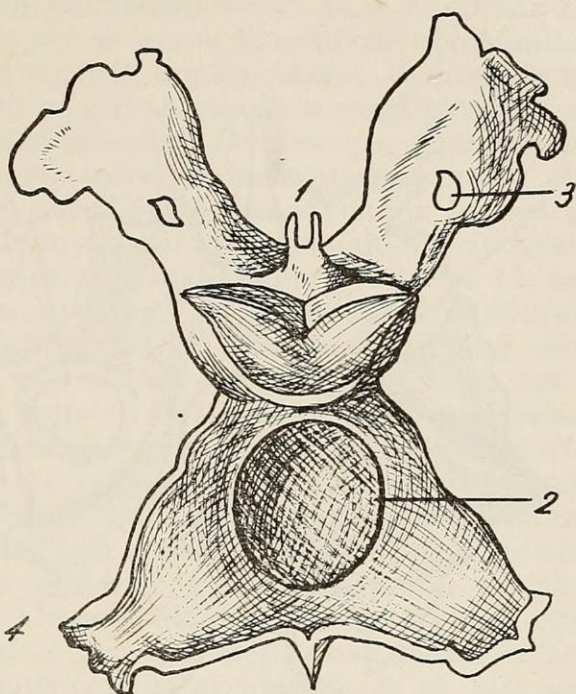
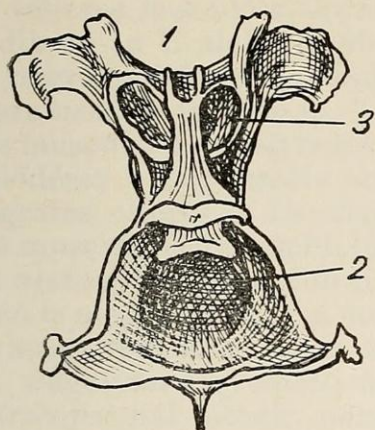
21. ábra. 4. nyakcsigolya dorzális nézetben

Abb. 21. Dorsale Seite der vierten Halswirbel

a) *Dendrocopos major*, b) *Picus viridis*, c) *Sitta europaea* 1. Foramen vertebrae; 2. Arcus transversalis; 3. Processus spinosus dorsalis; 4. Processus articularis

az erős nyúlványok jellemzőek. Különösen fejlett a felső tövisnyúlvány, processus spinalis, amelyen részben a fejlett *m. rectus capitis* ered. A következő három csigolya teste megnyúlt (3., 4., 5.). Ez általános bélyeg a madarakon. Különösen jellemző a megnyúlás az ötödiken. Ezen felszakad a harmadikon jelentkező oldalsó ív, az *arcus transversalis*, amely az elülső és hátsó processus articularisok között húzódik. Ezzel egy időben jelentkezik a haránt-nyúlvány kezdeménye az elülső ízületi nyúlvány oldalán levő tuberositas alakjában. A fokozatosan erősödő bordakezdemény később részt vesz alkotásában. A harántnyúlvány tipikus alakban csak az utolsó három nyakcsigolyán található meg. A 3. és 4. csigolyán alsó tövisnyúlvány, processus haemalis fejlődött ki.

Fejlett nyúlványok, amelyek a fejet lefelé mozgató két erős hajlító izom ered. Ezek az izmok: a *m. rectus anticus major et minor*. Érdekes módosulások figyelhetők meg az ötödik nyakcsigolyán, amely — amint már említettük — a legerősebben megnyúlt. Az alsó tövisnyúlvány hiányzik, a felső pedig előretolódik és erősebb. A nyaki borda kezdeménye mögött a csigolyatest ventralis oldalán U alakú szárral rendelkező nyúlvány jelenik meg. Ebben a szakaszban alakul ki tipikusan a foramen transversarium, a koponya occipitalis tájékán tapadó izmok e csigolyákon erednek. Eme izmok együttes szerepe a kopácsoló mozgásban a fejnek megfelelő helyzetben való rögzítésében nyilvánul meg. Ebben a szakaszban az egyes csigolyák egymáshoz képest csekély mértékben mozdulnak el, ami által ez merev nyél jellegű lesz. A következő szakaszra ezzel szemben éppen a mozgékonyság jellemző, s e sajátossággal jellegzetes morfológiai bélyegek kapcsolatosak. A 6., 7., 8. és 9. csigolya tartozik ide. Közös jellemző rájuk egy új, a haemalis ívnek megfelelő ív megjelenése, amely egy csatornát, a canalis ventralist fogja közre. Az 5. csigolya U alakú nyúlványa itt előre tolódott, szárjai összeolvadtak a lemez alakú nyaki bordakezdemény belső oldalával. Az így keletkezett lemez a középvonalban összenőve egy új ívet, az *arcus muscularis* hozza létre. Rajta hátra és lefelé tekintő tövisnyúlvány emelkedik ki, amely a két oldalról összenőtt lemez folytatása; tehát nem azonos a 3. és 4. csigolyán található alsó tövisnyúlvánnyal. A tövisnyúlvány két oldalán még két oldalsó, gyengén fejlett nyúlvány van, amelyeken az igen erősen fejlett hosszú nyakizom — *m. longus colli* — tapad. Az *arcus muscularis* másik fontos szerepe abban áll, hogy az általa körülzárt csatornában halad a 9.—6. nyakcsigolyáig az *arteria carotis*. Így válik zavartalanná a vérkeringés a kopácsoló mozgás közben megnyilvánuló gyors és erős izomösszehúzódások alkalmával is. Az erősebb harántnyúlványok az erős oldalsó nyakizmokat jelzik: *m. inter transversarii* és *m. multifidus*. Eme izmok mindkét oldali egyidejű contractiója az egy síkban való mozgást tesz lehetővé, amely a kopácsoláskor megfigyelhető. A 10. csigolya átmenetet képez az előbbi típushoz képest, amennyiben erős, alsó processus spinosust visel. Az *arcus muscularis* megtalálható, de a foramen ventralist előrefelé vajt csontfelszín határolja és megjelenik ezáltal a fovea ventralis. Az *arcus muscularis*on levő tövisnyúlvány erősen fejlett és hátsó éle vajt. Egyenes irányba merevedett nyaktó esetén érintkezik az utána levő csigolya megfelelő alsó tövisnyúlványával. E csigolya két oldalt kissé összenyomott. A következő négy csigolyát az igen erős alsó pro-



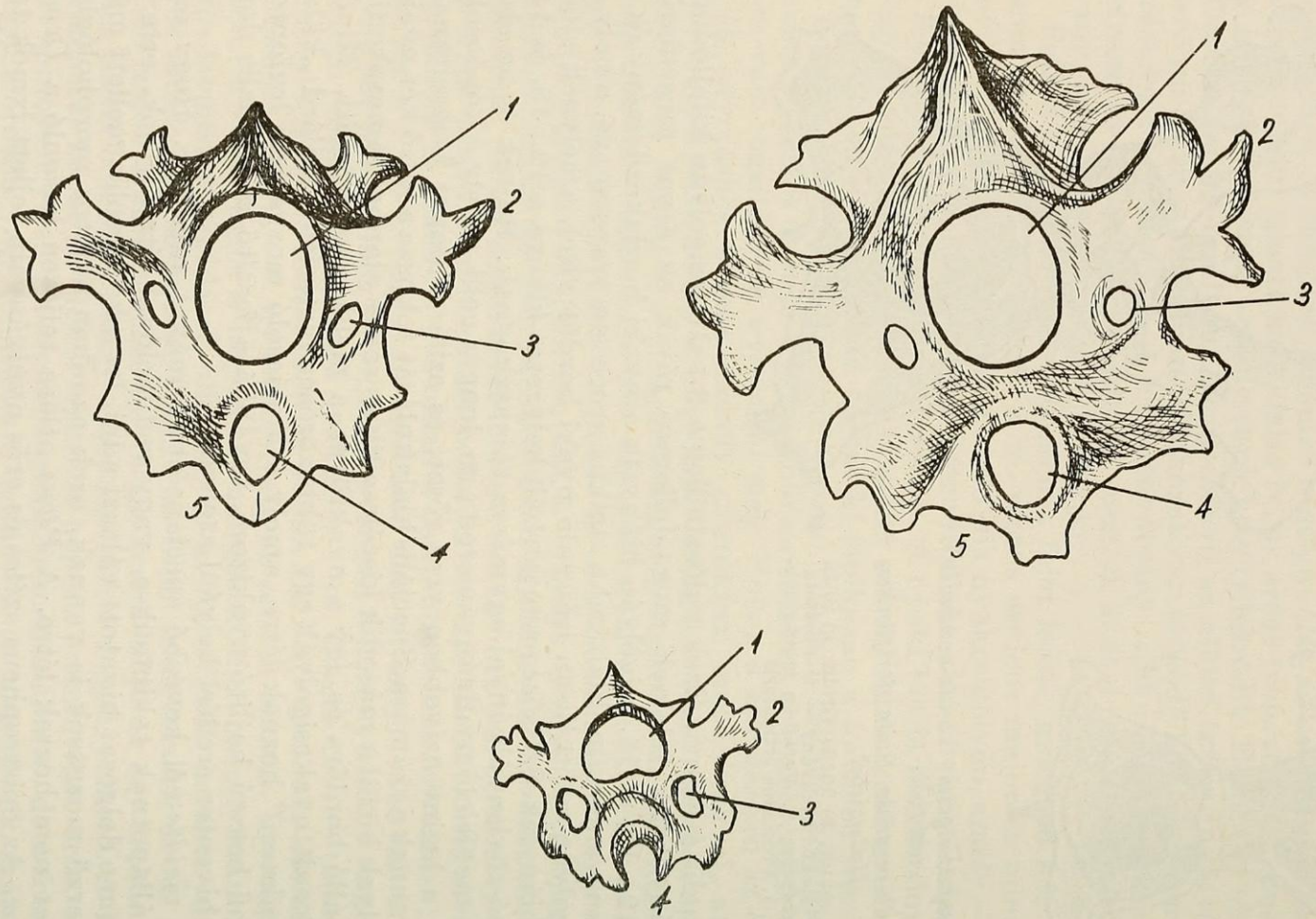
22. ábra. 5. nyakcsigolya caudo-ventralis nézetből

Abb. 22. Caudo-ventrale Seite der fünften Halswirbel

a) *Dendrocopos major*, b) *Picus viridis*, c) *Sitta europaea* 1. U-alakú nyúlvány – U-Fortsatz; 2. Foramen vertebrae; 3. Foramen transversarium; 4. Processus articularis

cessus haemalis jellemzi. Ezek valószínűleg a 6.–10. csigolyán kifejlődött tövisnyúlványoknak felelnek meg. Jellemző rájuk az arcus muscularis hiánya. A 12., 13. és 14. csigolyán hiányzik a nyaki bordakezdemény és a foramen transversarium, kialakul a tipikus processus transversus, amely a 13., 14. csigolyán ventrálisan irányuló nyaki bordát visel, amelynek sternális része hiányzik. Szélsőségesen görbült helyzetet kivéve a 12., 13. és 14. csigolya alsó tövisnyúlványai egymásra támaszkodnak. Rajtuk és az első hátszigolya megfelelő nyúlványán ered a *m. longus colli*, amely a kopácsoló mozgásban a legintenzívebben vesz részt, és szilárd alapot biztosítanak ennek az izomnak a számára. Speciális kialakulását fokozza az első két nyaki borda, amelyek közül a második kiszélesedik és széles alappal támaszkodik a mögötte álló bordára és így a nyaktövet a mellkashoz rögzíti. Mindezek a módosult nyakcsigolyák egy többszörösen biztosított szilárd „kalapácsnyél-szakaszt” hoznak létre, amely a kopácsoló mozgásban legfontosabb szerepű hosszú hajlító nyakizom, továbbá a feszítő *m. spinalis dorsalis* és *m. biventer* eredési helyéül szolgál.

A *Picus viridis*-nél kevésbé specializált formákat találunk. Hogy ezt elsődleges állapotnak tekintsük-e, vagy redukciónal létrejöttek, erre a kérdésre nem e dolgozat hivatott választ adni. Itt a kopácsolás mellett más táplálék-szerző mozgások is vannak, ezek azonban sajátos morfológiai változásokat nem hoztak létre. A *Picus atlasa* teljesen hasonló a *Dendrocopos*-éhoz. Az *epistropheus* széles és erős nyúlványain fejlett izmok tapadnak. A következő szakasz csigolyáit (3., 4., 5.) a csigolyatest megnyúlása jellemzi. A felső tövisnyúlvány fejlettsége azonban nem éri el a *Dendrocopos*-on megfigyelt fejlettséget, a rajta tapadó izmok sem olyan erősen fejlettek. (*M. rectus capitis* és *m. rectus capitis lateralis*.) A csigolyák egyéb-



23. ábra. 6. nyakesigolya előnézetből

Abb. 23. Vorderansicht der 6. Halswirbel

a) *Dendrocopos major*, b) *Picus viridis*, c) *Sitta europaea* 1. Foramen vertebrae; 2. Processus articularis; 3. Foramen transversarium 4. Foramen ventralis; 5. Arcus muscularis

ként teljesen hasonló alakúak, mint a *Dendrocopos*-nál. Az 5. csigolyán kifejlődik az az U alakú nyúlvány, amely az arcus muscularis alkotásában vesz részt. Az itt eredő izmok a fejet rögzítik kopácsoláskor. A mozgékony nyélszakaszhoz tartozó 6., 7., 8. és 9. csigolyák esetében megfigyelhető az arcus muscularis, amelynek kialakulása hasonló a *Dendrocopos*-éhoz. Ennek kifejlődését a kopácsolás sokszor igen erőteljes izommunkája idézi elő. Jellegzetes eltérés a *Dendrocopos*-on megfigyelt viszonyokhoz képest az arcus muscularis gyengébb tövisnyúlványa, ami az itt húzódó hosszú nyakizom viszonylag gyengébb fejlettségével áll összhangban. A 10. és 11. csigolyán is megvan az arcus muscularis, azonban a 11.-en gyenge kifejlődésű. A foramen ventralis bezárt, az ívek lapítottak. Az erős tövisnyúlvány csak a 11. csigolyán figyelhető meg, — egy csigolyával hátrább, mint azt a *Dendrocopos*-nál láttuk, nem olyan fejlett, ami a kopácsoló mozgásban szereplő m. longus colli gyengébb fejlettségével magyarázható. A nyaktőre (ami magában foglalja a 12., 13. és a 14. csigolyát), jellemző az arcus muscularis hiánya, továbbá az erősen fejlett processus haemalis és a tipikus processus transversus kialakulása. Meg kell azonban említeni, hogy az alsó tövisnyúlványok fejlettsége messze elmarad a *Dendrocopos*-éi mögött, különösen gyenge a 14. csigolyán. A csigolyák nem támaszkodnak egymásra tövisnyúlványaik segítségével és így nem nyújtanak olyan szilárd alapot az ezen a tájon eredő m. longus colli, a m. spinalis és m. biventer részére, amint azt a harkályoknál láttuk. Jellemző az első hátcsigolya ventralis processus spinosusán levő izomeredési hely, amely nem a homorú formát mutatja, mint a *Dendrocopos*-on, hanem csupán egy lemez, melyen V alakban összefutó él halad. A 13. és 14. csigolyán nyaki bordák találhatóak. A 14. csigolyán levő hasonló kialakulású és szerepű, mint a *Dendrocopos*-on. Látjuk tehát, hogy csupán kisebb méretű módosulások figyelhetők meg a geneticusan determinált bélyegekből, annak megfelelően, hogy a *Picus*-nál a kopácsoló mozgás már nem az egyedüli táplálékszerző mód.

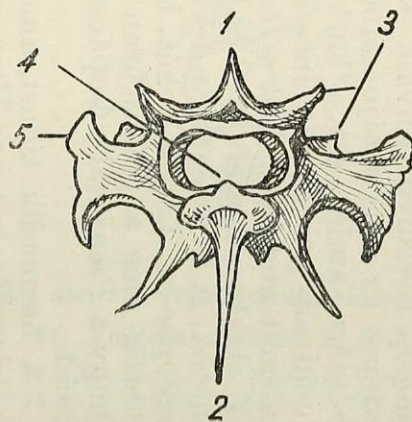
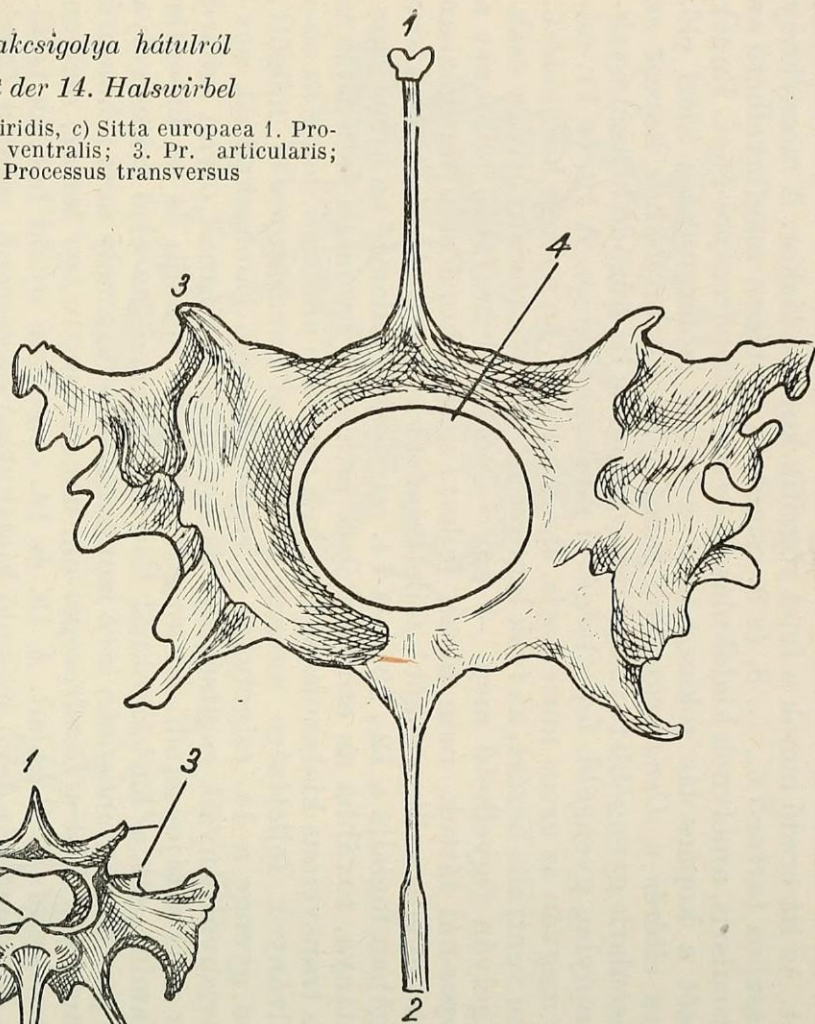
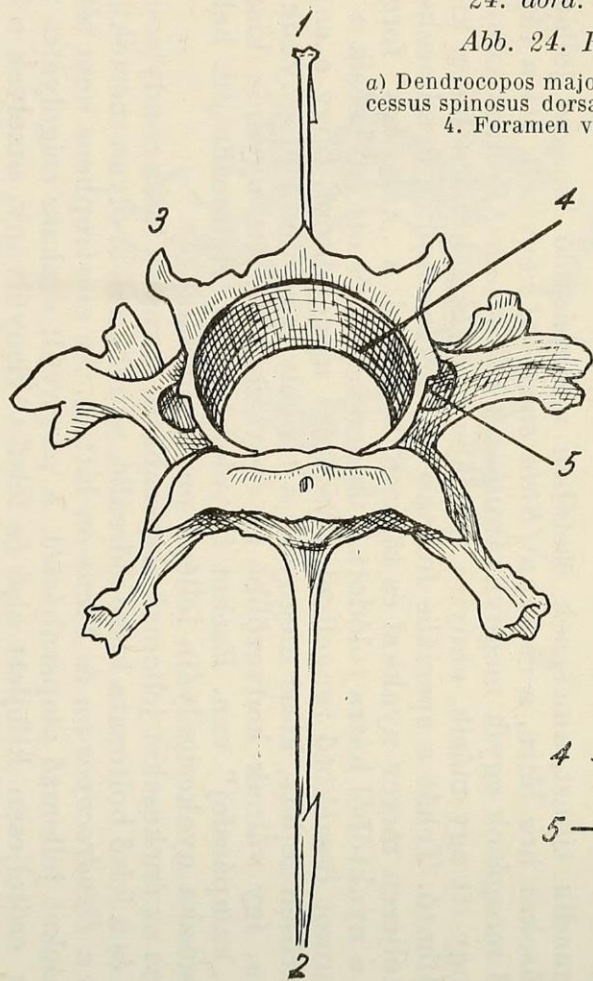
A harmadik típust, amelynek esetében a kopácsoló mozgás jellemző módosulásokat hoz létre, a csuszka (*Sitta europea*) képviseli. Itt a táplálékszerző mozgások egyik megnyilvánulása a kopácsolás. Fontos azonban tudni, hogy itt egy másik, ennyire speciális mozgás a kopácsoláson kívül nem található. Tehát a speciális forma csak egyértelműleg értelmezhető. A *Sitta* teljesen merev nyakkal és törzsszel kopácsol, a „kalapács” forgástengelye a nyaktőből hátra tolódott a medenceövbe és ott egybeesik a két acetabulumot összekötő tengellyel. (Érdemes megemlíteni, hogy a caput femoris erősen fejlett, kissé megnyúlt a tengely irányába.) Megnyúlik az erő karja, így válnak kedvezőbbé az erőviszonyok. Itt ugyanis kisebb tömegű „kalapácsfej” van. Ezeket figyelembevéve értelmezhetjük helyesen a csuszka nyakcsigolyáin fellépő módosulásokat.

Az atlas az énekeseket jellemző alapszabású, csupán a fossa condyleoidea mélyebb és a felső boltozata kissé előreálló, azonban nem olyan mértékben, mint azt a *Dendrocopos*-on és *Picus*-on láttuk. Az epistropheus nem tér el az énekeseket jellemző alapszabástól. A megnyúlt szakasz csigolyáira jellemző az erőteljesen kifejlett alsó és felső tövisnyúlvány, amelyek a koponya occipitalis tájékán tapadó hajlító és feszítő izmok erős fejlettségét

24. ábra. A 14. nyakcsigolya hátulról

Abb. 24. Rückansicht der 14. Halswirbel

a) *Dendrocopos major*, b) *Picus viridis*, c) *Sitta europaea* 1. Processus spinosus dorsalis; 2. P. s. ventralis; 3. Pr. articularis; 4. Foramen vertebrae; 5. Processus transversus



bizonyítják. Az 5., 6., 7., 8. és 9. csigolyára jellemző a további megnyúlás, és a felszakadó arcus transversalis. Igen jellemző, hogy arcus muscularis nem alakult ki. Itt az erős kopácsolásnál intenzív izomösszehúzódás nincs, a csigolyák nem mozdulnak el, az egész nyak, sőt a törzs is merev nyél jellegű. A nyaki bordakezdemény egy U alakú vályút képez, amelynek szárai fokozatosan egymásfelé nőnek, azonban nem érnek össze. Az általuk alkotott árokban halad az arteria carotis és a vena jugularis. Ez az árok a legtöbb madárnál megtalálható és a csúszkánál meglehetősen fejlett. Az ívszerűen egymás felé hajló szárok jelentős felületet biztosítanak az itt tapadó m. longus colli számára. A 9. csigolyán jelentkezik a két szár összenövéséből létrejött alsó processus spinosus. A 10., 11. csigolyán erős az alsó tövisnyúlvány. Ventrálisan a 12., 13. és 14. csigolyán három nyúlvány van: a tövisnyúlvány és a két oldalsó nyúlvány. A processus spinosus inferior erősen fejlett a rajta tapadó hosszú nyakizomnak megfelelően. A külső oldalsó nyúlvány a nyaki bordakezdeménynek felel meg, az erősebb belső ferdén hátrafelé néz, és megfelel a test ventralis oldalnyúlványának, amely a foramen transversarium alsó határát képezte; ez mintegy felszakad itt és ferdén nőtt. Ezek az oldalsó nyúlványokon ered a m. multifidus és m. semispinalis, amelyek a nyak merev, egyenes tartását biztosítják a kétoldali egyidejű contractio esetén. Ezek a nyúlványok a *Dendrocopos*-on és *Picus*-on fejletlenebbek a más jellegű mozgás következtében. A 14. csigolya nyaki bordát visel. Ez különösebb kialakulást nem mutat. A m. longus colli az utolsó nyakcsigolya alsó processus spinosusán és az első hét hátcsigolya gyengén fejlett háromszögletű alsó tövisnyúlványán ered. Gyengébb, mint a *Dendrocopos*-on és *Picus*-on.

Végül nézzük meg azokat a fajokat, ahol a kopácsolás egyéb más bonyolult mozgás mellett figyelhető meg, mint például a Parus és a Corvus faj esetében. Ezek hiába keresünk speciális módosulásokat, mert azok nem alakultak ki, hiszen a kopácsolás nálunk ritkán fordul elő. Legtöbbször más mozgások segítségével szerzik táplálékukat. Vagyis ezeken a kopácsolás már nem az az intenzív és speciális igénybevételt jelentő mozgás. A madár kopácsolgat, de emellett csipeget vagy húzó-tépő stb. mozgásokat is végez, ennek megfelelően a nyakcsigolyák sokoldalúan fejlődtek ki. Speciális módosulásokat nem találunk, mert ebben az esetben ilyenek egyenesen gátlóak lennének.

A felsorolt típusok vizsgálata alapján tehát úgy látszik, hogy csak egyoldalú működés hozhat létre speciális módosulásokat és a specializálódott csigolyák minden esetben különleges működésre engednek következtetni.

Irodalom — Literatura

- Bronn—Gadow*: Classen und Ordnungen des Thierreiches VI. abth. 4. Vögel Anatomischer Theil. (Leipzig, 1891).
H. Böker: Vergleichende biologische Anatomie der Wirbeltiere I. (Jena, 1935).
Chernel I.: Magyarország madarai. I.—II. (Budapest, 1899).
M. A. Milne—Edwards: Recherches Anatomiques et Paleontologiques pour servir l'histoire des oiseaux fossiles de la France. Tome premier (Paris, 1867—68).
E. Stresemann: Handbuch der Zoologie. Sauropsida: Aves. (Berlin und Leipzig, 1927 bis 1934).
Szakáll Gy.: Háziszárnyasok bonctana. (Budapest, 1897).

Die Wirkung der hämmernden Bewegung der Vögel auf die Ausbildung der Halswirbeln

von Peter Péczely

Institut f. Allgemeine Zoologie und Comparative Anatomie der Universität, Budapest
Prof. Dr. G. Mödinger

Der Zweck meiner Abhandlung ist festzustellen, inwiefern die spezialisierte Lebensweise die Ausbildung und Veränderung der Halswirbeln beeinflusst. Inwiefern gibt es eine Harmonie zwischen Funktion und Konstruktion. Diese Probleme zu untersuchen habe ich die hämmernde Bewegung als speziellen Mechanismus für zweckmässig gehalten. Mein Zweck ist also die Klarlegung der morphogenetischen Wirkung der Funktion.

Ich habe fünf Vogelarten geprüft, bei denen das Hämmern zu finden ist. Diese sind: der Buntspecht (*Dendrocopos major*), der Grünspecht (*Picus viridis*), der Kleiber (*Sitta europea*), die Kohlmeise (*Parus major*) und die Saatkrähne (*Corvus frugilegus*). Ich untersuchte die Hals- respektive die Kopfmuskulatur dieser Vogelarten, habe aber auch die Körpermuskulatur nicht unbeachtet gelassen. Ich habe von jeder Art sechs bis sieben Exemplare sezirt. An diesen habe ich die morphologischen Funktionsverhältnisse der Muskulatur untersucht und den Entwicklungsstand bei den Arten miteinander verglichen. Von jeder Art habe ich mehrere Knochenpreparate verfertigt. Die Weichteile entfernte ich durch Kochen, nachher habe ich die einzelnen Wirbeln in Wasser abgewaschen, sodann folgte die Entfettung in Benzin, zuletzt das Bleichen mit Hydrogen-Hyperoxyd.

Auf Grund des so gewonnenen Materials und auf meine vieljährigen Beobachtungen gestützt versuche ich die Fragen, die ich zu Beginn meiner Abhandlung stellte, zu beantworten.

Das Hämmern bei der Nahrungssuche ist eine charakteristische Bewegung einiger Vogelarten. Besonders typisch ist es beim *Dendrocopos*, aber nicht diese Vogelart ist es allein, für welche diese Bewegung bezeichnend ist. Wir können das Hämmern auch bei *Sitta*-, *Corvus*- und *Parus*-Arten antreffen. Am Anfang der Reihe steht also der *Dendrocopos*, der seine Nahrung fast ausschliesslich hämmernd erreicht, dann folgen die *Parus*- und *Corvus*-Arten, die unter anderen, mehr oder minder typischen Bewegungen auch hämmern. Betrachten wir nun, was für einen Mechanismus das Hämmern darstellt. Es gleicht einem Hammer. Ein, sich um eine Achse drehender, kürzerer oder längerer Stiel, der sich aus Hals- oder manchmal aus Hals- und Rückenwirbeln zusammensetzt. An seinem Ende befindet sich ein — auf ihm vertikal liegender — schwerer, aber keilförmig zugespitzter „Hammerkopf“: der Schnabel, beziehungsweise der Kopf. Der Stiel hat steife, weniger steife und bewegliche Teile, welche durch typische morphologische Verhältnisse charakterisiert sind. Der in der Bewegung meistbeteiligte Muskel ist der lange Halsbeugemuskel (*M. longus colli*), der am unteren Dornfortsatz des ersten oder ersten und zweiten Rückwirbels entspringt. Dieser Wirbelfortsatz ist von typischer Ausbildung. Meistens befinden sich auf ihm zwei Kanten, welche in „V“ Form zusammenlaufen. Dagegen finden wir bei anderen Genera (*Dendrocopos*) eine konkave Oberfläche. Diese Oberflächen dienen dazu, um dem sehr starken Muskel eine grosse Anhaftungsstelle zu sichern. Der Muskel, an dem unteren Teil des Queransatzes heftend, erstreckt sich entlang des Halses und endet in der Occipital-Region des Schädels. Beim Zusammenziehen beugt er entweder den ganzen Hals, oder einzelne Teile davon und bewegt den Kopf abwärts. Der Antagonist des Hebemuskels, respektive des Spannmuskels ist der *M. Spiralis*, der sich zwischen den oberen Dornfortsätzen erstreckt und entweder den ganzen Hals hebt, oder einzelne Teile davon zurückzieht. Wichtig sind die den Kopf befestigenden Beugemuskeln und Hebemuskeln, welche den Kopf während des Hämmerns in einer bestimmten Lage befestigen. Diese Lage ist im allgemeinen mit einem Rechteck zu vergleichen, welches durch den Schnabel und die ersten drei—vier Halswirbeln gebildet wird.

Diese Muskeln sind: M. Rectus Capitis, M. Rectus Capitis Lateralis und M. Rectus Capitis Posterior Major für die Spannung, ferner M. Longus Capitalis und M. Rectus Capitis Anticus Major, die die Funktion des Beugens verrichten. Die erwähnten Muskeln entspringen den 1—5. Halswirbeln und haften an der occipitalen Region des Schädels. Die Entwicklung oder Minderentwicklung der Muskeln bringt typische osteologische Kennzeichen zustande.

Höchstspezielle Eigentümlichkeiten findet man bei jenen Rassen vor, wo Anwendung und Richtung der Wirkungskräfte fast immer identisch sind, d.h. wo Hämmern die wichtigste Nahrungserwerb-bewegung ist. Es darf aber natürlich nicht vorausgesetzt werden, dass sich die eigentümlichen Merkmale nur auf das Gebiet der Halswirbeln beschränken, denn die sind auf dem ganzen Körper bemerkbar, aber am auffallendsten sind sie eben in der Halsgegend.

Der untere Bogen des Atlases des *Dendrocopos major* ist entwickelt, daraus entspringt nach vorn ein Stützband und schmelzt in den seitlichen unteren Teil der Fossa Condyleoidea ein. Zwischen diesem und dem Bogen ist der Foramen Transversarium, der von den untersuchten Arten auf dem Atlas allein beim Specht zu finden ist. Diese Öffnung sichert es, dass die Arteria Vertebralis gut geborgen sei und die Blutzirkulation bei der Kontraktion der hier liegenden starken Muskeln keine Störung erleide. Der Rand der Fossa Condyleoidea ist sehr stark, ragt nach vorn und sein oberer Teil wölbt sich etwas abwärts. Dies ermöglicht, dass der Kopf, respektive der Schnabel, mit dem Hals beinahe ein Rechteck bildet, was die Vorbedingung der hämmernden Bewegung ist. Vom unteren Bogen ziehen sich zwei hornförmige Verlängerungen nach rückwärts, mit deren Hilfe sich der Atlas auf den Körper des Epistropheus stützt: teils diesen Verlängerungen entspringen die M. Rectus Capitis Anticus Major und M. Longus Capitis, welche den Kopf abwärts ziehen und zugleich spannen. Der obere Bogen ist breit und flach, hier beginnen teilweise die M. Rectus Capitis Lateralis und M. Rectus Capitis Posterior Major, die den Kopf nach hinten ziehen und befestigen. Bezeichnend für den Epistropheus sind die starken Fortsätze. Besonders entwickelt ist der obere Dornfortsatz, auf dem teils der entwickelte M. Rectus Capitis beginnt. Der Körper der drei nächsten Wirbeln ist verlängert (3. 4. 5.). Bei den Vögeln ist das ein allgemeines Merkmal. Besonders charakteristisch ist die Verlängerung des fünften Wirbels. Bei diesem reißt der, am dritten Wirbel auftretende seitliche Bogen, der Arcus Transversalis auf, welcher sich zwischen dem vorderen und dem hinteren Processus Articularis spannt. Gleichzeitig kommt die Anlage des Querfortsatzes zum Vorschein in der Form des, an der Seite des vorderen Gelenkfortsatzes befindlichen Tuberositas. Der gradweise stärker werdende Rippenansatz nimmt dann an seiner Bildung teil. Der Querfortsatz ist in typischer Gestalt nur an den letzten drei Halswirbeln wahrzunehmen. Auf den 3. und 4. Wirbeln entwickelte sich ein unterer Processus Spinosus. Dies sind entwickelte Fortsätze, auf denen zwei starke, den Kopf abwärts bewegende Beugemuskeln beginnen. Diese Muskeln sind: M. Rectus Anticus Major et Minor. Merkwürdige Veränderungen sind an dem fünften Halswirbel zu beobachten, der — wie schon erwähnt — am stärksten verlängert ist. Der untere Dornfortsatz fehlt hier, der obere hingegen ist vorgeschoben und stärker. Hinter der Halsrippenanlage auf der ventralen Seite des Wirbelkörpers erscheint ein Fortsatz mit U-förmiger Verlängerung. In dieser Sektion entwickelt sich typisch der Foramen Transversarium. Die Muskeln, die an der occipitalis Gegend des Schädels haften, gehen von hier aus. Die gemeinsame Rolle dieser Muskeln bei hämmernder Bewegung offenbart sich in der Befestigung der Kopfes in entsprechender Position. In dieser Sektion verschieben sich die einzelnen Wirbeln im Verhältnis zu einander nur in geringem Masse, wodurch sie einem steifen Stiel gleichen. Dagegen ist für die nächste Sektion gerade die Beweglichkeit charakteristisch und sind mit dieser Eigentümlichkeit bezeichnende morphologische Merkmale verbunden. Die Wirbeln 6, 7, 8. und 9. gehören hierher. Besonders bezeichnend ist für diese das Erscheinen eines neuen Bogens, der dem Haemalbogen entspricht, welcher einen Kanal, den Canalis Ventralis umspannt. Der U-förmige Fortsatz des 5. Wirbels hat sich hier vorgeschoben, seine Stiele sind mit der Innenseite der plattenförmigen Rippenanlage verschmolzen. Die so entstandene Platte bringt einen neuen Bogen, den Arcus Muscularis zustande, indem sie der Mitte entlang verwachsen ist. Daraus erhebt sich ein, sich nach rückwärts und abwärts richtender Dornfortsatz, der eine Fortsetzung

der, an beiden Seiten zusammengewachsenen Platte ist. Er ist also nicht mit dem, auf den 3. und 4. Wirbeln auffindbaren, unteren Dornfortsatz identisch. An den zwei Seiten des Dornfortsatzes sind noch zwei schwach entwickelte laterale Fortsätze, an denen der sehr stark entwickelte lange Halsmuskel — *M. Longus Colli* — haftet. Die andere wichtige Rolle des *Arcus Muscularis* besteht darin, dass in dem Kanal, den er umschliesst, die *Arteria Carotis* bis zu den 9—6. Halswirbeln entlangzieht. Auf diese Art werden Störungen in dem Blutkreislauf auch während der raschen und starken Zusammenziehung der Muskeln bei den hämmernden Bewegungen ausgeschaltet. Die stärkeren Querfortsätze deuten auf die starken lateralen Halsmuskeln: *M. Intertransversarii* und *M. Multifidus*. Die gleichzeitige Kontraktion beiderseits ermöglicht die Bewegung auf der gleichen Ebene, wie es beim Hämmern wahrnehmbar ist. Der 10-te Wirbel bildet einen Übergang zu dem vorherigen Typus, insofern er einen starken, unteren *Processus Spinosus* trägt. Der *Arcus Muscularis* ist auffindbar, aber der *Foramen Ventralis* wird von einer, nach vorn ausgehöhlten Knochenoberfläche begrenzt, und somit erscheint die *Fovea Ventralis*. Der auf dem *Arcus Muscularis* befindliche Dornfortsatz ist stark entwickelt und seine hintere Kante hat eine Rinne. Wenn der Halsstock in gerader Richtung erstarrt ist, berührt er den entsprechenden unteren Dornfortsatz des nächsten Wirbels. Dieser Wirbel ist an beiden Seiten etwas zusammengepresst. Die nächsten vier Wirbeln werden durch den sehr starken unteren *Processus Spinosus* charakterisiert. Diese entsprechen wahrscheinlich den, an den 6—10. Wirbeln sich entwickelten Dornfortsätzen. Bezeichnend für sie ist der Mangel des *Arcus Muscularis*. Halsrippenanlage und das *Foramen Transversarium* fehlen bei den Wirbeln 12, 13, 14, und es bildet sich der typische *Processus Transversus*, der an den 13. und 14. Wirbeln eine ventral gerichtete Halsrippe trägt, deren Sternanteil fehlt. Die unteren Dornfortsätze der 12, 13, und 14. Wirbeln stützen sich aufeinander, eine besonders krumme Lage ausgenommen. An ihnen und an dem entsprechenden Fortsatz des ersten Halswirbels beginnt der *M. Longus Colli*, welcher am intensivsten in der hämmernden Bewegung teilnimmt und sie sichern diesem Muskel einen festen Grund. Die spezialisierte Ausgestaltung wird durch die zwei ersten Halsrippen verstärkt, die zweite Rippe wird breiter und stützt sich mit dieser breiten Basis auf die, hinter ihr stehenden Rippe und heftet so den Halsstock an den Brustkasten. All diese veränderten Halswirbeln bringen eine mehrfach gesicherte, feste Hammerstielsektion zustande, die als Ursprungsort sowohl für den langen Halsbeugemuskel dient, der in der hämmernden Bewegung die wichtigste Rolle spielt, wie auch für den spannenden *M. Spinalis Dorsalis* und für den *M. Biventer*.

Picus viridis zeigt minder spezialisierte Formen auf. Ob das als Primärstadium angesehen werden kann, oder durch Reduktion entstanden ist, diese Frage zu beantworten ist nicht Zweck dieser Abhandlung. Neben Hämmern gibt es auch andere der Nahrungsbeschaffung dienende Bewegungen, die aber keine eigenartigen morphologischen Veränderungen zustande brachten. Der Atlas des *Picus* gleicht vollkommen dem des *Dendrocopos*. An den breiten und starken Fortsätzen des *Epistropheus* haften entwickelte Muskeln. Die Wirbeln der nächsten Sektion (3. 4. 5.) weisen die eigentümliche Verlängerung des Wirbelkörpers auf. Aber die Entwicklung des oberen Dornfortsatzes erreicht den Entwicklungsstand des *Dendrocopos* nicht, auch sind die an ihm haftenden Muskeln nicht so kräftig entwickelt. (*M. Rectus Capitis* und *M. Rectus Capitis Lateralis*.) Die Wirbeln besitzen übrigens dieselbe Form, wie die des *Dendrocopos*. Am 5-ten Wirbel entwickelt sich jener U-förmige Fortsatz, der sich an der Bildung des *Arcus Muscularis* beteiligt. Die daran entspringenden Muskeln befestigen den Kopf während des Hämmerns. Die 6. 7. 8. und 9. Wirbeln, die zu der beweglichen Stielsektion gehören, weisen den *Arcus Muscularis* auf, deren Entwicklung der des *Dendrocopos* ähnelt. Die oft recht kräftige Muskeltätigkeit des Hämmerns bringt diese Entwicklung zustande. Im Vergleich zu den an dem *Dendrocopos* beobachteten Verhältnissen ist der schwächere Dornfortsatz des *Arcus Muscularis* eine charakteristische Abweichung, was mit der schwächeren Entwicklung des, sich hier erstreckenden langen Halsmuskels im Einklang steht. Auch an den 10. und 11. Wirbeln gibt es einen *Arcus Muscularis*, aber an dem 11. ist er schwach entwickelt. Der *Foramen Ventralis* ist geschlossen, die Bogen sind flacher. Der starke untere Dornfortsatz ist nur am 11. Wirbel wahrzunehmen, — um einen Wirbel weiter hinten, als wir es beim *Dendrocopos* gesehen haben, — nicht so stark entwickelt,

was hinwieder mit der schwächeren Entwicklung des, in der hämmernden Bewegung mitwirkenden, M. Longus Colli zu erklären ist. Eine Eigenart des Halsstockes (der die 12. 13. und 14. Wirbeln enthält) ist das Fehlen des Arcus Muscularis, ferner die Bildung des stark entwickelten unteren Processus Spinosus und des typischen Processus Transversus. Erwähnenswert ist es aber, dass der Entwicklungsstand der unteren Dornfortsätze weit hinter dem des *Dendrocopos* zurückbleibt, besonders schwach ist er am 14. Wirbel. Die Wirbeln stützen sich nicht mit Hilfe ihrer Dornfortsätze aufeinander und so geben sie nicht so einen festen Grund für den M. Longus Colli, M. Spinalis und M. Biventer, die in dieser Gegend entspringen, als wie wir das bei den Spechten gesehen haben. Charakteristisch ist die Muskelanhaftungsstelle auf dem Ventralis Processus Spinosus des ersten Wirbels, die keine konkave Form aufweist, wie beim *Dendrocopos*, sondern bloss eine Platte ist, auf welcher sich eine schwache, V-förmig zusammenlaufende Kante entlangzieht. An den 13. und 14. Wirbeln sind Halsrippen zu finden, jene auf dem 14. Wirbel ist in Ausbildung und Funktion der des *Dendrocopos* ähnlich. Wir ersehen hieraus, dass an den generisch determinierten Merkmalen nur geringe Veränderungen zu bemerken sind, was von dem Umstande herrührt, dass die hämmernde Bewegung nicht die einzige Nahrungserwerbsmöglichkeit des *Picus* ist.

Der dritte Typ, der durch hämmernde Bewegung charakteristische Veränderungen aufweist, wird durch den Kleiber (*Sitta europea*) vertreten. Da ist das Hämmern nur eine der Bewegungen, mit welchen die Nahrung erworben wird. Wichtig ist es aber zu wissen, dass in diesem Fall eine andere derart spezielle Bewegung als das Hämmern, nicht auftritt. Die spezielle Form ist also nur eindeutig erklärlich. Wenn die *Sitta* hämmert, tut sie das fast mit völlig steifem Hals und Leib, die Drehachse des „Hammers“ ist vom Halsstock nach hinten in den Beckengürtel verschoben und trifft dort mit der Achsel zusammen, die die zwei Acetabulum miteinander verbindet. (Bemerkenswert ist es, dass der Caput Femoris stark entwickelt und in der Richtung der Achsel etwas verlängert ist.) Der Kraft besitzende Arm verlängert sich und die Kraftverhältnisse werden auf diese Art vorteilhafter. Hier gibt es nämlich einen „Hammerkopf“ geringerer Ausmasse. Nur wenn wir dies nicht ausser Acht lassen, können wir uns die Veränderungen, die auf den Halswirbeln des Kleibers auftreten, richtig erklären.

Der Atlas hat den für Singvögel bezeichnenden Grundriss, nur die Fossa Condyleoidea ist tiefer und ihre Überwölbung etwas vorragend, aber nicht in demselben Masse, wie wir es am *Dendrocopos* und *Picus* gesehen haben. Der *Epistropheus* weicht von der, für Singvögel charakteristischen Form nicht ab. Bezeichnend für die Wirbeln der verlängerten Sektion sind die kraftvoll entwickelten unteren und oberen Dornfortsätze, welche die starke Entwicklung der Beuge- und Spannmuskeln beweisen, die an der Occipitalgegend des Schädels anhaften. Für die 5. 6. 7. 8. und 9. Wirbeln ist die weitere Verlängerung kennzeichnend und der Arcus Transversalis reisst auf. Sehr bezeichnend ist es, dass sich der Arcus Muscularis nicht entwickelt hat. Hier gibt es keine intensive Muskelkonstruktion beim starken Hämmern, die Wirbeln verschieben sich nicht, der ganze Hals, sogar der Rumpf werden zu einem steifen Stiel. Die Halsrippenanlage bildet eine U-förmige Mulde, wobei die Seiten allmählich gegen einander wachsen, aber sich nicht berühren. In der so entstandenen Rinne läuft die Arteria Carotis und die Vena Jugularis. Diese Mulde — bei den meisten Vögeln auffindbar — ist bei dem Kleiber ziemlich entwickelt. Die sich bogenartig gegeneinander neigenden Seiten bieten eine bedeutende Fläche für den hier anhaftenden M. Longus Colli. Am 9. Wirbel tritt der, durch das Zusammenwachsen der zwei Seiten entstandene, untere Processus Spinosus auf. Am 10. und 11. Wirbel ist der untere Dornfortsatz stark ausgebildet. An den 12. und 13. und 14. Wirbeln sind drei ventrale Ansätze: der Dornfortsatz und zwei seitliche Ansätze. Der Processus Spinosus Inferior ist, dem daran haftenden langen Halsmuskel gemäss, stark entwickelt. Der äussere seitliche Fortsatz entspricht der Halsrippenanlage, der stärkere innere richtet sich schräg nach hinten und entspricht dem ventralen Seitenfortsatz des Körpers, der die untere Grenze des Foramen Transversarium bildete, er reisst hier sozusagen auf und ist schief gewachsen. Von diesen Seitenfortsätzen gehen der M. Multifidus und M. Semispinalis aus, welche die steife und gerade Haltung des Halses im Falle beiderseitiger und gleichzeitiger Kontraktion sichern. Diese Fortsätze sind bei dem *Dend-*

rocopos und dem *Picus* weniger entwickelt, da die Bewegung anderer Natur ist. Der 14. Wirbel trägt eine Halsrippe. An der ist keine besondere Ausbildung zu sehen. Der *M. Longus Colli* entspringt dem unteren *Processus Spinosus* des letzten Halswirbels und dem schwach entwickelten dreieckigen unteren Dornfortsatz der zwei letzten Rückenwirbeln. Er ist schwächer, wie der des *Dendrocopos* und des *Picus*.

Betrachten wir nun jene Arten, wo das Hämmern neben anderen komplizierten Bewegungen wahrnehmbar ist, wie zum Beispiel im Falle der *Parus*- und *Corvus*-Arten. Da werden wir umsonst nach speziellen Veränderungen suchen, solche konnten sich nicht entwickeln, weil das Hämmern nur selten vorkommt, meistens erwerben diese Arten ihre Nahrung mit Hilfe anderer Bewegungen; das heisst das Hämmern bedeutet hier nicht mehr jene intensive und höchst anspruchsvolle Bewegung. Der Vogel hämmert, aber dabei pickt er auch, oder übt ziehende, reissende etc. Bewegung aus, dementsprechend entfaltet sich die Halswirbeln vielseitig, spezielle Abänderungen sind nicht zu finden, denn in diesem Fall wären solche geradezu hinderlich.

Auf Grund der Untersuchung der hier angeführten Typen scheint es nun, dass nur eine einseitige Funktion fähig ist spezielle Veränderungen zustandezubringen und dass die spezialisierten Wirbeln jedesmal auf besondere Funktion schliessen lassen.