Atti Accademia Nazionale dei Lincei

Classe Scienze Fisiche Matematiche Naturali

# Rendiconti

Ernesto Capanna, Elena Beccari

## Osservazioni preliminari sull'innervazione del patagio alare dei Microchirotteri

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8*, Vol. **39** (1965), n.5, p. 359–366.

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1965_8_39_5_359_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica) SIMAI & UMI*
http://www.bdim.eu/

Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti, Accademia Nazionale dei Lincei, 1965.

**Biologia.** — *Osservazioni preliminari sull'innervazione del patagio alare dei Microchirotteri.* Nota (*) di ERNESTO CAPANNA ed ELENA BECCARI, presentata (**) dal Corrisp. A. STEFANELLI.

I lavori di Sabussow (1) e di Augusto Stefanelli (2) ci hanno dato una chiara evidenza del dispositivo sensoriale che si osserva intorno ai peli tattili dei Chirotteri, considerando non solo le speciali fanere, quali vibrisse o simili, ma tutti i peli, in quanto tutti sono sensibili ai filetti d'aria ed ai vortici provocati dallo stesso spostamento dell'animale in volo.

I citati Autori (1-2) hanno dimostrato che ciascun pelo della pelliccia dei Chirotteri è innervato da un doppio sistema, costituito da una palizzata attorno al bulbo del pelo e da una rete nervosa, ritenuta continua, che forma anelli attorno al punto di fuoriuscita del pelo.

A noi è parso opportuno approfondire le osservazioni sul dispositivo sensoriale dei peli tattili dei Chirotteri, limitando il nostro interesse al patagio intendendo esaminare il dispositivo elementare della sensibilità tattile del pelo, ed approfondire come tali dispositivi si dispongano nelle differenti aree del patagio e con quale densità e modalità.

Il nostro confronto, inoltre, non è stato limitato semplicemente alle differenti aree dal patagio di una stessa specie, ma abbiamo operato il confronto anche tra specie differenti che possedessero diversa attitudine al volo. È infatti criterio assai valido, per mettere in evidenza il significato funzionale di differenti strutture, specialmente centri nervosi ed organi di senso, quello di una comparazione dello stesso centro o dello stesso organo di senso tra animali affini dal punto di vista sistematico, ma con differente adattamento ecologico (cfr. Stefanelli Alberto (3)).

Le specie tra le quali abbiamo effettuato il confronto differiscono profondamente per attitudine al volo; si tratta del Ferro di Cavallo Maggiore (*Rhinolophus ferrumequinum* (Schr.)), del Ferro di Cavallo Minore (*Rhino-*

(*) Lavoro eseguito nell'Istituto di Anatomia Comparata « G. B. Grassi » della Università di Roma e nel Centro per la Neuroembriologia del C.N.R. con i mezzi del Gruppo di Embriologia.

(**) Nella seduta del 13 novembre 1965.

(1) N. SABUSSOW, « Trudy Obshchestva Estestvoispytatelei, Univ. Kasan », *43*, 1–67 (1910).

(2) AUGUSTO STEFANELLI, « Monit. Zool. Ital. », *41*, 113–116 (1930).

(3) ALBERTO STEFANELLI, « Rend. Acc. d'Italia » (ser. VII), *2*, 1096–1102 (1941); ID., « Boll. Zool. », *16*, 139–144 (1949). In particolare per il problema morfo-ecologico del volo dei microchirotteri si veda: ALBERTO STEFANELLI, « Atti. R. Acc. d'Italia », Memorie (ser. VI), *14*, 805–816 (1944); ID., « Acta Pont. Ac. Scient. », *8*, 1–5 (1944); ID., « Biologica », *33*, 49–61 (1962).

*lophus hipposideros* (Bechstein)), e del Miniottero (*Miniopterus schreibersi* (Natt.)).

La differente attitudine al volo appare evidente già considerando che il Miniottero ed il Rinolofo minore occupano, rispettivamente, il primo e l'ultimo posto nella serie di adattamento al volo che Aellen [4] ha stabilito tra i Microchirotteri europei in base all'indice digitale [5]; inoltre, a prescindere dal dato morfologico dell'indice digitale, le modalità nelle tre specie sono profondamente diverse. Il volo dei due Rinolofidi è infatti un volitare incerto, lento, basso, poco duraturo e non accompagnato da emissioni di strida; quello del Miniottero, invece, è un volo veloce, anche a grande altezza, ad ali tese che somiglia a quello delle rondini, alle quali spesso si unisce nel volo.

Le tecniche da noi usate sono quella classica di Ruffini al cloruro d'oro e quella di Williams [6], che permette di colorare il sistema nervoso periferico dai tronchi principali fino alle più sottili terminazioni dell'intero patagio (Tav. II, fig. 4).

Quest'ultimo metodo ci è stato particolarmente utile per indagare la disposizione macroscopica dei nervi, osservazione che abbiamo dovuto necessariamente premettere al nostro lavoro poiché mancavano in bibliografia precise notizie al riguardo. Due soli sono infatti i lavori sull'argomento: il primo di Schobl [7], limitato a descrivere i tronchi nervosi di *Vesperugo serotinus*, senza tuttavia precisare l'origine dei rami e la loro terminazione, ed un secondo lavoro, assai più accurato, dovuto a Schumacher [8], condotto però su di un Macrochirottero (*Pteropus*).

Rimandiamo la precisa descrizione della disposizione dei nervi nel patagio al lavoro in esteso; ci limiteremo, nella presente Nota, ad una breve considerazione sullo stretto rispetto della regionalità della innervazione che si osserva in tutte le tre specie studiate.

Infatti (vedi fig. 1) i rami provenienti dal plesso brachiale innervano il dattilo ed il mesopatagio, oltre alla porzione brachiale dell'endopatagio. I rami intercostali innervano la parte endopatagiale laterale al corpo, mentre i rami provenienti dal plesso lombare innervano la zona endopatagiale antistante l'arto posteriore. Il propatagio è innervato da rami provenienti dal nervo radiale e l'uropatagio riceve la sua innervazione dal plesso coccigeo.

Nell'ambito poi dell'innervazione di origine dal plesso brachiale, ci è stato possibile mettere in evidenza una zona innervata dal ramo endopatagiale del nervo ulnare, assai ben distinta da quella servita dal ramo meso-

(4) V. AELLEN, « Bull. Soc. Neuchateloise Sc. Nat. », *52*, 23–90 (1949).

(5) Per indice digitale si intende il rapporto tra la lunghezza del 3° dito e la lunghezza del 5° dito; esso sarà tanto più alto tanto maggiore è il grado di adattamento al volo. L'indice digitale di *Miniopterus schreibersi* è i.d. = 1,65, quello di *Rhinolophus ferrumequinum* è i.d. = 1,24 e quello di *Rhinolophus hipposideros* è i.d. = 1,12.

(6) T. W. WILLIAMS, « Anat. Rec. », *86*, 189 (1943).

(7) J. SCHÖBL, « Arch. Mikrosk. Anat. », *7*, 1–31 (1871).

(8) S. SCHUMACHER, « Z. Anat. Entw. », *97* 610–621 (1932).

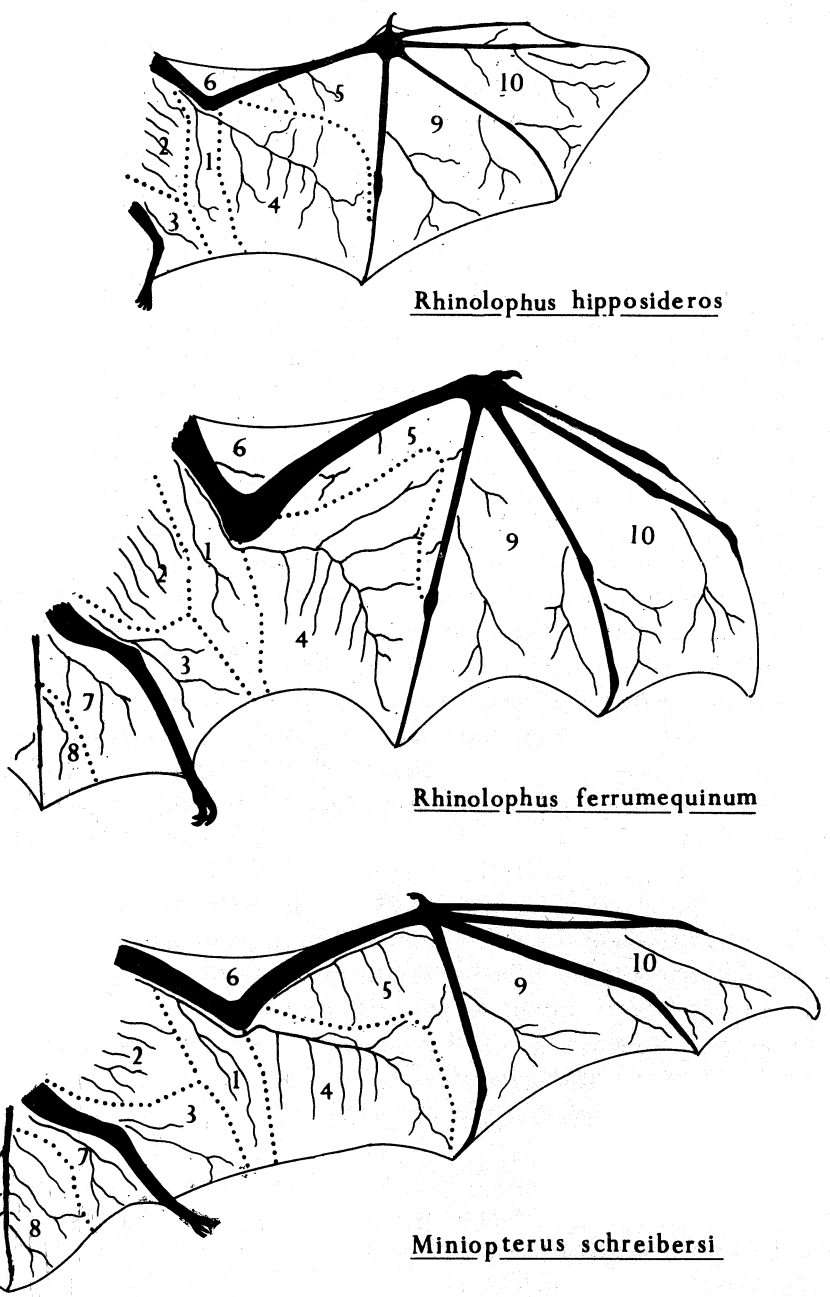



Fig. – Disegno del patagio alare delle tre specie di Microchirotteri studiati; il tratteggio indica la separazione delle zone innervate da differenti rami nervosi.

1 – zona dell'endopatagio innervata dal ramo endopatagiale del n. ulnare; 2 – zona dell'endopatagio innervata dai rami costali; 3 – zona dell'endopadagio innervata dai rami del n. tibio-cutaneo; 4 – zona del mesopatagio innervata dal ramo mesopatagiale del n. ulnare; 5 – zona del mesapotagio innervata da rami del n. mediale; 6 – propatagio; 7 – zona dell'uropatagio innervata dal n. uropatagiale laterale; 8 – zona dell'uropatagio innervata dal n. uropatagiale mediale; 9 – dattilopatagio V–IV dito; 10 – dattilopatagio IV–III dito.

patagiale dello stesso nervo; così pure è facile distinguere nel mesopatagio due regioni, una innervata dal ramo mesopatagiale dell'ulnare ed una da rami provenienti dal nervo mediale.

Questa regionalità di innervazione appare essere una chiara conseguenza della netta distinzione degli abbozzi embrionali del patagio (vedi Schumacher [9]).

Tanto dai nostri preparati al cloruro d'oro, quanto dalle colorazioni col metodo di Williams [6], nel patagio delle tre specie di Chirotteri da noi studiate, è risultato confermato solo il sistema a palizzata attorno al bulbo del pelo. I nostri preparati hanno in oltre messo in evidenza che alla base di ciascun pelo si trovano due corpi ghiandolari che spesso la fibra nervosa, prima di esaurirsi nella palizzata attorno al bulbo del pelo, avvolge con un giro spirale. Nei preparati al cloruro d'oro questi corpi non prendono il metallo, né si vede penetrare in essi alcuna fibra nervosa (Tav. II, fig. 8).

La presenza di fascetti muscolari striati nel plagiopatagio, soprattutto nell'endopatagio, ci ha posto il quesito se tali fasci abbiano un sistema intrinseco di propriocettori (come fusi neuromuscolari, organi muscolo–tendinei, ecc.) o meno. Le nostre osservazioni hanno messo in evidenza che nei preparati al cloruro d'oro, mentre si osservano con estrema chiarezza piastre motrici, non si sono mai notati fusi neuromuscolari (Tav. II, fig. 7).

Si osserva però nella zona endopatagiale del Rinolofo, lá ove abbondano i fasci muscolari, come pure lungo il decorso del muscolo coraco–plagiopatagiale (coraco–cutaneo sec. Morra [10]) del Miniottero, che lungo il decorso dei muscoli ed all'incrocio dei muscoli tra loro o con le nervature elastiche del patagio sono presenti gruppi di 10–12 espansioni a palizzata assai ravvicinate tra di loro (Tav. II, figg. 4, 5, 6).

Tutta la zona endopatagiale dei Rinolofidi, dove sono presenti fasci muscolari, è caratterizzata da un riunirsi in gruppi di numerose espansioni che formano palizzate attorno al bulbo di ciascun pelo, così da formare un preciso disegno a gruppi di espansioni, disposti regolarmente, quasi equidistanziati fra di loro, lungo il decorso dei fascetti muscolari. Assai spesso, sì che si potrebbe dire con costanza, tra gruppetto e gruppetto di maggiori dimensioni si osserva, nella zona muscolare quivi compresa, un più piccolo aggregato di 3–5 espansioni nervose.

Dove poi i fascetti paralleli al corpo si incrociano con quelli perpendicolari si osserva, come già accennato, che un gruppo di espansioni ha sempre sede nel punto ove i due fascetti ortogonali si incrociano (Tav. III, fig. 11).

Differente è l'aspetto della corrispondente zona in *Miniopterus*: già ad un esame superficiale appare la differenza nel disegno dell'innervazione; a ciò si aggiunga che i fasci muscolari nell'endopatagio di questa specie sono assai poco numerosi, rappresentati in modo evidente solo dal coraco–pla-

(9) S. SCHUMACHER, « Z. Anat. Entw. », *98*, 703–721 (1932).
(10) T. MORRA, « Boll. Musei Zool. e Anat. Univ. Torino », *14*, 1–8 (1899)

giopatagiale. Lungo questo fascio muscolare si osservano gruppi di espansioni composte da un numero assai variabile di elementi da 10 a 20 fino a 25, senza però una precisa regolarità.

Il folto tappeto di espansioni sensitive presente nella pelliccia del Miniottero, si risolve, mano a mano che si sconfina nell'endopatagio, in una serie di raggruppamenti di espansioni che hanno una forma ellittica molto allungata; le espansioni presenti in questi raggruppamenti sono numerose, attorno alle venti unità.

Sempre più allontanandosi dal corpo, i gruppi di espansioni si orientano e si dispongono in file, seguendo le nervature elastiche del patagio, così da formare, anche nel Miniottero, un disegno a quadrati ottenuto da file di raggruppamenti di espansioni che seguono le nervature perpendicolari e parallele al corpo ed il cui centro è occupato da un altro raggruppamento di espansioni (Tav. III, fig. 12).

Se la zona endopatagiale più prossima al corpo è caratterizzata, tanto in *Miniopterus*, quanto in *Rhinolophus*, da un addensarsi di gruppi di numerose espansioni, differente è il disegno che si osserva nelle altre zone del patagio, compresa la zona più distale dell'endopatagio stesso.

In *Rhinolophus* la porzione caudale dell'endopatagio, il mesopatagio ed il dattilopatagio presentano un comune disegno di innervazione; i gruppi di espansioni sono costituiti da un numero minore di elementi (2–3 o 4) e si dispongono ordinatamente seguendo le nervature elastiche. Nella zona mesopatagiale ove si trovano muscoli plagiopatagiali propri i gruppi di espansioni si osservano là ove i muscoli incrociano le nervature elastiche (Tav. III, fig. 13). Se consideriamo poi quella fascia, di circa 3 mm di spessore che borda il margine libero dell'intero plagiopatagio osserviamo una peculiare disposizione delle terminazioni nervose; infatti mano a mano che si va verso il margine libero, i gruppetti si risolvono in singoli elementi, sì che il bordo viene ad essere costellato in modo fitto e regolare da singole espansioni. Infine, il margine libero del patagio è orlato da una fila continua di espansioni, distanti tra loro circa 100 μ; questa fila tuttavia diviene più rada nella porzione del bordo mesopatagiale in prossimità del V dito, per scomparire nel dattilopatagio (Tav. III, fig. 15 e 17).

Anche in *Miniopterus*, nelle zone distali dell'endopatagio, nel mesopatagio e nel dattilopatagio, i gruppi di espansioni si fanno più radi e costituiti da un numero minore di elementi. Non si osservano nel Miniottero particolari modificazioni del disegno dell'innervazione in rapporto al bordo patagiale. (Tav. III, fig. 16).

La valutazione quantitativa della densità delle espansioni nervose sensitive ed il confronto tra le due specie (*Rhinolophus hipposideros* e *Miniopterus schreibersi*) hanno posto in evidenza alcune interessanti circostanze.

a) una più ricca innervazione, in tutte le zone del plagiopatagio di *Rhinolophus*, rispetto a quanto si osservi in *Miniopterus*.

b) nel Miniottero, ma anche se meno evidentemente nel Rinolofo, una più ricca innervazione del bordo anteriore del plagiopatagio rispetto a

quanto si osserva nella porzione mediana di questo. Nel *Miniopterus* infatti è interessante notare una distinzione tra la parte rostrale del mesopatagio e quella caudale: nella porzione rostrale si osserva una densità di espansioni sensitive almeno 4 volte maggiore di quella che si osserva nella porzione antistante il margine libero. Inoltre, dal confronto parallelo, nelle due specie, della densità che si osserva nelle varie zone del dattilopatagio emerge che questa densità è elevata in entrambe le specie nel dattilopatagio 2°–3° dito e va progressivamente diminuendo mano a mano che ci si allontana dal bordo anteriore del patagio. È infatti assai modesta nel dattilopatagio 4°–5° dito.

Queste evidenze, unite in *Miniopterus* all'addensarsi delle espansioni nervose ai vertici degli angoli tra i metacarpi e tra metacarpo e avambraccio (Tav. III, fig. 20 e 19), tenderebbe a dimostrare come i peli tattili situati in questa zona, e quivi addensati, siano deputati alla percezione, in qualche modo, della velocità del volo del Chirottero.

c) in *Rhinolophus* l'orlo patagiale ha un disegno suo particolare ed una ricca innervazione, mentre nel *Miniopterus* è sempre meno innervato delle restanti zone plagiopatagiali. Questa scarsità di innervazione del bordo patagiale nel miniottero potrebbe essere messa in relazione con la modalità stessa del volo in questa specie; il volo di questo Chirottero, infatti, è un volo ad ali tese, che genera pertanto scarsi vortici sul margine libero posteriore del patagio. Al contrario il volo sfarfalleggiante del *Rhinolophus* è tale da provocare vortici in questa regione, continui e in continuo spostamento. Ciò rende ragione del fatto che si osserva in questa specie un bordo patagiale riccamente innervato. Non solo, ma se consideriamo, nell'ambito dello stesso *Rhinolophus*, il bordo dell'endopatagio, meso e dattilopatagio, ci accorgiamo come, nella zona che nel volo rimane generalmente più tesa, vale a dire quella del dattilopatagio, è in confronto alla porzione meso ed endopatagiale, meno innervato.

L'apparente paradosso che emerge dal confronto fra l'innervazione del patagio del *Rhinolophus hipposideros* e del *Miniopterus schreibersi*, cioè che tanto più una specie è buona volatrice, tanto meno ricca sarà nel patagio l'innervazione sensitiva, è facilmente interpretabile se si considera che un « buon volo » è nei Chirotteri un volo a battuta poco frequente, con lunghi tratti a volo planato, un volo pertanto rapido e duraturo. Questo « buon volo », avrà una minore necessità di controllo che non un volo indeciso, quale quello dei Rinolofidi, sfarfalleggiante, a battuta frequente, lento e poco duraturo ed a bassa quota, ove la presenza di ostacoli tende continuamente a comprometterlo.

Le nostre osservazioni hanno inoltre messo in evidenza una ricchissima innervazione nell'uropatagio (Tav. III, fig. 8), tanto nel miniottero che nel rinolofo, fatto che tende a sottolineare l'importanza che questa zona riveste per il volo. Infatti è noto che l'uropatagio rappresenta il sistema frenante nel volo dei Chirotteri e dovrà essere quindi una zona di rapida e precisa percezione per un veloce riflesso.

Abbiamo discusso sin qui l'importanza della innervazione del patagio alare dei Chirotteri in rapporto al volo, ma questo peculiare adattamento non deve far dimenticare che il patagio, durante il riposo diurno ed il lungo letargo invernale, ammantella completamente il corpo del pipistrello e che la ricca innervazione da noi osservata in esso, rappresenta pertanto anche un importantissimo sistema di esterocettori per la sensibilità tattile durante il riposo.

## CONCLUSIONI.

Le presenti osservazioni preliminari sulla innervazione del patagio alare dei Microchirotteri, hanno messo in evidenza che, almeno nelle tre specie studiate, esiste uno stretto rispetto, nei territori di innervazione, di una regionalità propria ad ogni ramo nervoso. È stato anche messo in evidenza che in tutte le specie studiate il bordo anteriore del plagiopatagio presenta una innervazione più ricca di espansioni che non le zone mediane del plagiopatagio. Ciò in rapporto alla percezione dei filetti d'aria e dell'azione portante sul bordo anteriore dell'ala, non esclusa una certa percezione della velocitá del volo.

L'innervazione del bordo posteriore del plagiopatagio, ricca nei Rinolofidi e scarsa nel Miniottero, ci ha indotto a ritenere che essa sia in rapporto alla percezione dei vortici che si formano sul bordo posteriore del patagio in particolare nelle forme a volo farfalleggiante. È stato anche messo in evidenza l'apparente paradosso di una innervazione sensitiva modesta nella specie veloce volatrice e di una ricca innervazione nelle due specie a volo lento. Si interpreta ciò considerando che un volo efficace ad ali tese, come quello del Miniottero, ha bisogno di un controllo meno stretto di quanto non necessiti ad un volo basso, ed a frequente battuta. L'assenza di propriocettori nei fasci muscolari patagiali proprii ci ha indotto a ritenere che i gruppi di espansioni presenti lungo i fasci muscolari stessi ed agli incroci dei fasci tra di loro, come pure sulle maglie del reticolo di nervature elastiche, si debbano ritenere vicarianti dei propriocettori muscolari.

SUMMARY. — The innervation of the wing membrane of Microchiroptera has been studied in three Bats (*Rhinolophus hipposideros, Rhinolophus ferrumequinum* and *Miniopterus schreibersi*); these species of Bats show a different kind of flight and a different morphological adaptation to flying. We have investigated the pattern of nerve supply in the wing membrane, the way the sensitive basketlike endings of nerve fibers associate together and the way they thicken in different areas of the wing membrane.

## SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE I–III

### TAVOLA I.

Fig. 1. – Plagiopatagio e propatagio di *Rhinolophus hipposideros* – Metodo di Williams.
Fig. 2. – Intero emipatagio di *Rhinolophus ferrumequinum* – Metodo di Williams.
Fig. 3. – Intero emipatagio di *Miniopterus schreibersi* – Metodo di Williams.

Le tre fotografie sono alla stesso ingrandimento: la scala a lato della fig. 1 è uguale a 4 cm.

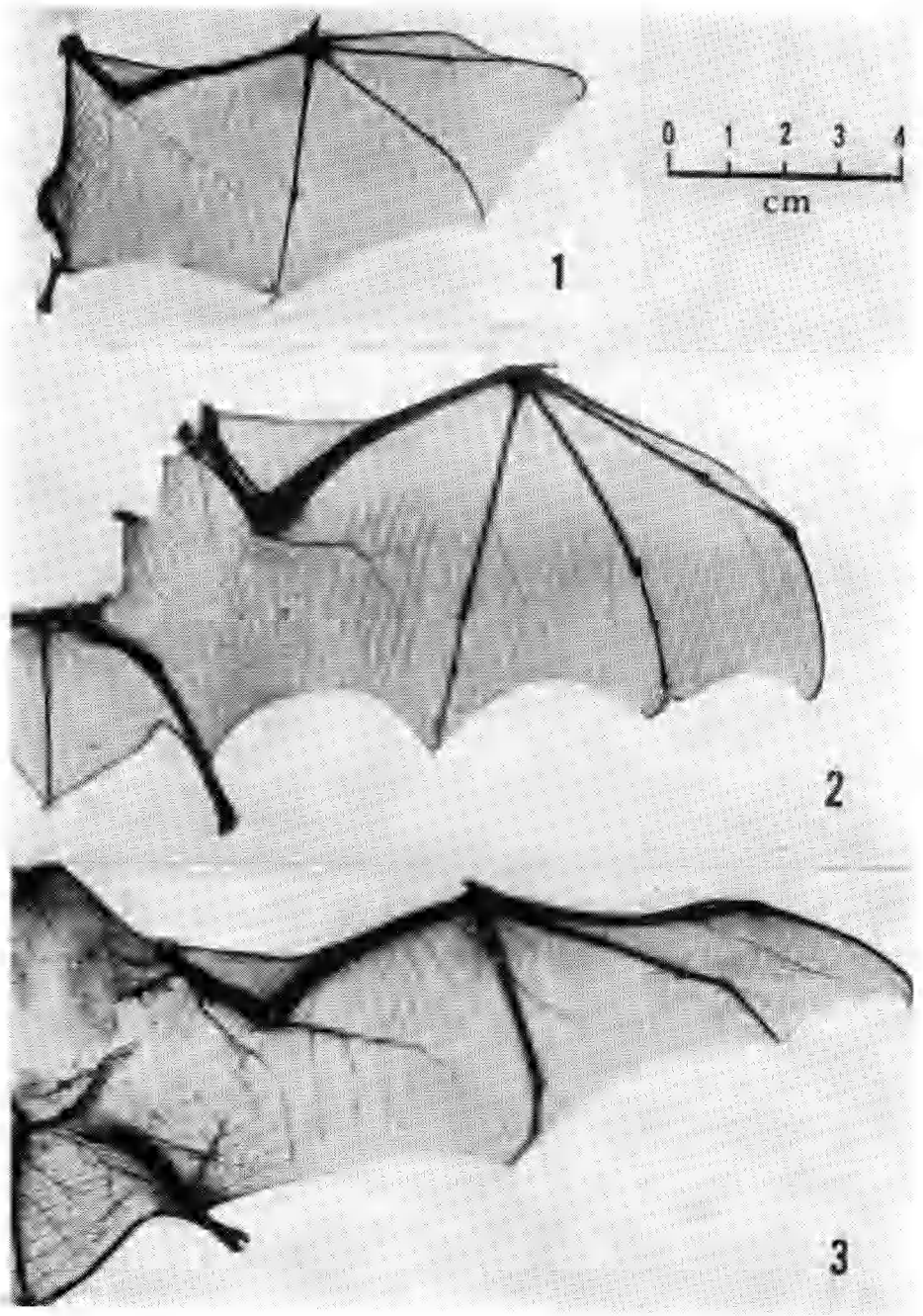
### TAVOLA II.

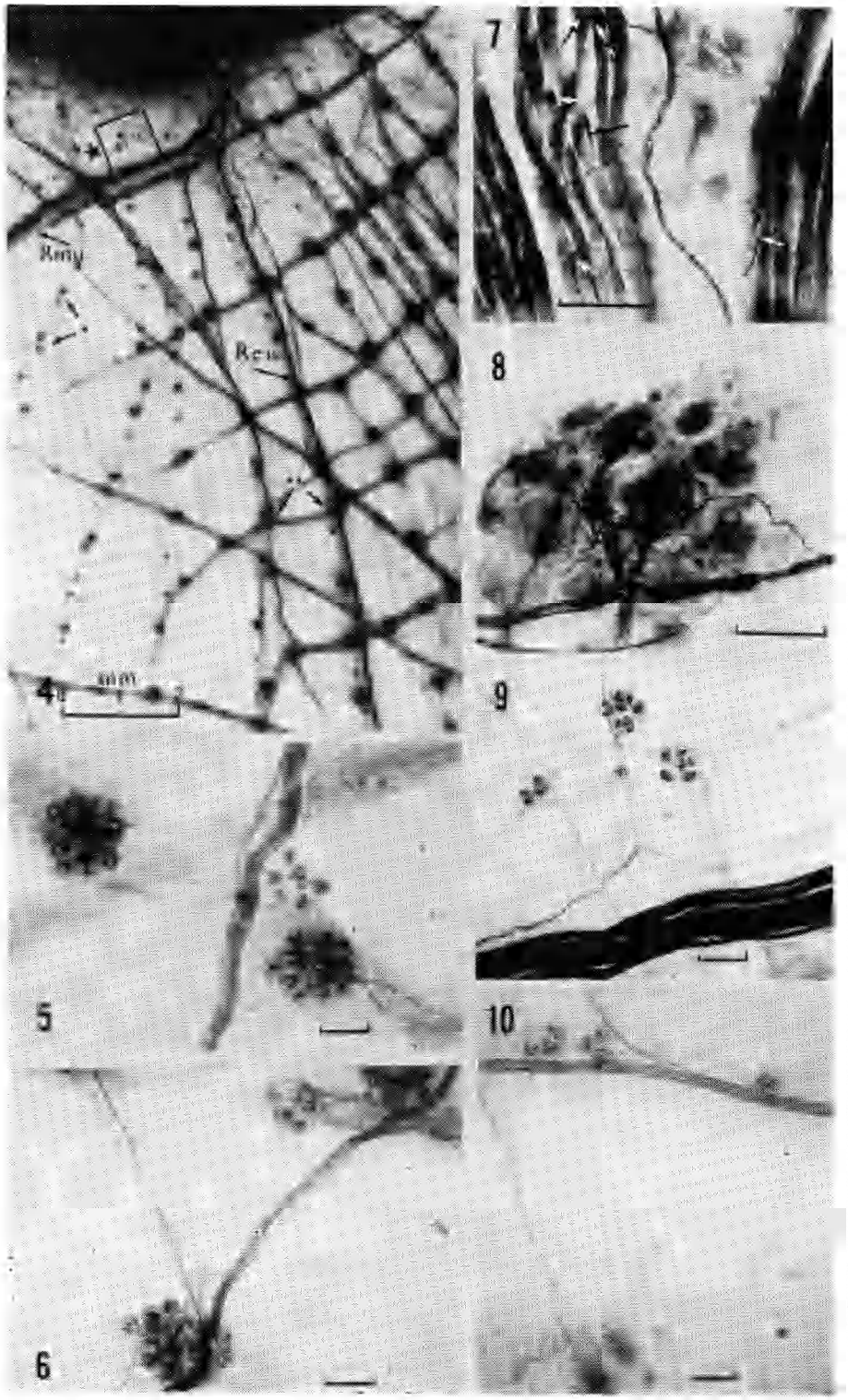
Fig. 4. – *Rhinolophus hipposideros*, zona di transizione tra endo e mesopatagio; si notino il ramo endopatagiale (Reu.) e quello mesopatagiale (Rmu.) del nervo ulnare. Le freccie con un asterisco indicano i piccoli gruppi di poche espansioni caratteristici del mesopatagio, mentre le freccie con due asterischi indicano i grossi gruppi di espansioni al punto di incrocio di fascetti muscolari endopatagiali. L'area racchiusa nel quadrato in alto, contrassegnata con una stella, è ingrandita nella fig. 9. Metodo di Williams.
Figg. 5 e 6. – Grossi e piccoli gruppi di espansioni nell'endopatagio di *Rhinolophus hipposideros* – Metodo di Williams – Il tratto in calce alle figure = 10 μ.
Fig. 7. – Muscolo coraco–plagiopatagiale di *Miniopterus schreibersi*: si notano numerose piastre motrici (frecce), ma nessun fuso neuromuscolare. Metodo di Ruffini – Il tratto in calce alla figura = 10 μ.
Fig. 8. – Un gruppo di espansioni nell'endopatagio di *Miniopterus* come si osserva nei preparati al cloruro d'oro. Il tratto in calce alla figura = 10 μ.
Fig. 9. – Gruppi di 4 e 2 espansioni nel mesopatagio di R. hipposideros – Metodo di Williams – Il tratto in calce alla figura = 10 μ.
Fig. 10. – Gruppi di 3, 2 ed espansioni isolate nel dattilopatagio di *R. hipposideros*. Metodo di Williams – Il tratto in calce alla figura = 10 μ.

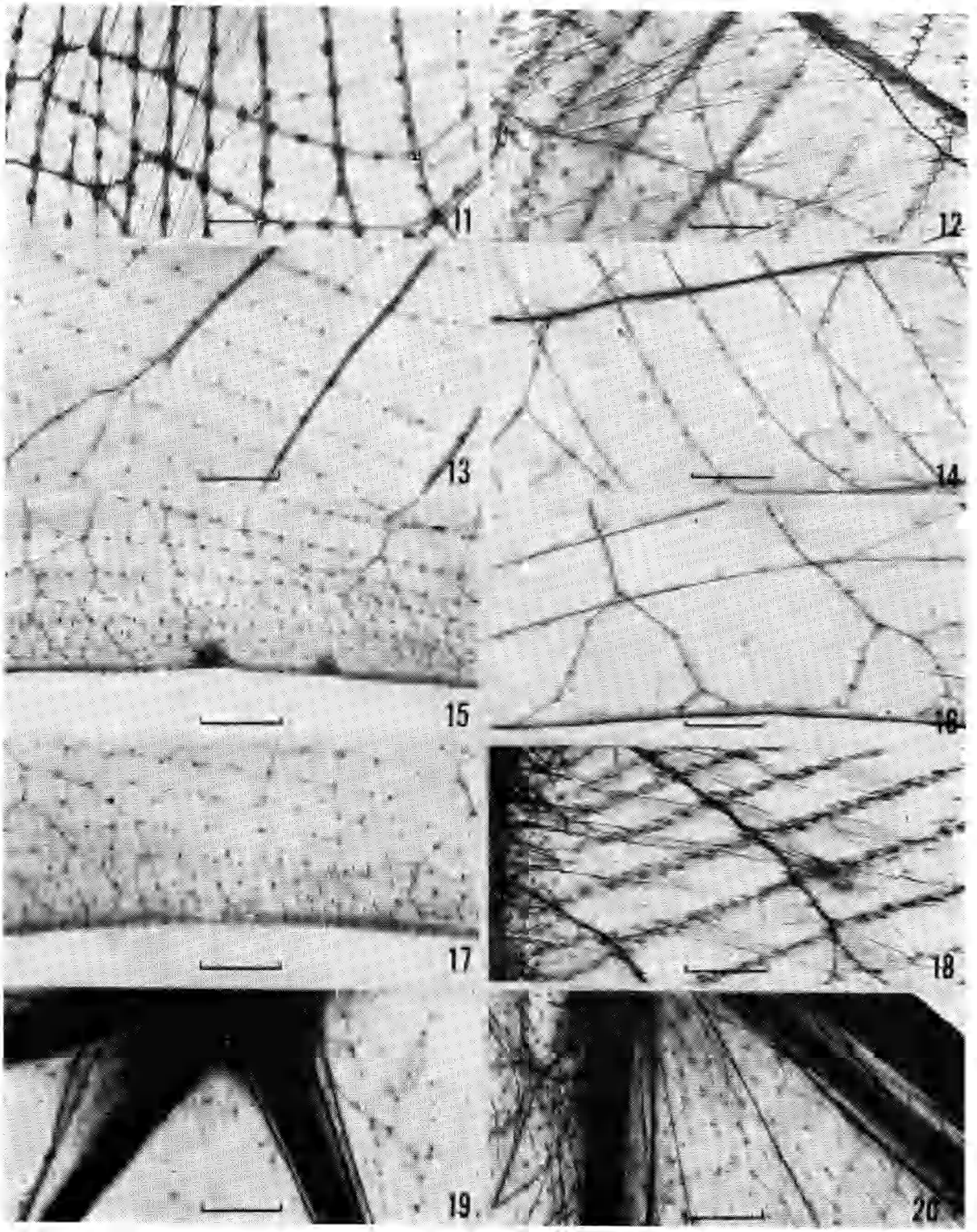
### TAVOLA III.

Confronto tra zone corrispondenti del patagio nelle due specie: *Rhinolophus hipposideros* a sinistra) figg. 11–13–15–17–19) e *Miniopterus schreibersi* a destra (figg. 12–14–16–18–20). Tutte le fotografie, tratte da preparati col metodo di Williams, sono allo stesso ingrandimento: il tratto in calce a ciascuna fotografia è uguale a 2 mm.

Fig. 11. – Endopatagio di *R. hipposideros*.
Fig. 12. – Endopatagio di *M. schreibersi*.
Fig. 13. – Mesopatagio di *R. hipposideros*.
Fig. 14. – Mesopatagio di *M. schreibersi*.
Fig. 15. – Bordo posteriore dell'endopatagio di *Rhinolophus hipposideros*.
Fig. 16. – Bordo posteriore dell'endopatagio di *Miniopterus schreibersi*.
Fig. 17. – Bordo posteriore del dattilopatagio di *Rhinolophus hipposideros*.
Fig. 18. – Uropatagio di *Miniopterus schreibersi*.
Fig. 19. – Zona tra metacarpali IV e V e, a destra, tra V metacarpale ed avambraccio di *R. hipposideros*.
Fig. 20. – Zona tra metacarpali V e IV e, a sinistra, tra V metacarpale ed avambraccio di *Miniopterus schreibersi*.


0 1 2 3 4
cm
1
2
3


Rmy
4
5
6
7
8
9
10


11
12
13
14
15
16
17
18
19
20