

# O Aparelho Saltatório do Halticíneo *Homophoeta sexnotata* Har. (Coleoptera)

por

RUDOLF BARTH

(Com 6 figuras)

O PROF. DR. A. DA COSTA LIMA chamou a nossa atenção para a formação especializada existente no fêmur dos Halticíneos sugerindo fosse feito um estudo para esclarecer a estrutura e função da mesma. Tendo à disposição bastante material fixado foi escolhida a espécie *Homophoeta sexnotata* para o estudo pois, esta oferece a grande vantagem de não ter a cutícula do fêmur pigmentada mas sim, bem transparente de modo que se pode notar o aparelho mencionado, a olho nú. O material foi capturado no Parque Nacional do Itatiaia e aproveitei a oportunidade para agradecer ao seu administrador, o DR. WANDERBILT DUARTE DE BARROS, a gentileza de permitir a feitura de observações e coleta do material.

Os métodos usados foram os usuais da microanatomia e da histologia: colorações por hematoxilinas e vermelho congo, preparações totais das pernas com coloração por vermelho congo e clarificação por terpinol ou pelo método de Spalteholz. Algumas pernas foram tratadas por hidróxido de potássio, para a destruição da musculatura e, para o isolamento dos tendões (sobre as técnicas, veja BARTH, 1953).

Na literatura encontra-se um trabalho de MAULIK (1929) sobre o aparelho saltatório do Halticíneos. O autor constatou a presença da referida formação em algumas espécies. Examinando um número muito grande de espécies brasileiras, COSTA LIMA e o autor encontraram esta formação em todas elas. MAULIK descreve o aparelho como sendo uma formação do endoesqueleto do fêmur considerando-a como uma dilatação de um tendão quitinizado. Quanto à sua função ele supõe se trate de um órgão saltatório ou, pelo menos, de um aparelho auxiliar para esta forma de locomoção. Ele não entra em detalhes sobre o mecanismo e, também, não dá maior atenção à distribuição da musculatura no fêmur. Os músculos indicados nos desenhos de MAULIK, sem dúvida, representam apenas os tendões pois, pelo tratamento pelo KOH, usado por ele e, mencionado no começo de seu trabalho, devem ter sido destruídos todos os tecidos, inclusive os músculos.

A comunicação de LEVER (1930), que localizou uma outra formação endoesquelética com aspecto de um tendão alargado, situado no ângulo interno da articulação femur-tibial, é uma continuação do trabalho de MAULIK.

LEVER também não explicou a função desta formação tendo apenas feito a suposição de que ela fazia parte do aparelho saltatório.

A perna posterior apresenta, segunda este autor, "saltatorial modifications", entretanto, não se trata de uma perna saltatória típica como a dos gafanhotos. A perna, esticada para trás, passa para além do fim do corpo apenas com a metade da tibia e todo o tarso. Este fato leva à presunção de que a formação especializada do fêmur serve para substituir, funcionalmente, a perna comprida e saltatória do tipo ortopteróide. Na espécie tratada, o fêmur tem um comprimento de 2,7 mm e excede a tibia de apenas 0,3 mm mas, em comparação com a tibia, é muito aumentado e possui, no meio um diâmetro de 1,245 mm.

Abrindo-se o fêmur distendido, por meio de um corte ao longo das arestas interna e externa e, levantando-se a parede posterior do mesmo, encontra-se o aspecto representado na fig. 2. Em virtude da orientação dada ao corte não aparecem os côndilos anterior e posterior na extremidade apical que, com as duas cavidades da tibia, constituem a articulação fêmur-tibial. Na fig. 2 a posição do ponto em torno do qual gira a articulação está indicada pela seta. Na extremidade da tibia insere-se um forte tendão ( $SH_1$ ), em forma de ligadura larga, correspondendo, numa perna típica de insetos, ao tendão do *musculus abductor tibiae*. Articula-se com a sua extremidade basal no órgão descrito por MAULIK. A forma deste órgão tanto está representada na fig. 3a e b como também no corte transversal da fig. 4a. O órgão forma, quando em repouso, uma placa arqueada, com um comprimento de 1.050  $\mu$  e uma largura de 540  $\mu$ . Vista transversalmente, a placa tem um aspecto assimétrico, em forma de S. O lado convexo da parte maior da mesma, doravante sempre denominada *placa S*, está dirigido para trás. Do seu bordo externo (fig. 4, ex) uma parte estreita se curva para trás, do bordo interno (fig. 4, en), uma grande parte, para a frente. Esta última parte arqueada (fig. 5) diminui a sua largura em direção à extremidade distal formando, assim, o seu bordo, uma aresta oblíqua. Neste lugar insere-se um tendão comprido e largo ( $SH_2$ ), considerado por MAULIK como sendo uma musculatura. Um estudo histológico da inserção de  $SH_2$ , tendo em vista a orientação das exo e endocutículas, leva, sem dúvida, à conclusão de que este corpo cuticular representa apenas uma modificação do tendão do *musculus abductor tibiae*, formando uma expansão arqueada em forma de S. Pode-se notar, na fig. 4b, que a endocutícula (em preto) formando a maior parte do tendão, torna-se muito fina na *placa S*, incluindo uma espessa dupla camada de exocutícula. Esta última é fortemente esclerosada e colada por uma massa colagínica (MC). Nas arestas, dos lados externo e interno, nascem músculos denominados dilatadores ( $DI_{1-2}$ ) que tem a contra-inserção nas arestas anterior e posterior do fêmur. No ângulo posterior, da parte distal da *placa S*, insere-se o terceiro dilatador ( $DI_3$ ) por meio de um tendão ( $SH_4$ ). Do grande tendão ( $SH_2$ ) partem numerosos fascículos musculares, divergindo em forma de raios, para todos os lados (na fig. 2 parcialmente cortados). Todos os músculos, inserindo-se na *placa S* e nos seus tendões, representam ramos do músculo abdutor da tibia. Pela contração destes músculos, a *placa S*, é deslocada para dentro do fêmur e, ao mesmo tempo, estica a tibia. O movimento em sentido contrário é efetuado pelo *musculus flexor tibiae* (*adductor tibiae*), composto por um grupo de fascículos musculares situados ao lado da *placa S* e do músculo abdutor. O tendão ( $SH_2$ ) se insere, um

pouco em sentido distal, do ponto giratório da tíbia, indicado na fig. 2 pela seta, estando incluído na membrana posterior da articulação. Ele é muito curto e longo se dilata formando uma parte de cutícula reforçada que, com a tíbia estirada e vista de trás, aparece sob forma de uma pequena peça triangular e de cor marron, sobre a membrana articular clara. Esta placa, denominada doravante, *placa T*, corresponde ao órgão descrito por LEVER (1930). Do ponto de vista histológico esta parte representa, como foi mencionado para a *placa S*, um aumento e um reforçamento de um tendão, neste caso do tendão do *musculus flexor tibiae*. No fim desta placa, com um comprimento de quase 300  $\mu$ , o tendão se continua, com o diâmetro primitivo e entra logo em contato com os fascículos musculares. Encontra-se, na parte anterior, do lado interno do fêmur, mais um pequeno grupo de músculos cujo tendão, atravessando a tíbia e o tarso, entra no pretarso, inserindo-se no unguitractor. A contração desta musculatura abaixa as garras.

A forma da *placa T* está representada nas figs. 6a-c. A saliência encontrada na aresta posterior e distal é de grande importância para que se possa compreender o mecanismo do movimento saltatório. Todas as partes, *placas S e T*, cooperam, funcionando como um órgão complexo, semelhante ao que ocorre com o mecanismo saltatório dos Elaterídeos que, também apresentam um órgão do mesmo tipo. Como singela homenagem ao meu bom amigo, PROF. DR. ANGELO DA COSTA LIMA, agradecido pelas suas constantes gentilezas e auxílio na classificação de muito material entomológico, dou a esta forma de órgão complexo, até agora desconhecido, o nome de *Órgão de Costa Lima*.

Dentro da cavidade formada pela *placa S* encontra-se um grupo de grandes células (fig. 4, FK) lembrando as do corpo gorduroso. Suas paredes são excepcionalmente desenvolvidas e resistentes e, no interior das mesmas, são encontradas estruturas protoplasmáticas fortes, de natureza fibrilar. Isto leva a supôr que a função das células é de qualquer forma mecânica e, talvez, sirvam para contrôlar o estado de tensão do interior da *placa S*. Não foram encontrados nem inervação nem escolopídios.

#### *Mecanismo do Órgão de Costa Lima*

Durante o movimento saltatório a contração do músculo abductor força a penetração da *placa S* no fêmur e, com isto, a tíbia se distende (fig. 2). Pela distensão da membrana anterior ( $MA_1$ ) da articulação a extremidade proximal da tíbia também penetra na parte distal do fêmur, pois sendo ela o braço giratório menor, está situada antes do ponto de apóio dos côndilos da articulação. Ao mesmo tempo a *placa T* sai da cavidade do fêmur e se encontra agora na membrana da articulação pois, o seu tendão se insere um pouco distalmente do ponto giratório. O músculo flexor está extremamente relaxado e o músculo abductor encurtado porém, não está mais na fase de contração ativa. Voltando a tíbia para o estado de repouso há a contração do *musculus flexor tibiae*. Agora a *placa T* entra na cavidade do fêmur. Este movimento prossegue até a tíbia tocar o ligeiro sulco existente no lado posterior do fêmur.

Terminando este movimento a *placa T* penetra no fêmur até que a sua aresta posterior (fig 6a, SA), já descrita acima e, que forma uma saliência acentuada, venha a se ajustar na ligeira cavidade (fig. 2,  $CA_1$ ), formada

pela parede interna do fêmur. Pela flexão da tíbia a expansão anterior e distal da *placa S* é abaixada simultaneamente pois, ela está ligada à extremidade proximal da tíbia pelo tendão ( $SH_1$ ). Com isto toda a *placa S* é deslocada para baixo. Este movimento termina no momento em que o ângulo posterior e distal da mesma se prende na segunda cavidade (fig. 2,  $CA_2$ ), localizada acima daquela já mencionada. Nesta altura a contração do flexor ainda não terminou e, em consequência da contração que se continua, nasce uma tensão dentro da *placa S* pois, a sua expansão, ligada à inserção do tendão ( $SH_1$ ), é abaixada ainda mais. Quando a tíbia retorna à sua posição de repouso, a *placa T* está presa na primeira cavidade e o *musculus flexor tibiae* relaxado. Dentro da *placa S* existe uma tensão que novamente tende a esticar a tíbia. Este movimento é impedido pela *placa T*, presa na primeira cavidade. Assim, existe, durante o repouso, com a tíbia dobrada, uma tensão permanente na *placa S* mas, acontece que a *placa T* não pode sair da sua posição e, com isto, a tíbia não pode ser novamente distendida.

Logo que se julgar ameaçado, o coleóptero, para saltar, contrai o *musculus abductor tibiae*. Mas, com a contração, não haverá a distensão da tíbia pois a *placa T*, presa na cavidade, impede qualquer movimento. O efeito do trabalho muscular é a produção de um grande aumento da tensão na quitina da *placa S* pois os três dilatadores, sendo também partes do abdutor, abrem ainda mais esta placa dilatando suas arestas anterior e posterior. Para o reforçamento da curvatura da placa existe, na parte distal da mesma, uma dobra secundária (fig. 5, AS). O maior aumento da tensão na quitina da *placa S* é devido à contração das massas musculares que se inserem no grande tendão ( $SH_2$ ). Pela ação deste tendão a aresta longitudinal oblíqua (CD) da *placa S*, é puxada para o lado externo, abrindo a placa ainda mais. Toda a tensão pode ser neutralizada pela entrada da parte proximal da tíbia no fêmur, o que levaria à distensão da mesma mas, que não se verifica em virtude da ação impediante da *placa T*. Só o tendão entre tíbia e *placa T*, é que pode ser esticado ligeiramente de modo que o forte esporão terminal e as séries de espinhos existentes no fim da tíbia, podem segurar, o insto, sobre a folha, antes do salto.

Para anular a tensão e, com isto permitir o salto, a *placa T* deve sair da sua cavidade ( $CA_1$ ). Isto se faz automaticamente no momento da contração máxima do abdutor, por intermédio da aresta oblíqua (CD) que, no estado de repouso, se encosta diretamente na *placa T*. Pelo deslocamento de CD para o lado externo resulta uma pressão para o lado da *placa T* que, súbitamente, é forçada a sair de sua cavidade. Agora toda a tensão acumulada na placa S e, que ainda é aumentada pela contração do abdutor, se libera. Toda esta força considerável estica a tíbia, dando ao corpo do Halcíneo, um forte impulso: é o salto. Em seguimento ao salto, de 1 a 2 metros, o coleóptero abre as asas e começa a voar. Este mecanismo é utilizado na aviação (catapultas) com a diferença de que a construção do coleóptero é muito mais perfeita pois ele carrega toda a aparelhagem de impulsão enquanto que, no caso dos aviões, ela permanece no solo.

A base do princípio biológico é a acumulação de uma tensão suficiente, no interior do fêmur, que permitirá desenvolver uma grande aceleração no início do movimento saltatório a fim de escapar ao inimigo. Esta fuga rápida seria impossível se o coleóptero não saltasse e tivesse que abrir lentamente as asas para, só depois, iniciar o vôo.

## SUMÁRIO

Descreveu-se o mecanismo saltatório do Halticíneo *Homophoeta sexnotata*.

O aparelho se encontra localizado no fêmur e consta de uma placa cuticular arqueada, em forma de S, e, de uma placa menor, triangular. Tõdas as placas representam modificações dos tendões dos abductor e flexor da tibia e mantêm ainda ligação com os mesmos. Pela colaboração das duas placas acumula-se uma forte tensão no tendão do abductor (músculo saltatório). A tibia não se pode esticar pois a placa triangular fica presa numa cavidade da parede do fêmur. Apenas no momento da maior contração do abductor a placa curvada força a saída da placa triangular do seu ponto de apóio. Desta maneira o forte músculo abductor da tibia exerce tãda a sua força, de uma só vez, sãbre a articulação da mesma, dando ao Coleóptero um forte impulso para saltar. O órgão é encontrado em grande número dos Halticíneos.

Em homenagem ao grande entomólogo brasileiro PROF. DR. ANGELO DA COSTA LIMA dei ao órgão o nome de ÓRGÃO DE COSTA LIMA.

## BIBLIOGRAFIA

EARTH, R.

1953. Métodos de trabalho na anatomia e histologia entomológica, Mem. do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. Vol. 51:93-186.

LEVER, R.

1930. A new endoskeletal organ in the hind legs of Halticinae, Zool. Anz. Vol. 92: 287-289, 6 figs.

MAULIK, S.

1929. On the structure of the hind femur in Halticinae beetle. Proc. Zool. Soc. London: 305-308, 3 figs.

## ABREVIACÕES NAS FIGURAS

AB — *musculus abductor tibiae*; AS — dobra auxiliar da placa S; CA<sub>1</sub> — Primeira cavidade da parede do fêmur; CA<sub>2</sub> — segunda cavidade do fêmur; CD — bordo diagonal da placa S; DI<sup>1,3</sup> — músculos dilatadores na placa S; EN — endocutícula; en — lado interno; EX — exocutícula; ex — lado externo; SE — fêmur; FK — células do corpo gorduroso; FTA — *musculus flexor tarsi*; FTI — *musculus flexor tibiae*; h — lado posterior; MA<sub>1</sub> — membrana da articulação; MC — massa colagínosa; N — nervo; PS — placa S; PT — placa T; SA — saliência distal da placa T; SH<sub>1-4</sub> — tendões; SHFTI — tendão do *musculus flexor tibiae*; ST — tendão do *musculus flexor unguitactoris*; TH — trocanter; TI — tibia; TR — traquéia; v — lado anterior.

## UEBERSETZUNG

Der Sprungapparat der Halticine *Homophoeta sexnotata* Har. (Coleoptera)

(Mit 6 Abbildungen)

PROF. DR. ANGELO DA COSTA LIMA machte mich auf die Sonderbildungen im Femur der Halticinen aufmerksam und bat um eine naehere Untersuchung der Funktion und Struktur. Da ich zur gleichen Zeit genuegend fixiertes

Material durch das freundliche Entgegenkommen des Herrn DR. WANDERBILT DUARTE DE BARROS, Administrador des Nationalparkes im Itatiaia-Gebirge, zur Verfügung hatte, wählte ich für die vorliegende Untersuchung die Art *Homophoeta sexnotata*, die den Vorteil bietet, dass der Femur nicht pigmentiert, sondern gelblich transparent ist.

In der Literatur wird der Apparat erstmalig von MAULIK (1929) einer näheren Prüfung unterzogen. Er fand ihn in einer Anzahl von Halticinen-Arten. Bei der Untersuchung einer sehr grossen Anzahl brasilianischer Arten stellten COSTA LIMA und der Autor in jedem Falle das Vorhandensein dieser Bildung fest. MAULIK beschrieb den Apparat als endoskelettale Bildung, die er als Erweiterung einer Sehne zutreffend betrachtete. Ueber die Funktion vermutet er, dass es sich um ein Organ handelt, das diesen Käfern das Springen erlaubt. Ueber den Mechanismus macht er keine näheren Angaben, auch zieht er nicht die Verteilung der Muskulatur im Femur in Betracht. Die von ihm in den Figuren angedeuteten Muskeln sind zweifellos nur die Sehnen, da er durch Behandlung mit KOH alle Gewebsteile, auch die Muskeln, zerstörte, wie er im Anfang seiner Arbeit angibt. Eine Erweiterung dieser Mitteilung stellt die Arbeit von LEVER dar (1930), der im inneren Winkel des Femur-Tibia-Gelenks eine weitere endoskelettale Bildung in Form eines verbreiterten Stückes einer Sehne fand. Eine Deutung nimmt LEVER ebenfalls nicht vor, obwohl er vermutet, dass diese Struktur zum Springen dient.

Zwar zeigt das Hinterbein der Halticinen "saltatorial modifications", wie LEVER sagt, aber es ist doch kein Sprungbein wie etwa das der Heuschrecken. Gerade dieser Unterschied ist so ins Auge springend, dass die Sprungfähigkeit der Halticinen den Beobachter in Erstaunen setzt. Es lag nun nahe zu vermuten, dass die Sonderbildung des Femurs dazu dient, das lange Sprungbein der Heuschrecken funktionell zu ersetzen.

Bei der bearbeiteten Art ist der Femur mit 2,7 mm Länge nur 0,3 mm länger als die Tibie. Dagegen ist er stark angeschwollen und besitzt in der Mitte einen Durchmesser von 1,245 mm.

Oeffnet man durch einen Schnitt längs der Innen- und Aussenkanten den Femur bei ausgestreckter Tibie und hebt die Hinterplatte des Femurs ab, so bietet sich das Bild der Figur 2. Durch den medianen Schnitt erscheinen nicht die vorderen und hinteren Condylen am apikalen Ende, die mit zwei Vertiefungen der Tibie das Femur-Tibia-Gelenk bilden. Die Lage des Drehpunktes der Tibie ist durch einen Pfeil markiert. Am Ende der Tibie inseriert eine breite starke Sehne ( $SH_1$ ), die im normalen Insektenbein die Sehne des *musculus abductor tibiae* darstellt. Sie inseriert mit ihrem basalen Ende an dem von MAULIK beschriebenen Organ. Die Form dieses Organs geht aus den Figuren 3a und 3b hervor, wie auch aus dem Querschnitt 4a. Es stellt eine etwa 1.050  $\mu$  lange und in der Ruhelage 540  $\mu$  breite Platte dar, die in der Querrichtung symmetrisch S-förmig gekrümmt ist. Der grössere Bogen dieses im folgenden "Platte S" genannten Teiles ist mit seiner konvexen Seite nach hinten gerichtet. Am Aussenrand (Fig. 4, ex) biegt ein schmaler Rand nach hinten, an der inneren Femurkante (Fig. 4, en) ein grosser Bogen nach vorne um. Dieser letztere Bogen (Fig. 5) wird distalwärts kleiner, so dass sein Rand eine schräge Kante darstellt. An

dieser Kante inseriert eine lange und breite Sehne ( $SH_2$ ), von MAULIK als Muskel angesehen. Eine histologische Pruefung des Ansatzes dieser Sehne zeigt durch den Verlauf der Exo- und Endocuticula eindeutig, dass der S-foermige Cuticularkoerper lediglich eine Modifikation der Abduktorsehne darstellt, die als blattartige, gekruemmte Erweiterung der Sehne seitlich ansitzt. In Fig. 4b erkennt man, dass (schwarz gezeichnet) die Endocuticula, aus der die Sehne fast ausschliesslich besteht, in der Platte S sehr duenn wird und eine starke doppelte Schicht von Exocuticula einschliesst, die stark sklerotisiert, durch eine Kittmasse (MC) zusammengehalten wird. Von der aeusseren und inneren Kante der Platte S entspringen Muskeln, die als Dillatatoren (DI 1-2) bezeichnet werden und an der Aussen- bzw. Innenkante des Femurs inserieren. An der hinteren distalen Ecke inseriert mit einer Sehne ( $SH_4$ ) ein dritter Dillatator ( $DI_3$ ). An der starken Sehne  $SH_2$  entspringt eine grosse Anzahl von Muskelbuendeln, die strahlenfoermig nach allen Seiten abgehen (in Fig. 2 z.T. entfernt). Alle Muskeln, die an der Platte S und an ihren Sehnen ansetzen, sind als Teile des *musculus abductor tibiae* aufzufassen. Eine Kontraktion dieser Muskeln bewegt die Platte S in den Femur hinein und streckt damit die Tibie. Die Gegenbewegung erfolgt durch den *musculus flexor (adductor) tibiae*, der eine Gruppe von Muskeln zusammenfasst, die nach hinten zu im Raum hinter der Platte S und dem Abduktor liegen. Die zugehoerige Sehne ( $SH_2$ ) inseriert ein kurzes Stueck distalwaerts vom Drehpunkt der Tibie (siehe Pfeil in Fig. 2). Diese Sehne liegt in der hinteren Gelenkmembran eingeschlossen. Sie ist nur kurz und geht bald schon in ein staerker cuticularisiertes Stueck ueber, das bei ausgestreckter Tibie von hinten gesehen als kleines, braunes, dreieckiges Skelettstueck auf der hellen Gelenkmembran erscheint. Es wird im folgenden Platte T genannt und entspricht dem von LEVER beschriebenen Organ. Histologisch betrachtet ist es wie die Platte S eine Erweiterung und Verstaerkung einer Sehne, der Sehne des *musculus flexor tibiae*. Am Ende dieses etwa 300  $\mu$  langen Stueckes setzt sich die Sehne als solche in typischer Form fort und nimmt Kontakt mit den Muskelbuendeln auf. Im inneren Teil des Femurs liegt noch eine kleine Muskelgruppe, deren Sehne, durch Tibie und Tarsus laufend, zum Praetarsus geht und die Krallen bewegt. Die Form der Platte T geht aus den Figuren 6a — c hervor. Wichtig fuer das Verstaendnis des Mechanismus des Sprungs ist die Erhoehung an der distalen hinteren Kante der Platte T. Beide Platten wirken beim Sprung zusammen als ein komplexes Organ wie etwa der Sprungmechanismus der Elateriden der auch als Komplexorgan aufzufassen ist. Zu Ehren meines guten Freundes PROF. DR. ANGELO DA COSTA LIMA nenne ich diese Form eines komplexen, bisher noch nicht in der Literatur funktionsanatomisch beschriebenen Organs das "COSTA LIMA'SCHE ORGAN".

Innerhalb der Hoehlung der Platte S findet sich eine Gruppe grosser Zellen (Fig. 4, FK), die an Fettkoerperzellen erinnern. Ihre Zellgrenzen sind ueberaus kraeftig und widerstandsfaehig; in ihrem Inneren finden sich starke fibrilloese Protoplasmastrukturen. Es kann vermutet werden, dass diese Zellen irgendeine mechanische Funktion besitzen oder vielleicht zur Kontrolle des Spannungsgrades innerhalb der Platte S dienen. Eine Innervierung oder Skolopidien wurden nicht gefunden.

## Mechanismus des COSTA LIMA'SCHEN ORGANS.

Bei ausgestreckter Tibie (Fig. 2) ist Platte S durch die vorhergegangene Kontraktion des Abduktors in den Femur hineingezogen worden. Der Endkopf der Tibie ist dank der grossen vorderen Gelenkhaut ( $MA_1$ ) ebenfalls in das distale Ende des Femurs eingetreten, da er als kleinerer Hebelarm vor dem Unterstruetzungspunkt der Gelenkkondylen liegt. Die Platte T dagegen ist, da ihre Sehne ausserhalb des Drehpunktes der Tibie inseriert, nach aussen getreten und liegt in der Gelenkhaut. Der Flexor ist weitgehend gedehnt, der Abduktor verkuerzt, jedoch nicht mehr im Zustand aktiver Kontraktion. Bei Rueckkehr in die Ruhelage kontrahiert sich der Flexor der Tibie.

Hierdurch tritt im hinteren Teil des Gelenks die Platte in den Hohlraum des Femurs ein. Diese Bewegung erfolgt solange, bis die Tibie in die hintere, flache Rinne des Femurs zu liegen kommt. Am Ende dieser Bewegung ist die Platte T soweit in den Femur eingedrungen, dass ihre distale, hintere verstaerkte Kante, die stark nach hinten vorspringt, in der flachen Hoehlung einrastet, die im Inneren vom Ende der oben genannten Rinne der hinteren Femurwand gebildet wird. Durch die Flexion der Tibie wird gleichzeitig der vordere distale Processus der Platte S, der durch seine Sehne ( $SH_1$ ) mit dem Endkopf der Tibie verbunden ist, nach unten gezogen. Hiermit verlagert sich auch die ganze Platte S, bis ihre hintere distale Ecke in der zweiten, flachen Hoehlung oberhalb der oben beschriebenen ersten Hoehlung einrastet und an weiterer Verlagerung verhindert wird. Da die Bewegung jedoch weiter geht, erfolgt eine Spannungssteigerung in der Platte S, da der distale Processus weiter herabgezogen wird.

Wenn die Platte T in der ( $CA_1$ ) eingerastet ist und der *musculus flexor tibiae* erschlafft, erfolgt durch die Spannung in der Platte S ein Zug am Tibienkopf, der die Tibie wieder strecken will. Letzteres aber ist verhindert durch die Platte T, die in dieser Lage in ihrer Hoehlung fest sitzt. Auf diese Weise besteht in der Ruhelage bei eingewinkelter Tibie eine ununterbrochene Spannung in der Platte S.

Im Augenblick des Sprunges beginnt der *musculus abductor tibiae* sich zu kontrahieren. Es kommt jedoch nicht zu einem Ausstrecken der Tibie, da die Platte T jede Bewegung unterbindet. Dafuer aber waechst durch die Kontraktion des Abduktors die Spannung in der Platte S ganz bedeutend, da die drei Dillatatoren, die auch Teile des Abduktors sind, da sie an derselben Sehne inserieren, die Woelbung der elastischen Platte abflachen. Die Kruemmung der Platte S wird noch durch eine sekundaere Woelbung ( $AS$ ) verstaerkt. Der dritte Dillatator hat ueberdies die Aufgabe, die Ecke der Platte S, an der er inseriert, in ihrer Lage zu halten. Die bedeutendste Steigerung der Spannung in der Platte S wird hervorgerufen durch die Kontraktion der grossen Muskelmenge, die an der grossen Sehne der Platte S inseriert. Durch diese Kontraktion wird die schraege Laengskante ( $CD$ ) der Platte nach aussen, gezogen, wodurch die S-Form weiter geoeffnet wird. Die gesamte Spannung kann sich nur dadurch loesen, dass der Kopf der Tibie in den Femur eintritt, d. h. dass die Tibie gestreckt werden muss. Das ist aber nichtmoeglich, da die Platte T immer noch in ihrer Lage fixiert ist. Die Sehne zwischen Tibie und Platte strafft sich natuerlich voellig, wodurch die Tibie Gelegenheit hat, sich mit ihrem starken Enddorn und den distalen Dornenkraenzen auf der Unterlage festzuheften.



Zur Loesung der Spannung und damit zum Zustandekommen des Sprunges muss die Platte T aus ihrer Hoehlung heraustreten. Dies erfolgt automatisch im Augenblick der staerksten Kontraktion des Abduktors vermittels der schraegen Laengskante (CD), an die sich die Platte T eng anlegt. Durch die Verlagerung von CD nach aussen erfolgt ein schraeger Druck auf die Platte T, die ploetzlich aus ihrem Lager herausschnellt. Jetzt kann die gesamte, in der Platte S gesammelte Spannung und die Kontraktion des Abduktors sich auf die Tibie auswirken, die so mit betraechtlichem Kraftaufwand gestreckt wird und dem Koerper des Kaefers einen kraeftigen Antrieb zum Sprung verlicht. Nach einen Sprung von 1-2 m Weite hat das Tier die Fluegel geoeffnet und fliegt selbstaendig weiter. Dieser Mechanismus wurde von der menschlichen Technik im Katapultstart von Flugzeugen nacherfunden, nur dass die Konstruktion hier beim Insekt wesentlich besser ist, da der Sprungmechanismus am fliegenden Objekt angebracht ist.

Das biologische Grundprinzip ist, innerhalb des Femurs unmittelbar vor dem Sprung genuegend Spannung hervorzurufen, damit im Augenblick des Absprungs die Beschleunigung ausreicht, um dem Feind zu entkommen, was beim umstaendlichen Oeffnen der Fluegel in Frage gestellt waere.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Es wird der Sprungmechanismus der Halticine *Homophoeta sexnotata* beschrieben.

Der Apparat liegt im Femur und besteht aus einer S-foermig gebogenen Cuticularplatte und einer kleineren dreieckigen Platte, die beide aus den Sehnen des Abduktors und des Flexors der Tibie entstanden sind und mit diesen noch zusammenhaengen. Durch die Zusammenarbeit beider Platten wird die Sehne des Abduktors (Sprungmuskel) sehr stark gespannt. Die Spannung sammelt sich in der S-foermigen Platte und fuehrt erst dann zum Strecken der Tibie, wenn die Dreiecksplatte, die in der Ruhelage in einer Hoehlung der Femurwand einrastet, im Augenblick der staerksten Kontraktion des Abduktors durch die S-foermige Platte aus ihres Lage gedraengt wird. Ein Strecken der Tibie aus der Ruhelage ohne maximale Kontraktion des Abduktors ist wegen des Sperrmechanismus der Dreiecksplatte nicht moeglich. Dieses Organ wird zu Ehren von PROF. DR. ANGELO DA COSTA LIMA das "COSTA LIMA'SCHE ORGAN" genannt. Das Organ hat eine allgemeine Verbreitung unter den Halticinen.

#### LITERATUR

SIEHE AM SCHLUSS DES PORTUGIESISCHEN TEILS.

#### ABKUERZUNGEN IN DEN ABBILDUNGEN

AB MUSCULUS ABDUCTOR TIBAE; As Hilfsfalte in der Platte S. CA1, CA2 Erste und zweite Hoehlung der Femurwand; CD Diagonalkante der Platte S; DI1-3 Dilatatoren der Platte S; EN Endocuticula; en Innenseite; EO Exocuticula; ex Aussenseite; FE Femur; FK Fettkoerperzellen; FTA *Musculus flexor tarsi*; FTI *Musculus flexor tibiae*; h Hinterseite; MA1 Gelenkhaut; MC Kittmasse; N Nerv; PS Platte S; PT Platte T; SA Distaler Vorsprung der Platte T; SH 1-4 Sehnen; SHFTI Sehne des *musculus flexor tibiae*; ST Sehne des *musculus flexor unguis tractoris*; TA Trochanter; TI Tibie; TR Trachee; v Vorderseite.

## SUMMARY

This paper deals with the saltatorial mechanism of the halticinae beetle *Homophoeta sexnotata* (*Chrysomelidae*).

The apparatus lies in the femur and consists of a S-formed bent plate of cuticular material and a triangular smaller one both plates originating from the tendon of the abductor respectively of the flexor of the tibia and still hanging together with these. When the *musculus flexor tibiae* is contracted the triangular plate enters into the femur until its external edge is caught in a cavity of the inner side of the wall of the femur; simultaneously the bent plate that represents an enlargement of the tendon of the *musculus abductor tibiae*, becomes more dilated, causing a strong tension in it. During the relaxation of the flexor the tension in the bent plate only effects on the triangular plate which now remains fixed in the cavity. This plate, an enlargement of the *musculus flexor tibiae*, prevents the backward movement of the tibia. When now the abductor is contracted, the tension in the bent plate will increase because of its extremity is rising a large tendon on which is fixed the larger part of the abductor. Moreover, three other parts of the abductor are fixed directly or by means of a tendon on the sides of the plate. These muscles are called dilatatores. The tension which will lead to extend the tibia for jumping of the beetle, cannot effect on the articulation jet because the triangular plate prevents every movement. On the summit of the contraction of the abductor a transverse edge of the bent plate is pressed against the triangular plate, this is slowly shifted to the side and at last jerks suddenly out of its bed. Now all the accumulated tension, intensified by the contractive power of the large abductor, reacts upon the articulation of the tibia. The tibia extends with a violent power and shoots the beetle for some meters ahead. During the jump the insect opens its wings to fly independently. Biologically considered, this apparatus offers to the animal a great advantage: In danger the beetle takes off immediately without losing precious time for opening the wings.

The organ is generally found in halticinae. In honour of the great Brazilian entomologist PROF. DR. ANGELO DA COSTA LIMA this organ is proposed to be called the "ORGAN OF COSTA LIMA".

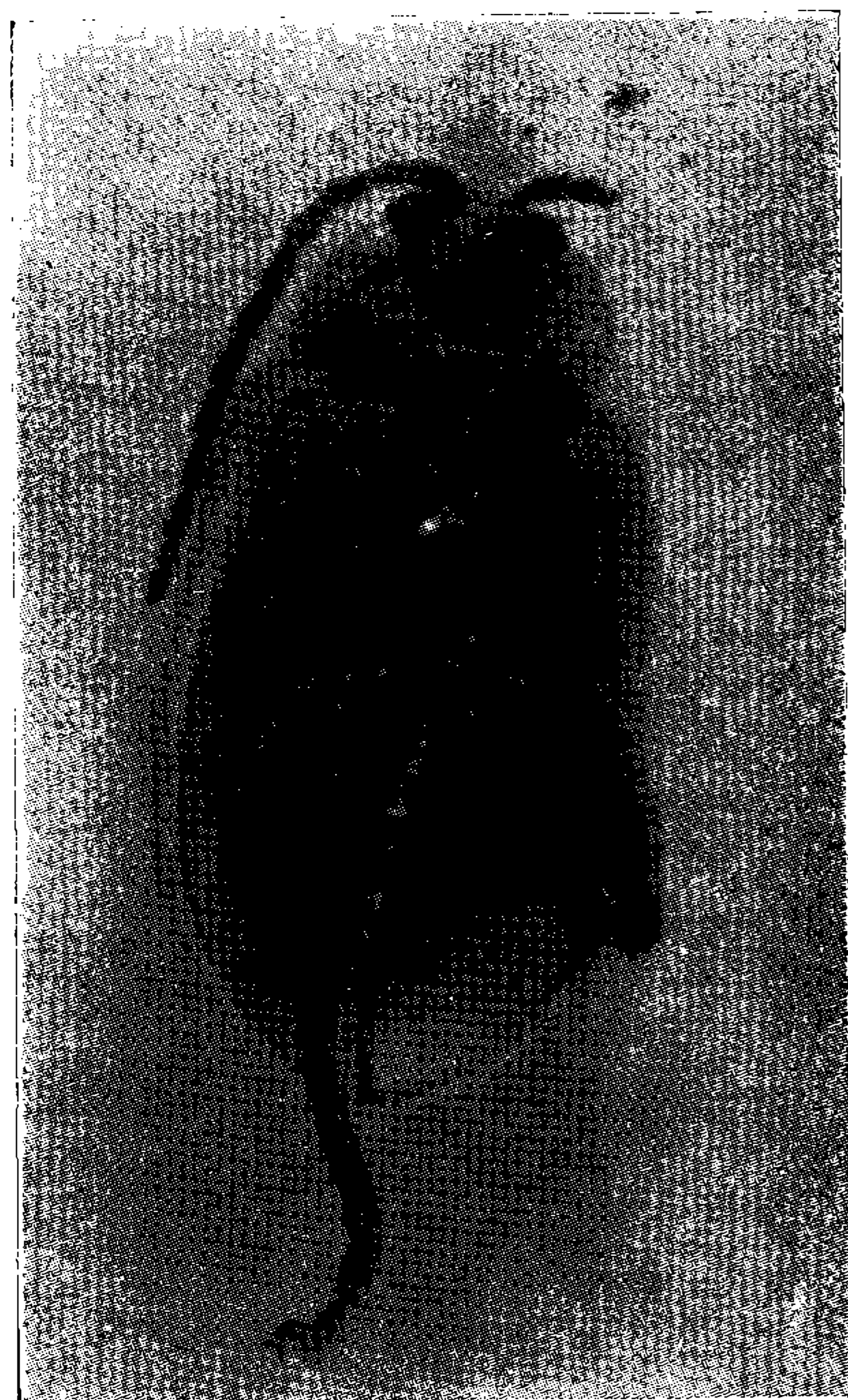


Fig. 1

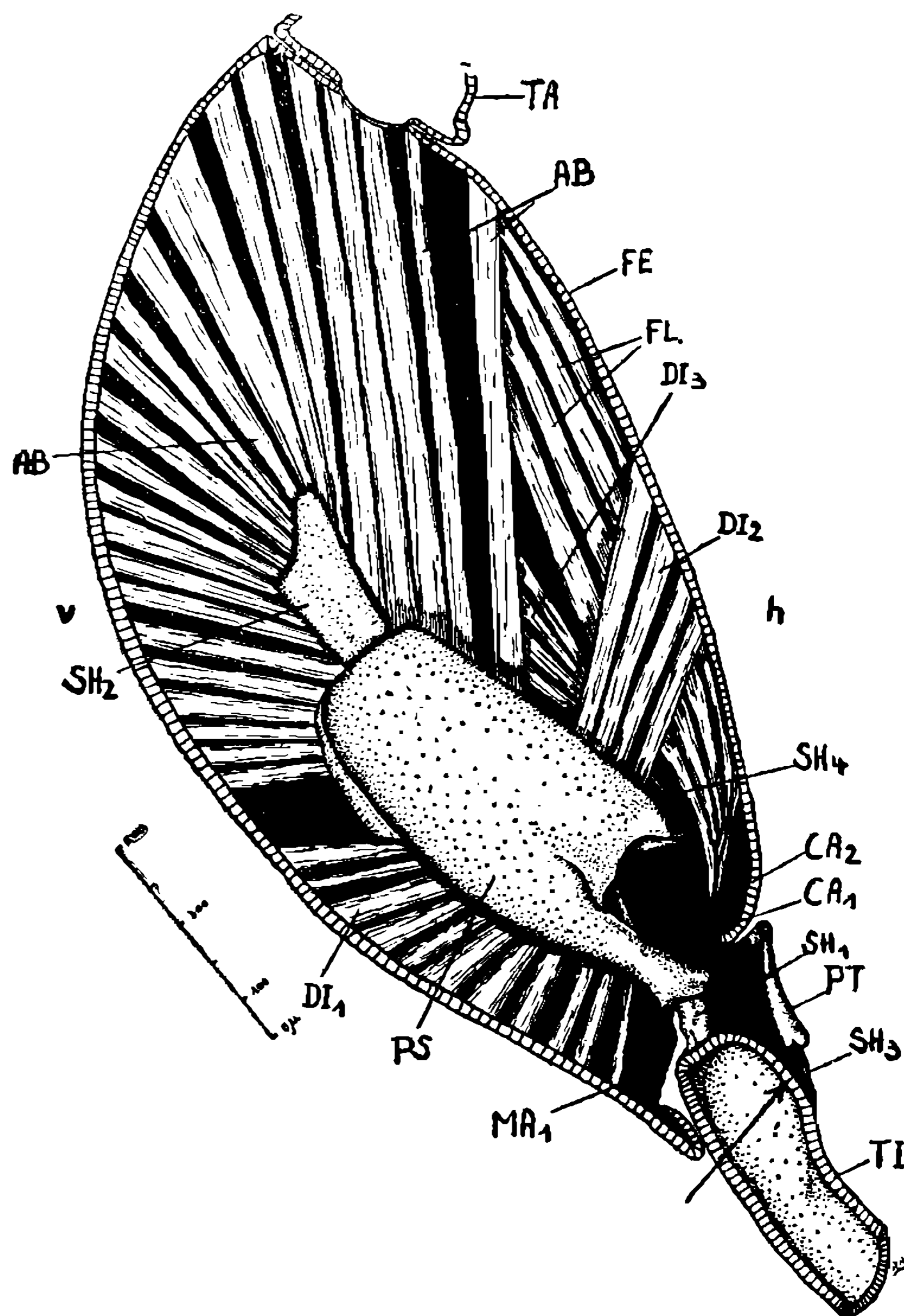


Fig. 2

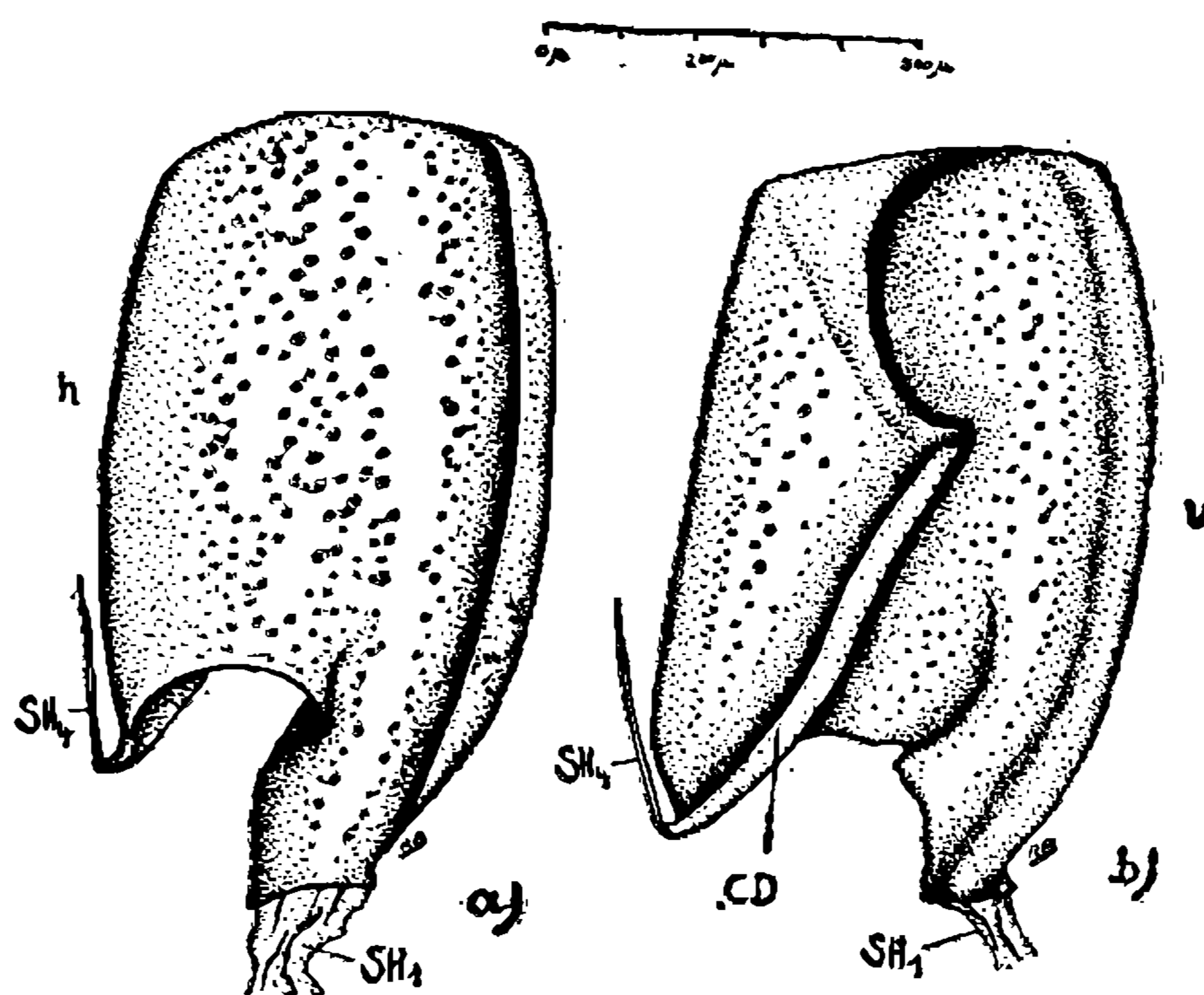


Fig. 3

Fig. 1. *Homophoeta sexguttata* com uma perna posterior esticada e a outra dobrada; as outras pernas foram cortadas. (Abdomen diminuído pela conservação). (Foto: JOSÉ DE CARVALHO FILHO).

Fig. 2. Fêmur esquerdo aberto, vista do lado interno, uma parte dos feixes musculares do abductor cortada. Tibia distendida. A seta indica a posição do ponto giratório da articulação.

Fig. 3. A placa S. a) vista do lado interno, b) vista de frente.

Fig. 1. *Homophoeta sexguttata* mit gestrecktem und eingewinkelttem Hinterbein, Vorder und Mittelbeine entfernt. Abdomen durch Konservierung geschrumpft. (Foto JOSÉ DE CARVALHO FILHO).

Fig. 2. Linker Femur von innen geöffnet, ein Teil der Muskeln des Abduktors entfernt. Tibie ausgestreckt. Der Pfeil deutet die Lage des Gelenk-Drehpunktes an.

Fig. 3. Platte S. a) von innen, b) von vorne gesehen.

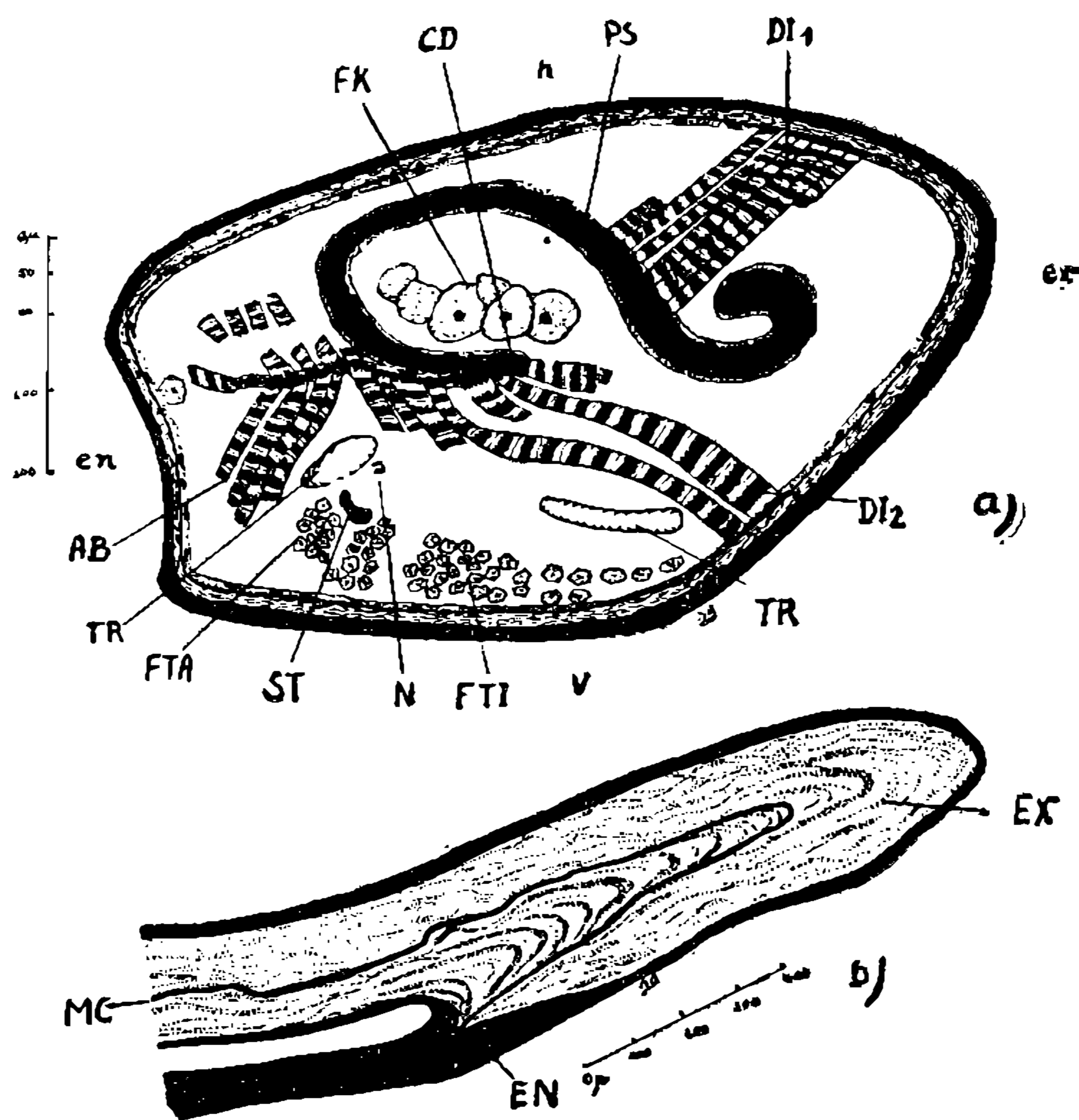


Fig. 4

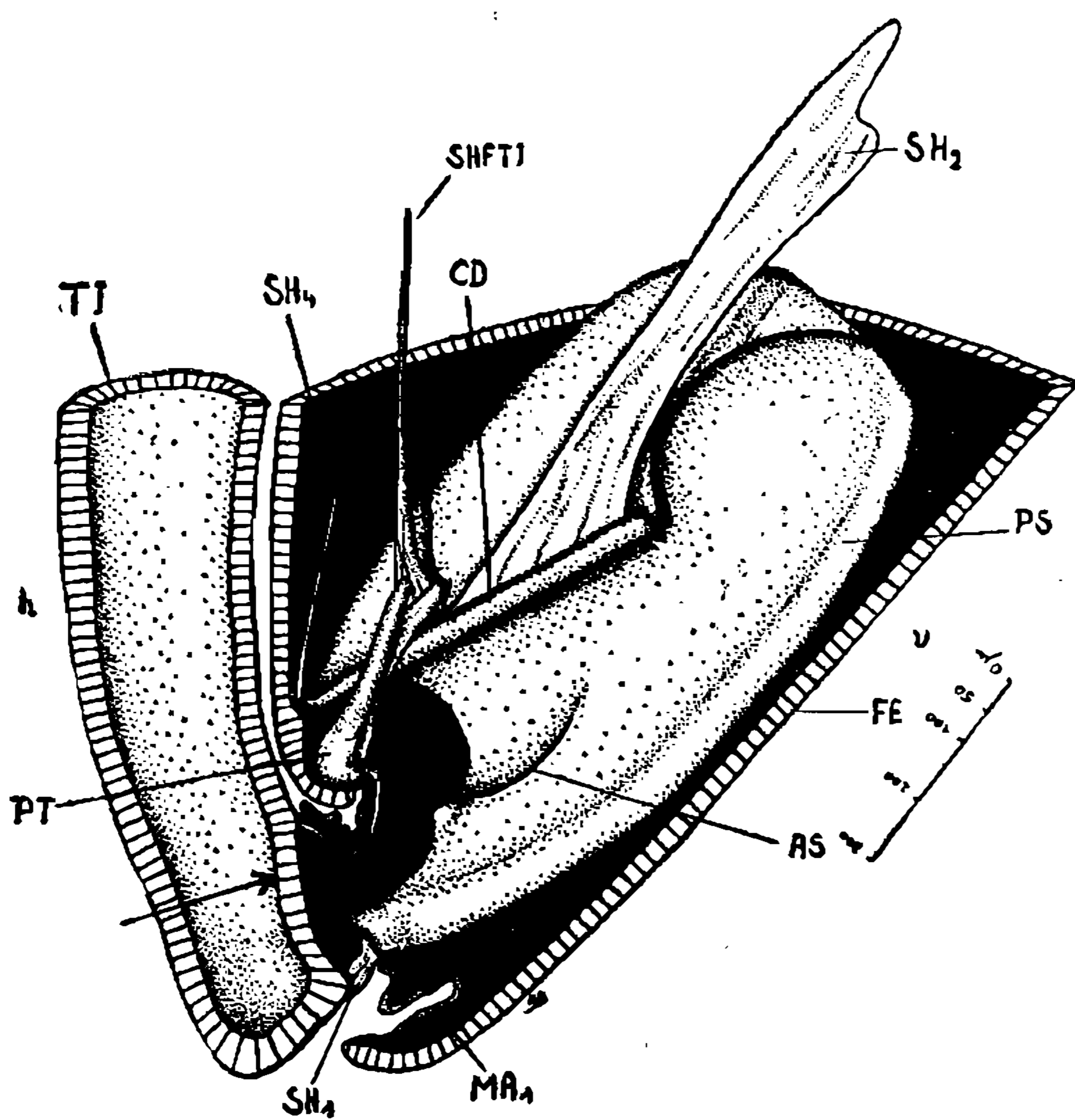


Fig. 5

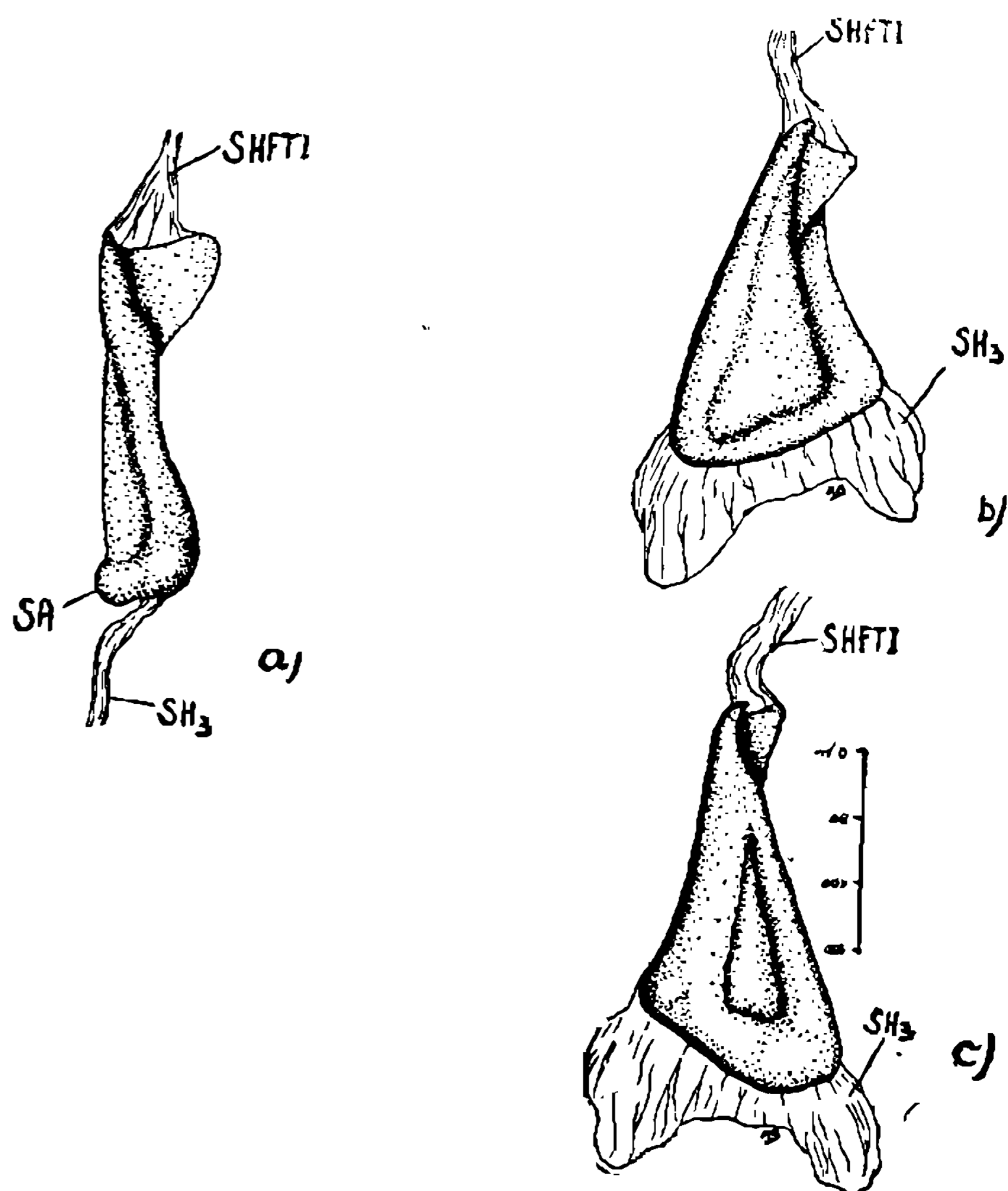


Fig. 6

Fig. 4 a) Corte transversal do fêmur na altura do centro da *placa S*. b) Inserção do tendão, fortemente aumentada (apenas as partes cuticulares).

Fig. 5 Parte distal do fêmur esquerdo aberta, vista do lado externo; músculos retirados, com tendões. Tibia dobrada. A seta indica o ponto giratório da articulação.

Fig. 6. A placa T. a) vista de lado, b) vista do lado externo, c) vista do lado interno.

Fig. 4. a) Querschnitt durch den Femur in der Mitte der Platte S. b) Insertion der Sehne stark vergrößert (nur Cuticulartheile).

Fig. 5. Distaler Teil des linken Femurs von aussen geöffnet. Ohne Muskeln, mit Sehnen. Tibia eingewinkelt. Der Pfeil deutet die Lage des Gelenk-Drehpunktes an.

Fig. 6. Platte T. a) von der Seite, b) von aussen, c) von innen gesehen.