

4-Mavzu: Qushlarning skeleti va muskul tizimi

1.Qush skeletining umumiy xususiyatlari

2.Qushlarda skelet va mushak tizimining uchishga moslashuvi

Hayvonlar muayyan muhitga moslashganda, ularning tana tuzilishi (ya'ni, tabiiy tanlanish natijasida) o'sha muhit sharoitidan samarali foydalanish (masalan, oziqlanish va ko'payish) uchun o'zgaradi. Masalan, insonlar tik yurish va yugurishga moslashgan, shuning uchun ularning skeleti tik holatda harakatlanishga qulay tarzda tuzilgan. Qushlar esa uchishga moslashgan, bu esa ularning skelet tuzilishi va har bir suyak shaklida yaqqol aks etadi. Qushlarning suyaklari nisbatan ingichka, biroq sutemizuvchilarning suyaklariga qaraganda qattiq va zichroq bo'ladi. Ularning muhim moslashuvlaridan biri — umurtqa suyaklarining qo'shilib ketishi bo'lib, bu skeletning qattiq (mustahkam) umurtqa pog'onasini hosil qiladi va uchish vaqtida tanani qo'llab-quvvatlash vazifasini bajaradi. Qushlarda suyaklarning umumiy massasi sutemizuvchilarnikiga qaraganda kamroq, biroq ularning suyaklari odatda zichroq bo'ladi. Bu esa qushlarda "kuch va og'irlik nisbati" (strength-to-weight ratio) yuqoriligini ko'rsatadi, ya'ni suyaklar yengil bo'lishiga qaramay juda mustahkam. Qushlarning suyaklari ko'pincha pnevmatik bo'ladi, ya'ni ular bo'shliqli va havo qopchalari bilan to'lgan. Bunday pnevmatik suyaklar uzoqqa uchadigan qushlarda, masalan, sayroqi qushlarda juda keng rivojlangan. Aksincha, pingvinlar va tuvaloq (tuyaqush) kabi yerda yashovchi qushlarda pnevmatik suyaklar juda kam. Tovuq, kurka, bedana kabi gallinatsiyal qushlarda esa pnevmatik suyaklar o'rtacha darajada rivojlangan. Pnevmatik suyaklarning ko'ndalang kesimida "asalari uyasi" shaklidagi tuzilma kuzatiladi. Bu suyaklarning medullyar (ichki) bo'shlig'ida esa ichki havo qopchalarining tarmoqlari (divertikulalari) joylashgan bo'ladi. Masalan, tovuqlarda (va ehtimol boshqa gallinatsiyal qushlarda ham) quyidagi suyaklar pnevmatikdir:

Ko'krak suyagi (sternum)

Yelka suyagi (humerus)

Chanoq (pelvis)

Bo'yin (servikal) va ko'krak (torakal) umurtqalari. Bu tuzilma qush skeletini yengil, lekin mustahkam qiladi hamda uchish jarayonida havo aylanishiga yordam beradi.

Skelet tizimi suyaklardan tashkil topgan bo'lib, u quyidagi asosiy funksiyalarni bajaradi:

1. Ichki organlarni himoya qilish va tayanch vazifasi – masalan, yurak va o'pka kabi muhim organlarni himoya qiladi.
2. Tuxum hosil bo'lishi uchun kalsiy manbai – suyaklarda saqlanadigan kalsiy moddasi tuxum po'chog'ining shakllanishida ishlatiladi.
3. Bo'g'imlar orqali harakatni ta'minlash – bu tizim yurish, sakrash va uchish harakatlarini amalga oshirishga imkon beradi.
4. Qon hujayralarini hosil qiluvchi ildiz hujayralar uchun tayanch muhit – ya'ni suyak iligi oq qon hujayralari (granulopoez) va qizil qon hujayralari (gematopoez) hosil bo'lishida muhim rol o'ynaydi.

Suyakning tarkibi: Suyak ikkita asosiy qismdan iborat: noorganik (mineral) matritsa va organik (oqsilli) matritsa.

1. Noorganik matritsa

Suyakning quruq og'irligining taxminan 55–65% qismini tashkil etadi. U gidroksiapatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) deb ataluvchi kristallardan iborat bo'lib, kalsiy va fosfor birikmasidan hosil bo'ladi. Bu modda suyak va tishlarning asosiy tarkibiy qismi bo'lib, ularga mustahkamlik va qattiqlik beradi.

2. Organik matritsa

Suyakning taxminan 35% qismini tashkil etadi. Asosan 1-turdagi kollagen oqsilidan iborat bo'lib, u suyakka moslashuvchanlik (egiluvchanlik) xususiyatini beradi.

Qushlar skeleti ikkita asosiy qismga bo'linadi: aksial va appendikulyar qismlar.

1. Aksial skelet (Axial skeleton)

Tanani markaziy o‘q bo‘ylab tashkil etadi.

Quyidagi qismlarni o‘z ichiga oladi:

1. Bosh suyak
2. Umurtqa pog‘onasi
3. Qovurg‘alar
4. Ko‘krak suyagi

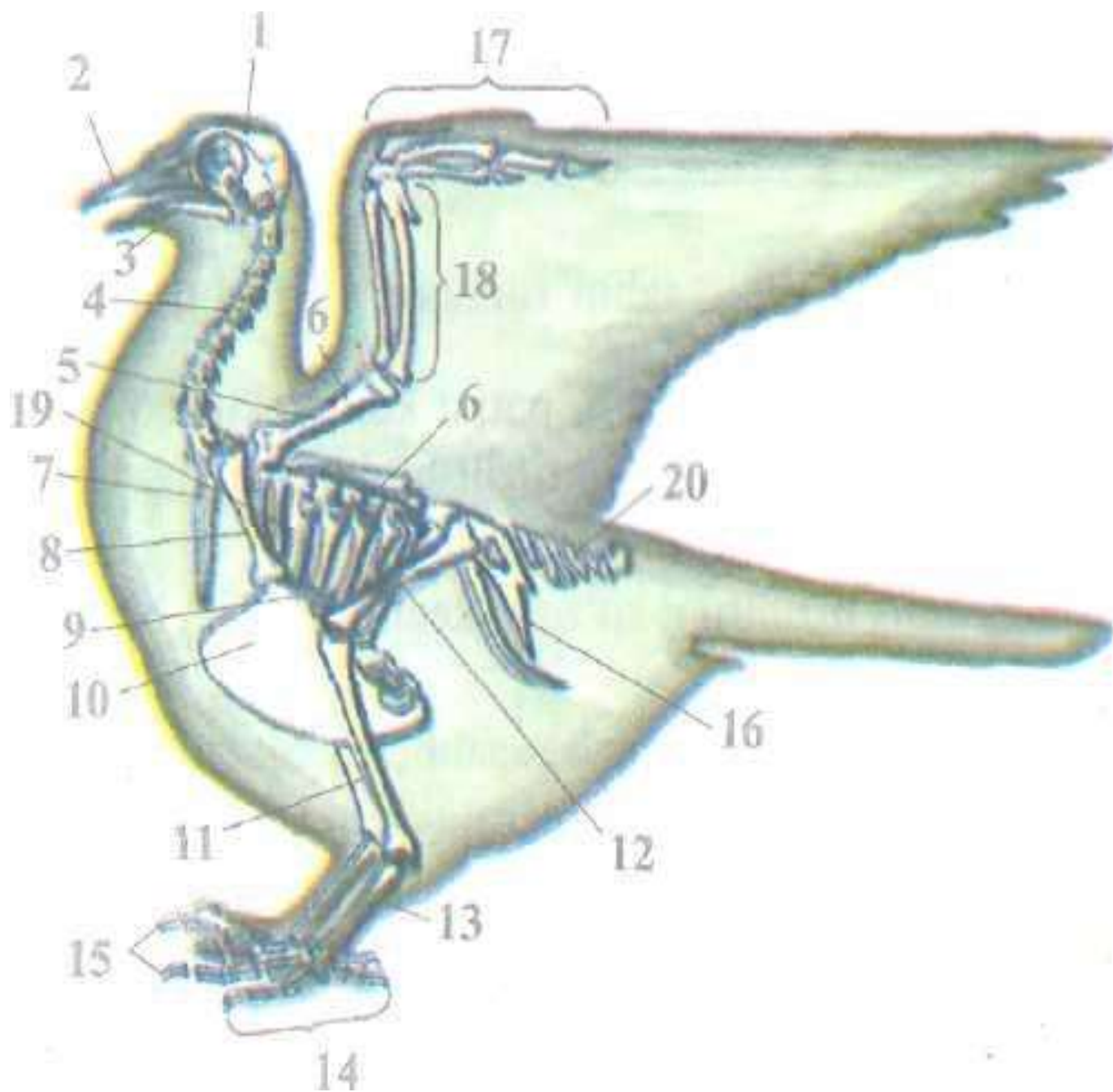
Bu qism tananing asosiy tayanchi va himoya qismi bo‘lib, ichki organlarni (yurak, o‘pka, miya) himoya qiladi.

2. Appendikulyar skelet (Appendicular skeleton)

Harakat organlarini hosil qiluvchi suyaklardan iborat.

1. Ko‘krak kamari
2. Chanoq kamari
3. Qanotlar
4. Oyoqlar

Bu qism uchish, yurish va turish funksiyalarini bajaradi.



1: Bosh suyag.

2: Tumshuq.

3: Bo'yin umurtqasi.

4: O'murtqa pog'onasi.

5: Yelka suyagi.

6: Ko'krak suyagi.

11: Son suyag

12: Boldir suyagi

13: Tarsus suyagi

14: Oyoq panjasi suyagi

15: Barmoq suyaklari

16: Chanoq

7: O'mrov.

8: Bilak suyagi.

9: Tirsak suyagi.

10: Panja suyaklari.

17. Qanot panjasi

18. Bilak

19. Qovurg'a

20. Dum umurtqalari

Bosh suyagi :

Qushning bosh suyagi inson bosh suyagiga o'xshash bo'lib, katta miya qismiga ega. Bosh suyagi qush tanasining atigi 1% og'irligini tashkil etadi. Ko'zlar bosh suyakning katta qismini egallaydi; ularni sklerotik halqa deb ataluvchi mayda suyaklar o'rab turadi. Bosh suyagini tashkil etuvchi suyaklar bir-biriga qoplashmaydi, balki har biri mustaqil harakatlana oladi, bu esa ovqatlanish jarayonida muhim ahamiyatga ega.

Ko'krak qafasi:

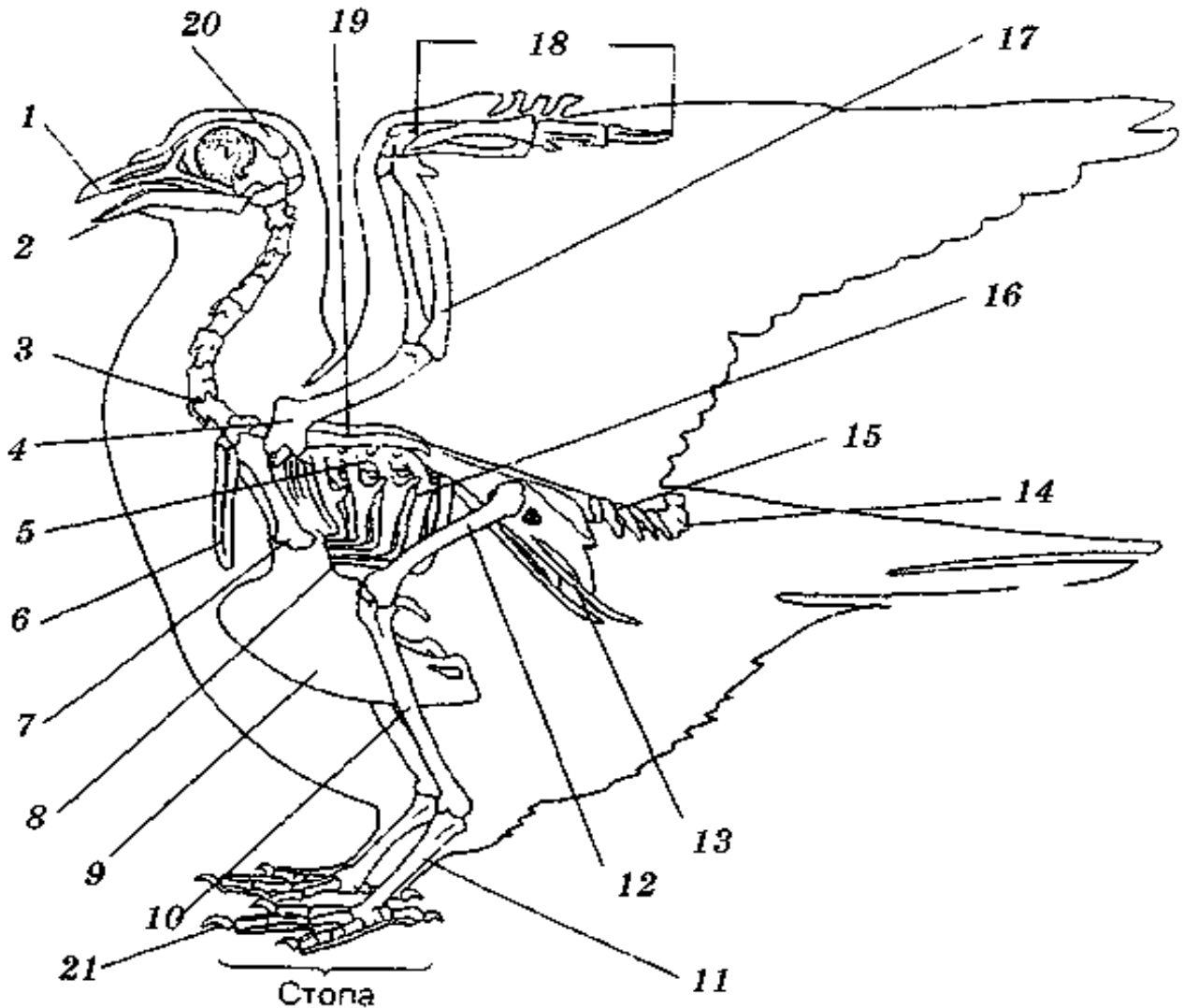
Qush qovurg'alari unkinat o'sintilar deb ataluvchi kichik suyaklar bilan o'zaro bog'langan. Bu tuzilma qovurg'a qafasini mustahkamlaydi va uchish vaqtida qo'llab-quvvatlovchi rol o'ynaydi.

Umurtqa pog'onasi

Qushlarda umurtqa suyaklari soni 39 dan 63 tagacha bo'ladi. Ularning bo'g'inlari heterokoel shaklida (old-orqa tomonida egilgan) bo'lib, harakatni osonlashtiradi.

1. Ko'krak suyagi (sternum) kiel (keel) shaklida bo'ladi. Bu shakl uchish mushaklari uchun keng birikish yuzasini yaratadi.
2. Bo'yin umurtqalari (cervical vertebrae) 8 dan 25 tagacha bo'lib, bo'yin egiluvchanligini ta'minlaydi.
3. Ko'krak (thoracic) umurtqalari 5 dan 10 tagacha. Birinchisi sternumga birikadi, boshqalari esa bo'sh qoladi. Oldingi torakal umurtqalar pektoral kamarning notarium qismi bilan qo'shib ketadi. Shuningdek, 6 bel, 5 dumg'aza, 2 sakral va 1 torakal umurtqa birlashib synsacrumni hosil qiladi — bu tuzilma qushga turgan holatda mustahkamlik beradi.

4. Dum umurtqalari (5–8 ta) synsacrumdan keyin joylashadi va dum tuzilmasini hosil qiladi. Pygostil 5–6 dum umurtqasidan iborat bo‘lib, u dum patlarini biriktiradi va uchishni boshqarishda yordam beradi.



Rasmdagi qush skeletining diagrammasi bo'lib, uning turli qismlari raqamlar bilan belgilangan. Qushlarning skeleti juda yengil, ammo mustahkamdir. Ularning ko'pchilik uzun suyaklari ichi bo'sh va ichki tuzilishi mustahkamlikni ta'minlash uchun q'ovaksimon shaklda bo'ladi.

Rasmda raqamlar bilan belgilangan qismlar quyidaqilardir:

- 1. Tumshuq**
- 2. Bosh suyagi**
- 3. Bo'yin umurtqalari**
- 4. O'mrov suyaklari (ayri suyak)**
- 5. Kurak suyagi**
- 6. Qovurg'alar**
- 7. To'sh suyagi**
- 8. Yelka suyagi**
- 9. Bilak suyaklari**
- 10. Barmoq suyaklari**
- 11. Son suyagi**
- 12. Boldir suyaklari**
- 13. Tarsometatarsus (tovon-kaft suyagi)**
- 14. Dum umurtqalari**
- 15. Chanoq suyagi**
- 16. Dumg'aza umurtqalari**
- 17. Bilak suyaklari (qanotda)**
- 18. Kaft suyaklari (qanotda)**
- 19. Ko'krak umurtqalari**
- 20. Barmoq suyaklari (oyoqda)**

Umurtqa pog'onasining bo'yin bo'limi uzun, egarga o'xshash umurtqalardan tashkil topgan. Shuning uchun qushlarning bo'yni harakatchan bo'ladi. Qush boshini orqaga 180° ga burushib, tanasini qimirlatmasdan va egmasdan atrofidagi ozuqani cho'qilashi mumkin.

Ko'krak umurtqalari deyarli harakatsiz birikkan. Harakatsiz birikkan bel va dumg'aza umurtqalari esa o'zaro qo'shilib, yaxlit dum suyagini hosil qiladi.

Dum suyagi qushlarning dumidagi burilish patlari uchun tayanch bo'ladi.

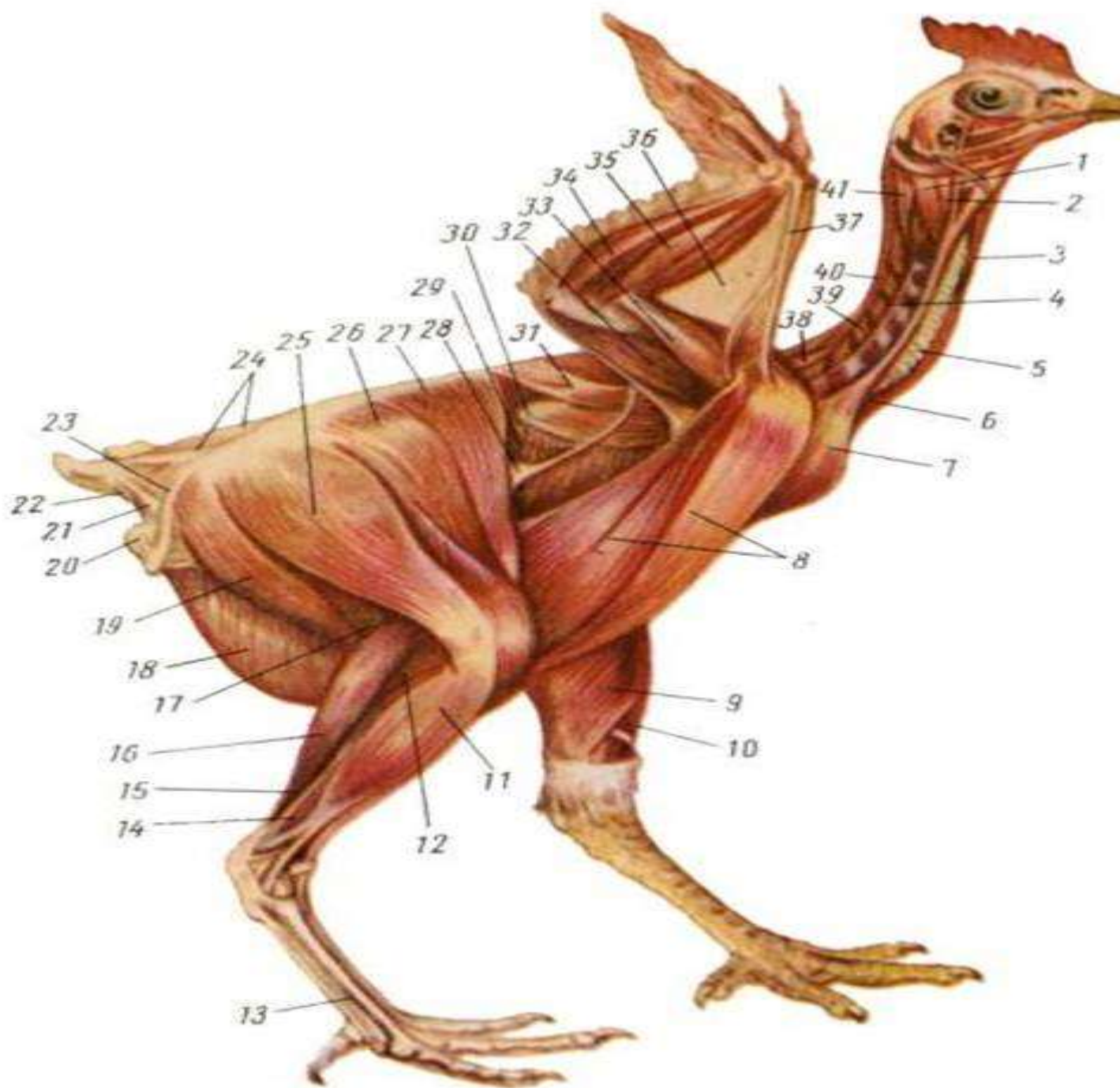
Umurtqa pogʻonasining koʻkrak boʻlimi qovurgʻalar va toʻsh suyagi bilan birga koʻkrak qafasini hosil qiladi. Toʻsh suyagining pastki tomoni kengayib, qayiqga oʻxshash toʻsh toji (choʻqmor) ni hosil qiladi. Bu suyakka qanotlarni harakatga keltiruvchi muskullar birikkan. Qovurgʻa suyaklarining bir uchi koʻkrak umurtqalari, ikkinchi uchi toʻsh suyagi bilan harakatchan qoʻshilgan. Qanotlar kamari uch juft: koʻkrak tirgak, kurak va oʻmrov suyaklaridan iborat. Oʻmrov suyaklarining pastki uchi tutashib, ayrini hosil qiladi. Qushlarning qanoti bitta yelka, ikkita bilak (tirsak va bilak) va bir necha panja suyaklaridan tashkil topgan. Qushlarning qanotida faqat uchta barmoq boʻladi, bu bilan ular suvda ham chuqurlikda yashovchilar va sudralib yuruvchilarning besh barmoqli oldingi oyoqlaridan farq qiladi. Qanotidagi bir necha mayda panja suyaklar qoʻshilib, yaxlit bitta suyakni hosil qiladi. Bannoklar sonining kamayishi va mayda suyaklarning qoʻshilishi tufayli panja suyagi mustahkam boʻladi. Qushlar uchganda eng koʻp ogʻirlik ana shu suyakka tushadi. Oyoq kamari skeleti uch juft chanoq suyagidan tashkil topgan. Bu suyaklar umurtqa pogʻonasining bel va dungʻaza boʻlimlari hamda oldingi dum umurtqalari bilan harakatsiz qoʻshilib ketgan. Chanoq suyagining yon tomonida joylashgan chuqurchaga son suyagining bir uchi kirib turadi. Qushlarning oyoq skeleti yoʻgʻon son, ingichkaroq va uzunroq ikkita boldir, hamda tovon (ilik) va barmoq suyaklaridan iborat. Ilik suyagi faqat qushlar uchun xos boʻlib, u bir necha mayda suyakning birikishidan hosil boʻladi. Ilik suyagining pastki uchiga barmoq suyaklari kelib tutashgan. Ilik suyagi qush tanasini yer yuzasidan dast koʻtarilib turishiga va qoʻnayotgan qushning tanasiga beriladigan zarbani kamaytirishga imkon beradi.

Muskullari

Bir juft katta koʻkrak muskuli uchayotgan qushlar tanasidagi eng yirik muskullar hisoblanadi. Bu muskullarning massasi boshqa hamma muskullar massasiga teng keladi. Koʻkrak muskullari yelka suyagiga kelib tutashadi. Tojining kengaygan

yuzasi ana shu eng kuchli muskullarning birikadigan joyi hisoblanadi. Katta ko'krak muskullari qisqarganida qanotlar tushiriladi. Bu muskullarning ostida joylashgan biroz kuchsiz o'mrov muskullarining qisqarishi tufayli qanotlar ko'tariladi. Oyoq muskullari ham yaxshi rivojlangan. Ular qushlarning yerda harakatlanishiga yordam beradi. Qushlarning oyoq bo'g'imlari orqali paylar o'tgan. Paylarning uchi barmoqlargacha yetib borgan. Qush shoxga qo'nganida bu paylar tortiladi va barmoqlar siqilib, shoxni mahkam ushlab turadi. Shuning uchun qushlar daraxt shoxida bimalol o'tirishi va yiqilib tushmasdan uxlayverishi mumkin. Qovurg'alarga va ularning o'simtalariga birikadigan qovurg'alararo muskullar qisqarganida ko'krak qafasining hajmi kengayib qushlar nafas oladi.

Qush tanasida 175 ga yaqin mushak mavjud bo'lib, ular parvozdan tortib beixtiyoriy harakatlargacha, juftlashish va himoyalaniş chaqiriqlarigacha bo'lgan barcha narsalar uchun javobgardir. Qushlarning mushak tizimi uning tortishish markazini o'rab turadi, shuning uchun parvoz yanada samarali bo'ladi. Qush mushak tizimining markaziy nuqtasini o'rab turgan mushaklardir:



1. Trapetsiyasimon mushak

2. Deltamsimon mushak

3. Ko'krak mushagi

4. Ikki boshli bilak mushagi

5. Uch boshli bilak mushagi

6. Tikuvchi mushak
7. Boldir mushaqi
8. Boldir oldi mushaqi
9. Barmoqlarni bukuvchi uzun mushak
10. Barmoqlarni yozuvchi uzun mushak
11. Boldir tashqi uzun mushaqi
12. Sonni yaqinlashtiruvchi mushak
13. O'rta dumba mushagi
14. Katta dumba mushaqi
15. Son tashqi fastsiyasini taranglovchi mushak
16. Sonning to'g'ri mushagi
17. Sonning tashqi keng mushaqi
18. Sonning ikki boshli mushaqi
19. Yarim payli mushak
20. Yarim parda mushak
21. Nozik mushak
22. Taroqsimon mushak
23. Chanoq mushaqi
24. Katta bel mushaqi
25. Tashqi qiyshiq qorin mushaqi
26. To'g'ri qorin mushagi
27. Ko'ndalang qorin mushagi
28. Orqaning keng mushaqi
29. Rombsimon mushak
30. Oldingi tishsimon mushak
31. Qovurg'alar orasi mushaklari
32. Orqa umurtqa mushaqi

33. Bosh orqa mushaqi

34. Uzun orqa mushak

35. Kurakni ko'taruvchi mushak

36. Bo'yin-bosh mushaqi

37. Ko'krak-bosh mushaqi

38. Bo'yin yon mushaklari

39. Pastki jag' osti mushagi

40. Iyakka birikkan mushak

41. Til suyaqiga birikan mushak

Supraomooideus: Qanotni ko'taruvchi mushak pektoral mushaklarga qarama-qarshi ishlaydi. Bu mushak protomi mushaklarining ostida, qorin tomonda (old tomonda) joylashgan. Birgalikda bu ikki mushak qush tana vaznining 25-35 foizini tashkil qiladi.

Supraomooideusdan tashqari, qushga parvozni nazorat qilish imkonini beruvchi qanotning boshqa ko'plab kichik mushaklari mavjud. Parvozda muhim rol o'ynaydigan boshqa mushaklar teri mushaklaridir. Masalan, deyarli har bir pat follikulasiga biriktirilgan beixtiyoriy teri mushaklari qushga parvoz harakatlarida yordam berish uchun patlarni ko'tarishi, tushirishi yoki yon tomonga harakatlantirishi mumkin. Magistral va dum mushaklari kam, ammo juda harakatchan va murakkabdir. Ushbu mushaklardan pygo uslubi dum patlarini qo'llab-quvvatlaydi va ularning butun harakat doirasini nazorat qiladi. Pektoral mushaklar: Qanotlarga harakatlantiruvchi kuch beradigan mushaklar ko'krak mushaklari, ya'ni pectoralis major va pectoralis minor mushaklaridir. Pectoralis major ko'krakning asosiy qismini tashkil etuvchi katta, uchburchaksimon mushakdir. U qovurg'alardan, sternumning ventral yuzasining tashqi qismidan, sternum kilining yon tomonidan, furkulumdan va furkulum bilan sternum va korakoidni bog'laydigan membrandan kelib chiqadi. Tolalar konvergensiya qiladi,

tashqi tomoni ichki tomonga o'girilib, humerusning katta tuberositiga pay bilan birikadi. Harakatda bu mushak qanotni pastga tushiradi va shu bilan parvoz uchun katta harakat kuchini ta'minlaydi.

Biceps: Biceps mushagining vazifasi tirsakni bukish yoki qo'lni harakatlantirishdir.

Triceps: Triceps qushning qo'lini to'g'rileydi, bu uning ostida yoki pastida bo'ladi.

Son: Qushlarda son suyagi va mushaklarining joylashishi ularning o'pka faoliyati uchun juda muhimdir, bu esa o'z navbatida ularga parvoz uchun yetarli o'pka sig'imini beradi.

Oyoq mushaklari: Oyoq mushaklari qushlarga yurish, yugurish, sakrash va ba'zan suzish orqali harakatlanish imkonini beradi. Oyoq mushaklarining funksional yetukligi ba'zi qushlarning sekinroq o'sish tezligiga yuqori chegara belgilaydi.

Qushlar hayvonot olamining eng faol harakatlanuvchi sinflaridan biri bo'lib, ularning mushak tizimi murakkab tuzilishga va yuqori darajadagi ixtisoslashuvga ega. Qushlarning uchish qobiliyati, yerda yurish, suvda suzish yoki daraxtda tirmashish kabi xilma-xil harakat turlarini bajarishi ularning mushak tizimining o'ziga xos tuzilishi va fiziologik moslashuvlari bilan bevosita bog'liqdir. Har bir mushak qush tanasining muayyan qismini harakatga keltiruvchi maxsus tuzilma bo'lib, u nerv, qon tomirlari va suyaklar bilan chambarchas aloqada ishlaydi. Qushlar tanasidagi mushaklarning umumiy soni o'rtacha 170–200 atrofida bo'lib, ular turli guruhlariga bo'linadi: skelet mushaklari, silliq mushaklar va yurak mushagi. Qushlarda mushak tizimi ularning skeleti bilan mustahkam bog'liq. Qanot, oyoq va bo'yin suyaklariga birikkan mushaklar qushning asosiy harakat organlarini tashkil etadi. Mushaklarning katta qismi tananing pastki qismida, ayniqsa ko'krak sohasida joylashgan. Chunki parvoz paytida asosiy ishni bajaradigan kuchli mushaklar shu joyda to'plangan. Ayniqsa, pectoralis major (katta ko'krak mushagi) va supracoracoideus (kichik ko'krak mushagi) qush mushak tizimining eng yirik va

muhim qismlaridan biridir. Pectoralis major qanotni pastga harakatlantirib, parvozning zarbali fazasini bajaradi, supracoracoideus esa maxsus tendon orqali qanotni yuqoriga ko'taradi. Bu ikki mushakning uyg'un ishlashi natijasida qushlar havoda baland ko'tarila oladi va qanot urish harakatlarini tez-tez takrorlay oladi. Ko'krak mushaklari qush tanasining umumiy massasining 20–25 foizini tashkil etadi, bu esa boshqa hayvon turlariga nisbatan nihoyatda katta ko'rsatkichdir. Masalan, tovuqlarda bu ko'rsatkich 18–22 %, kaptarlarda 25 %, kolibrilarda esa 30 foizgacha yetadi. Parvoz mushaklari mikroskopik tuzilishi jihatidan ham o'ziga xosdir: ularning tolalari asosan oksidativ, ya'ni kisloroddan faol foydalanadigan turdagi tolalardir. Shuning uchun bu mushaklar ko'plab mitoxondriyalar, qon kapillyarlari va mioglobin moddasiga boy. Shu sababli parvoz mushaklari odatda to'q rangda bo'ladi. Masalan, kaptar yoki o'rdak go'shti qoramtir bo'lishining sababi ham shunda. Aksincha, kam uchuvchi yoki yerda ko'proq yuruvchi qushlarda glikolitik tolalar ko'p bo'lib, ular och rangda ko'rinadi, masalan, tovuqning ko'krak go'shti oq bo'lishi shundan. Qushlarning bo'yin mushaklari ham juda rivojlangan. Bo'yin suyaklari soni odatda 13–15 ta bo'lib, ularning har biri mustaqil harakatlana oladi. Shu sababli qushlar boshini deyarli 180 daraja burib olishi, patlarini tozalashi yoki orqasidagi narsani osongina ko'rishi mumkin. Bo'yin mushaklari mayda, lekin ko'p sonli bo'lib, ular bir-biri bilan nozik bog'lanishlar orqali ishlaydi. Boshni yuqoriga, pastga yoki yon tomonga harakatlantirishda bu mushaklarning roli beqiyosdir. Oyoq mushaklari qushning yurish, sakrash, qo'nish yoki tirmashish qobiliyatini ta'minlaydi. Qushlarning oyoq mushaklari soni nisbatan kam bo'lsa-da, ularning tuzilishi va joylashuvi turiga qarab farqlanadi. Masalan, suvda suzuvchi o'rdaklar oyoq panjalarida keng teri pardasiga ega, bu esa harakatda qo'shimcha qarshilik kuchini kamaytiradi. Daraxtda yashovchi to'tiqushlar yoki tutqun qushlarda esa oyoq barmoqlari qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, mushaklar ularni tarmoqlarga mahkam ushlab turishga moslashgan. Qushlarning oyoq mushaklari,

xususan, tarsometatarsus sohasi, ko‘pincha kuchli pay va bog‘lovchi tolalar bilan o‘ralgan bo‘ladi. Bu esa qushlar uyqu paytida ham tarmoqqa mahkam osilib tura olishiga imkon beradi. Bu mexanizm “avtomatik qulflanish tizimi” deb ataladi. Qushlarda parvoz paytida mushaklar katta energiya sarf qiladi. Masalan, kaptar 1 soatlik parvoz davomida tana massasining 10 foiziga teng energiyani yo‘qotishi mumkin. Shu sababli ularning mushak to‘qimalarida mitoxondriya soni juda ko‘p, qon aylanish tizimi esa juda faol ishlaydi. Qon oqimi asosan ko‘krak mushaklariga yo‘naltirilgan bo‘lib, yurakning urish tezligi parvoz vaqtida bir daqiqada 400–600 martagacha yetadi. Kolibri kabi juda kichik qushlarda esa bu ko‘rsatkich 1000 martagacha chiqadi. Shu darajadagi faol mushak ishlashi natijasida qushlarning tana harorati ham yuqori bo‘ladi (odatda 41–42 °C). Mushaklarning ishlashi asab tizimi tomonidan boshqariladi. Har bir mushakning qisqarish jarayoni motor neyronlar orqali impulslar yuborilishi natijasida sodir bo‘ladi. Parvoz harakatida bir necha o‘nlab mushaklar bir paytda ishlaydi, ularning koordinatsiyasi esa miya markazlarida joylashgan harakat koordinatsiya markazlari tomonidan nazorat qilinadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, qushlarning miya yarim sharlarining ayrim qismlari aynan mushak harakatlarini nazorat qilish uchun ixtisoslashgan. Ayniqsa, serebellum (kichik miya) mushak harakatlarining aniq va muvofiqlashtirilgan bo‘lishini ta‘minlaydi. Qushlarning mushak tolalari morfologik jihatdan ikki asosiy turga bo‘linadi: tez qisqaruvchi (fast-twitch) va sekin qisqaruvchi (slow-twitch) tolalar. Tez qisqaruvchi tolalar kuchli, ammo qisqa muddatli harakatlar uchun javobgar bo‘lib, masalan, yirtqich qushlarning tirmashishida yoki tez uchishda faol bo‘ladi. Sekin qisqaruvchi tolalar esa uzoq muddatli parvozlar, migratsiyalar yoki uzoq yurishlar uchun mo‘ljallangan. Migratsion qushlarda, masalan, turna yoki laylaklarda, mushak tolalarining katta qismi sekin qisqaruvchi, oksidativ tipdagi tolalardan tashkil topgan. Mushaklar nafaqat harakat, balki issiqlik hosil qilishda ham muhim rol o‘ynaydi. Qushlar

endoterm organizmlar bo'lib, tanadagi doimiy haroratni mushaklarning ritmik qisqarishlari orqali saqlab turadi. Sovuq sharoitda qushlar tanasini qaltiratadi, bu esa mushaklarning tez-tez qisqarishiga olib keladi va natijada issiqlik ishlab chiqariladi. Ayniqsa, qish faslida bu jarayon hayotiy ahamiyatga ega. Qush mushak tizimining rivojlanishi ularning evolyutsion tarixida muhim bosqich hisoblanadi. Dastlabki parvozga qodir bo'lmagan dinozavr-avialar shakllarida mushaklar asosan oyoqlarda rivojlangan bo'lsa, haqiqiy qushlarda ko'krak mushaklari ustunlik qila boshlagan. Qushlarning mushak tizimi, xususan, sternum (ko'krak suyagi)dagi "qilichsimon o'simta" (carina)ning paydo bo'lishi bilan yangi bosqichga ko'tarilgan. Bu o'simta parvoz mushaklari birikadigan joy bo'lib, u parvoz kuchini sezilarli oshirgan. Karinasiz qushlar (masalan, pingvinlar yoki tuyaqushlar) parvoz qila olmasada, mushak tizimi boshqa funksiyalarga moslashgan – suzish yoki yugurish uchun maxsus tuzilgan. Mushak tizimining o'sishi va qayta tiklanishi ham fiziologik jihatdan juda murakkab jarayondir. Har bir mushak tolasi "satelit hujayralar" deb ataluvchi maxsus hujayralar orqali yangilanadi. Bu hujayralar mushak shikastlanganda faollashadi va yangi tolalarni hosil qiladi. Yosh qushlarda mushak o'sishi asosan hujayra bo'linishi hisobiga, kattalarda esa tolalar kattalashishi (hipertrofiya) orqali kechadi. Ovqatlanish, harakat faolligi va gormonal muhit bu jarayonlarga bevosita ta'sir qiladi. Ayniqsa, oqsilga boy oziqa mushak massasini saqlash uchun zarurdir. Qushlarning mushak tizimi ekologik sharoitlarga ham juda moslashuvchan. Ko'chib yuruvchi turlar migratsiya oldidan mushaklar massasini oshiradi, energiya zaxirasini to'playdi, migratsiya tugagach esa mushak massasi biroz kamayadi. Bu "mushak plastiklik" deb ataladi. Shuningdek, baland tog'larda yashovchi qushlar mushaklarida mitoxondriya soni va qon tomir zichligi yuqoriroq bo'ladi, bu ularning past kislorod muhitida ham faol parvoz qilishiga yordam beradi. Zamonaviy ornitologiyada mushak tizimini o'rganish nafaqat morfologik, balki biokimyoviy va molekulyar darajada ham olib borilmoqda. Tadqiqotlar shuni

ko'rsatadiki, ayrim genlar mushak tolalari turini belgilaydi va qushning uchish uslubiga bevosita ta'sir qiladi. Shuningdek, parvoz mushaklarida ATP hosil bo'lish tezligi juda yuqori bo'lib, bu jarayon asosan oksidativ fosforillanish mexanizmi orqali amalga oshadi. Shu sababli, mitoxondriyal fermentlar, masalan, sitoxrom-oksidaza yoki suksinat-dehidrogenaza faolligi juda yuqori bo'ladi. Qushlarning mushak tizimi ularning biologik muvaffaqiyatining eng muhim omillaridan biridir. Kuchli mushaklar ularni uzoq masofalarga uchish, o'lja tutish, dushmandan qochish yoki turli muhitlarda yashash imkonini beradi. Har bir tur o'z yashash joyi, oziqlanish turi va hayot tarziga moslashgan mushak tizimiga ega. Shu sababli ornitologiyada mushak tizimini o'rganish evolyutsion aloqalarni, ekologik moslashuvlarni va fiziologik imkoniyatlarni tushunishda asosiy o'rin tutadi. Xulosa qilib aytganda, qushlarning mushak tizimi — bu tabiatdagi eng mukammal harakat mexanizmlaridan biridir. U yuqori darajada ixtisoslashgan, energetik jihatdan samarali va ekologik sharoitlarga moslasha oladigan tizimdir. Qush mushaklari ularning uchish, yurish, suzish, tirmashish kabi harakatlarini ta'minlaydi, shu bilan birga tana haroratini saqlash, energiya muvozanatini boshqarish va evolyutsion moslashuvni amalga oshiradi. Bu tizimni o'rganish nafaqat zoologiya uchun, balki bioinjiniring, aerodinamika va fiziologiya fanlari uchun ham muhim ilmiy ahamiyatga ega.