

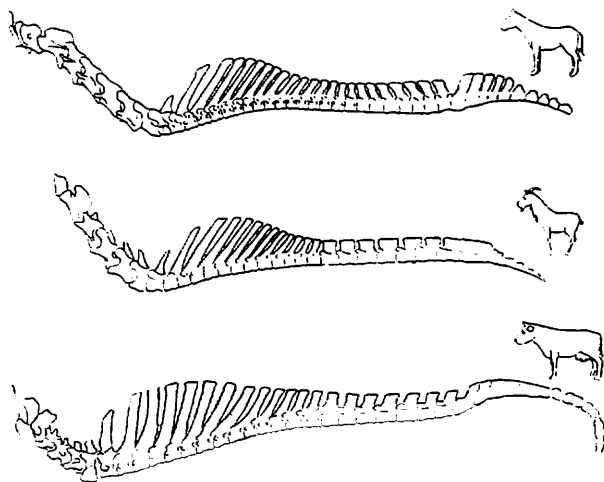
OVER DE WERVELKOLOM VAN ONZE HUISDIEREN

DOOR

Dr. E. J. SLIJPER.

Een kenmerk, dat bij nadere beschouwing van het skelet onzer huisdieren wel zeer in het oog vallend genoemd mag worden, is het verschil in stand van de doornuitsteeksels der wervels. Deze toch zijn, zooals fig. 1 laat zien, bij den hond, de kat, het varken en het paard in het voorste gedeelte van den thorax naar achteren, in het achterste gedeelte van den thorax en in de lendenen daarentegen naar voren gericht, een verschijnsel, dat men den naam antiklinie gegeven heeft. Bij schaaap en geit is deze antiklinie reeds veel minder duidelijk, de doornuitsteeksels van de achterste borst- en lendenwervels staan hier rechtop, terwijl zij bij het rund zelfs vrij duidelijk naar achteren hellen.

Fig. 1.



Wervelkolom van een paard, een geit en een rund om
het verschil in stand van de doornuitsteeksels te toonen.

Hoewel dit verschijnsel reeds aan GALENUS en andere oude anatomen bekend was, is men er nooit in geslaagd de antiklinie op bevredigende wijze te verklaren, terwijl alle veterinaire hand- en leerboeken aan de zoo markante verschillen tusschen de Herkauwers en de overige huisdieren stilzwijgend voorbijgaan. Ook in den nieuwsten druk van ELLENBERGER-BAUM, van SCHEUNERT, TRAUTMANN en KRZYWANECK, alsmede in de recente publicaties van KRÜGER vindt men ter verklaring van de antiklinie nog steeds de oude theorie van ZSCHOKKE, waarbij de constructie van de wervelkolom vergeleken wordt met die van een op twee pilers rustende brug met bovenligger, zooals men die b.v. bij Muizen of Zaltbommel vindt. De uit het ligamentum supraspinale bestaande bovenrand zou dan als trek-, de uit de wervellichamen bestaande onderrand als drukelement optreden, terwijl de doornuitsteeksels met de diagonalen van het vakwerk vergeleken zouden kunnen worden. In werkelijkheid vangt echter bij een dergelijke brug de bovenrand de druk-, en de onderrand de trekkrachten op.

zoodat de vergelijking, die ook elders in de vakliteratuur veel opgang gemaakt heeft, als ten eenen male onjuist beschouwd moet worden. De vooral door d'ARCY THOMPSON naar voren gebrachte vergelijking van de wervelkolom met een z.g.n. cantieverbrug, gaat echter evenmin op, daar de staart geen voldoende tegenwicht voor de lendenstreek vormt, de verschillen in lengte der doornuitsteeksels niet kloppen en bovendien de verschillen tusschen de diersoorten onderling zoo niet verklaard kunnen worden. Men zou hoogstens kunnen zeggen, dat de stand van de voorste thoracale doornuitsteeksels voor een dergelijk cantiever-systeem gunstig is, maar niet dat zij door de eischen van een zoodanig systeem bepaald wordt.

Willen wij een beter inzicht in den bouw van de wervelkolom verkrijgen, dan zullen wij deze moeten beschouwen als deel van een constructie, die gevormd wordt door den geneeën romp, waarbij wij zullen uitgaan van een beschouwing, die in principe reeds in 1796 door BARTHIZ gegeven is, doch later door STRASSER verder werd uitgewerkt. Merkwaaardigerwijze heeft men aan dit zoo belangrijke gezichtspunt in de literatuur verder geen aandacht besteed. De romp zou dan, zooals fig. 2 toont, in haar geheel te vergelijken zijn met een boog- en pees-constructie. Wervelkolom en bekken vormen

Fig. 2.



Schematische tekening van het principe, waarop de constructie van romp en hals van een Zoogdier berust (skelet van een kat).

met hun spieren en banden den boog, het borstbeen, de buikspieren (vooral de m. rectus abd.) en het bindweefsel van de linea alba de pees. Een deel van het lichaams-gewicht wordt via ribben en buikspieren overgebracht op den boog en tracht deze te strekken, wat verhinderd wordt door de pees, een ander deel rust op de pees en tracht den boog te buigen, wat door de daarin heerschende spanning verhinderd wordt. Bovendien kunnen ook de protractoren van het voorbeen (b.v. de m. brachiocephalicus) en de retractoren van het achterbeen (b.v. de broekspieren) den boog buigen, terwijl deze door de retractoren van het voorbeen (b.v. de m. latissimus dorsi) en de protractoren van het achterbeen (b.v. de psoaspiieren) gestrekt kan worden. Welke van deze krachten als de belangrijkste beschouwd moet worden, dient nog nader te worden onderzocht. In ieder geval heeft een dergelijke constructie het voordeel, dat geen druk in voor- en achterwaartsche richting op de ondersteunende pijlers (de beenen) uitgeoefend wordt, zooals dit b.v. bij een gewelf wel het geval is. Een ander belangrijk voordeel is het feit, dat de spanning in de constructie voornamelijk op den tonus van de rug- en buikspieren berust, waardoor zij zich aan elke verschillende stand en belasting en aan iedere phase van de beweging kan aanpassen. Ongunstig is de wijze van bevestiging van de pees aan den boog door middel van de eerste rib, een nadeel, dat echter door de geringe lengte en beweeglijkheid van deze rib, alsmede door de mogelijkheid van fixatie door den m. scalenus grootendeels ondervangen wordt.

Dat de wervelkolom vooral in samenhang met het bekken onderdaan den vorm van een boog bezit, geniet door talrijke onderzoekingen voldoende bekendheid. De spanning berust voor een deel op de elasticiteit van de intervertebrale schijven en in het voorste gedeelte van den romp der Hoefdieren ook ten deele op de aanwezigheid

van den nekband en de hier en daar eveneens elastisch ontwikkelde lig. interspinalia. In hoofdzaak berust zij echter op den tonus der spieren, en dat wordt wel voldoende geïllustreerd door het feit, dat de rug van een paard niet doorzakt onder het gewicht van een opstijgenden ruiter, doch zich in tegendeel tegen dat gewicht in kromt. De boog- en pees-constructie steunt achter op het dijbeen en is aan de voorzijde voornamelijk door den m. serratus ventralis en de pectoraalspieren aan het voorbeen opgehangen.

Hals en hoofd kunnen we vergelijken met een eenzijdig ingeklemde balk, die voor aan deze rompconstructie bevestigd is. Opdat niet de halswervels de volledige belasting te dragen zouden krijgen, wordt deze balk aan de dorsale zijde ondersteund door een aantal spantouwen, zooals men die ook b.v. bij een uithangbord of den afsluitboom van een spoorwegovergang kan waarnemen. Als zoodanig doen in de eerste plaats dienst de m. serratus ventralis (pars cervicalis) en de m. splenius. Het verloop van de overige halsspieren, zooals den m. spinalis cervicis en semispinalis capitis, is niet zoo gunstig, daar zij over minder groote hefboomarmen beschikken. Bij de kat is, evenals bij alle andere kleine Zoogdieren, de kracht van deze spieren voldoende om hoofd en hals op te houden. Wanneer echter de dieren grooter worden, neemt de kracht, die de wervelkolom in den hals tracht te buigen, — dat is dus last $\times$ arm of gewicht van het hoofd $\times$ lengte van den hals — toe in de 4e macht. De weerstand van de wervels tegen buiging (voorgesteld door het product van de breedte en het kwadraat van de hoogte) neemt toe in de 3e. de spierkracht die een functie is van het oppervlak van de dwarse doorsnede der spieren, in de 2e macht. Dientengevolge zal bij toename van de lichaamsgrootte een steeds ongunstiger verhouding tusschen skelet en spieren enerzijds en den last, dien zij moeten dragen anderzijds optreden. Er zal dus een extra versterking van de dragende elementen noodig zijn en deze treedt op in den vorm van elastische vezeibundels in het mediane bindweefselseptum van den hals. Bij het varken zijn deze elastische strengen nog slechts zwak ontwikkeld, bij den hond vinden wij een band tusschen den epistropheus en de voorste thoracale doornuitsteeksels, maar de overige huisdieren bezitten een sterk ontwikkelde, elastischen nekband tusschen het achterhoofd en de voorste thoracale doornuitsteeksels, die door een eveneens elastische nekplaat met de halswervels verbonden is.

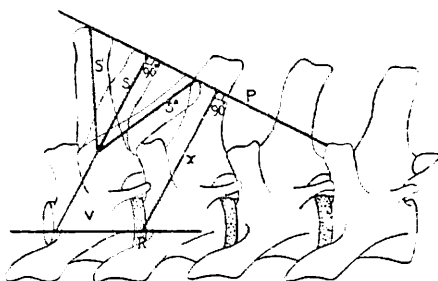
Uit het bovenstaande blijkt dus, dat wij de wervelkolom kunnen beschouwen als een veerkrachtigen boog, die zich vooral door den tonus zijner spieren tegen vormveranderingen verzet. Deze van oogenblik tot oogenblik in sterkte te wisselen weerstand tegen buiging speelt niet alleen een belangrijke rol in de hierboven beschreven boog- en pees-constructie, maar dient tevens om bij de voortbeweging een vaste as te vormen, welke de stuwende kracht van de achterhand op de voorhand kan overbrengen. Waar dus in dit geheele systeem de rugmusculatuur zoo'n uiterst voornaam rol vervult, zal het de belangrijkste taak der doornuitsteeksels zijn, om aan deze rugspieren de voor hun werking noodzakelijke hefboomarm te verleenen. Daarvoor is het echter in principe onverschillig hoe de stand van deze doornuitsteeksels is: bij buigen van den rug zullen zij immers steeds uiteenwijken, zoodat de banden en de strekspieren gelegenheid krijgen, deze buiging te verhinderen. Het ligt dan ook voor de hand om aan te nemen, dat richting en hoogte van de doornuitsteeksels zullen berusten op de *bijzondere* eischen, die de rugspieren ten aanzien van hun werking en aanhechting aan deze doornuitsteeksels stellen. Hun hoogte en richting zullen zoodanig zijn, dat de rugspieren hun taak met maximaal effect kunnen vervullen. En de verschillen in hoogte en richting tusschen de diverse regionen van de wervelkolom en de verschillende diersoorten, zullen dan ook voornamelijk beïnvloed worden door de verschillen in oorsprong, insertie en sterkte van de strekmusculatuur van den rug.

Wij zullen derhalve in de eerste plaats dienen na te gaan, welke stand van een doornuitsteeksel ten opzichte van de er aan aangehechte spieren als de meest gunstige beschouwd moet worden. Deze stand blijkt te zijn loodrecht op de richting van de spiervezelen. Daarvoor zijn twee redenen aan te voeren:

De eerste hiervan zullen wij aan de hand van fig. 3 uiteenzetten. Laat ons aannemen, dat een wervel *V* door een spier *P* bewogen wordt om een draaipunt *R*. En laat ons

verder aannemen, dat de spier P een zoodanige spierkracht bezit, dat zij een hefboomarm X noodig heeft om deze beweging tot stand te kunnen brengen. Dan verkrijgt zij die arm X wanneer de stand van het doornuitsteeksel is als door S , S' of S'' wordt voorgesteld. Het is echter op het eerste gezicht reeds duidelijk, dat van alle mogelijke standen S , dat is dus de stand loodrecht op de richting van de spier, de meest gunstige is, daar dan het doornuitsteeksel het kortst kan zijn. Met andere woorden, bij dezen stand wordt de grootst mogelijk besparing van materiaal verwezenlijkt.

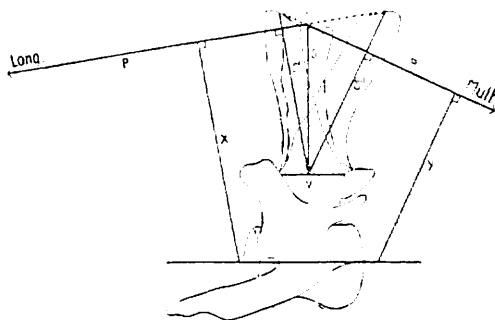
Fig. 3.



Schematische teekening van vier rompwervels van een Zoogdier om aan te toonen, dat voor het doornuitsteeksel de stand S , loodrecht op de richting van de spier P de meest gunstige is.

Nu zal het echter zelden of nooit voorkomen, dat aan een bepaald doornuitsteeksel slechts een enkele spier is aangehecht; in den regel zijn het er twee of meer. Fig. 4 toont ons, dat wanneer twee tegengesteld werkende spieren p en q met ongeveer even groote hefboomarmen x en y aan een wervel zijn aangehecht, de gunstigste stand van het doornuitsteeksel wordt voorgesteld door S , d.w.z. een stand die het midden houdt tusschen een loodrecht op p (S') en op q (S''). Zijn de hefboomarmen sterk verschillend in lengte, dan zal, zooals fig. 5 toont, een stand loodrecht op de spier met den langsten hefboomarm (S' , spier p met arm x) het gunstigst zijn. Waar nu echter om in de be-

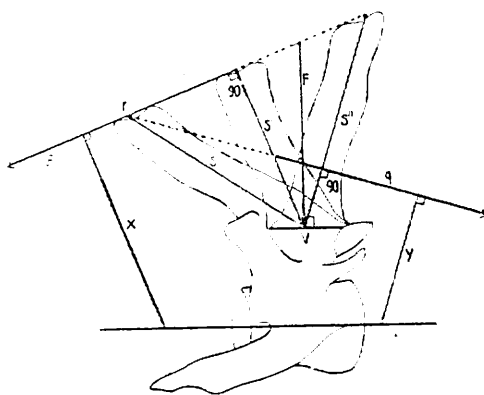
Fig. 4.



Schematische teekening van een rompwervel van een Zoogdier om aan te toonen, dat wanneer twee spieren (p en q), van ongeveer gelijke beteekenis aan een doornuitsteeksel zijn aangehecht, de stand van dit uitsteeksel het midden moet houden tusschen een stand loodrecht op p en een stand loodrecht op q .

hoefden van p te voorzien reeds een langer doornuitsteeksel noodig is, zal ook de insertie van q naar den top van het doornuitsteeksel S' verlegd kunnen worden. De spier q krijgt daardoor een grooteren hefboomarm en de spierkracht (d.w.z. het oppervlak van de dwarse doorsnede) kan naar evenredigheid afnemen. In de meeste gevallen kunnen we dan ook zeggen, dat wanneer twee of meer spieren aan een zelfde doornuitsteeksel zijn aangehecht, dit een stand zal trachten aan te nemen loodrecht op de richting van de sterkste, de belangrijkste spier. Deze grootheid is niet gemakkelijk in details uit te drukken, in de practijk toont echter de ontwikkeling der diverse spieren zulke duidelijke verschillen, dat men er toch een goeden indruk van krijgt.

Fig. 5.



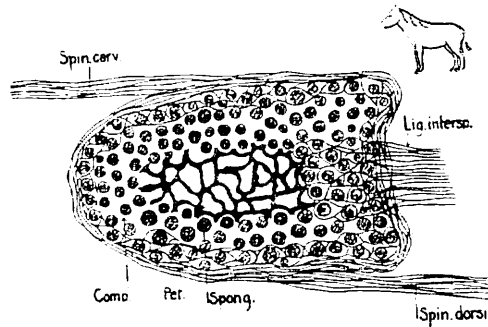
Schematische teekening van een rompwervel van een Zoogdier om aan te toonen, dat wanneer twee in beteekenis sterk verschillende spieren aan een doornuitsteeksel zijn aangehecht, de stand van dit uitsteeksel loodrecht op de belangrijkste spier p het gunstigst is.

De tweede reden, waarom een hoek van 90° tusschen spier en doornuitsteeksel als de meest gunstige beschouwd moet worden, berust op de wijze, waarop deze beide elementen aan elkaar bevestigd zijn. Die bevestiging geschiedt steeds door middel van peesvezelen, zij het ook, dat deze in vele gevallen zoo kort kunnen zijn, dat de indruk van een z.g.n. musculieuze aanhechting wordt verkregen. Nu kan deze aanhechting op twee verschillende manieren plaats vinden. Het kan zijn dat, zooals in fig. 6 door het fig. interspinale wordt voorgesteld, de peesvezelen het periost loodrecht op de richting van deze laag doorboren en direct in het been uitstralen. Bij sommige aanhechtingen treedt als overgang een zone van kraakbeen op, dat met zeer grillig gevormde tanden in overeenkomstige tanden van de beensubstantie grijpt. Daardoor ontstaat dan bij maceratie het voor uitsteeksel als b.v. den trochanter major zoo karakteristieke ruwe oppervlak. Bij de door mij onderzochte doornuitsteeksel van paard en rund drongen de bundels collagene vezelen van de pees tusschen de osteonen van de compacta van het been en vormden daarbij een soort van lussen om deze buisjes van beensubstantie. Het kan echter ook zijn, dat zooals in fig. 6 door den m. spinalis wordt voorgesteld, de peesvezelen zich hechten aan de vezelen van het periost en zoodoende althans bij de doornuitsteeksel via het beenvlies een soort van lussen om het geheele been vormen. Bovendien is ook het periost zelf volgens het bovenbeschreven lussen-principe aan de buitenste osteonen van de compacta bevestigd.

Waar dus nu de bevestiging van de peesvezelen aan de doornuitsteeksel steeds door middel van lussen, hetzij om het geheele been, hetzij om de afzonderlijke osteonen

plaats vindt, en deze osteonen steeds in de lengterichting van het uitsteeksel loopen, valt het niet te verwonderen, dat de bevestiging op de gunstigste wijze plaats vindt, wanneer de richting van spier en doornuitsteeksel loodrecht op elkaar staan. Immers is dit niet het geval, dan treedt een component in de lengterichting van het uitsteeksel

Fig. 6.

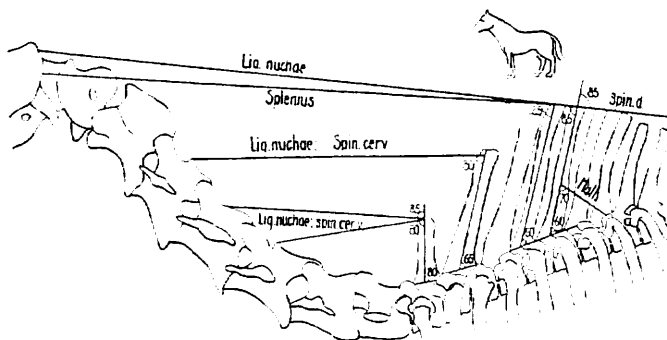


Zeer schematische dwarse doorsnede door het doornuitsteeksel van een borstwervel van een paard om de wijze waarop de pezen en banden aan een dergelijk been zijn aangenecht te demonstreeren. Per. = periost; Comp. = compacta; Spong. = spongiosa.

op, die de lus doet afglijden. Ook in dit geval zal natuurlijk de sterkst ontwikkelde spier, die het grootste gewicht draagt, de meeste eischen stellen en zal het doornuitsteeksel zich in stand daarnaar richten.

Laat ons thans probeeren, of wij met behulp van het boven beschreven principe den stand van de doornuitsteekseis bij onze huisdieren kunnen verklaren en laat ons dan beginnen met den hals en het voorste gedeelte van den thorax, omdat hier niet alleen bij alle huisdieren, doch zelfs bij vrijwel alle Zoogdieren de verhoudingen de zelfde zijn. Fig. 7 toont, dat de zeer korte doornuitsteekseis van de halswervels ongeveer loodrecht op de richting van de vezelen van de nekplaat en den m. spinalis cervicis staan.

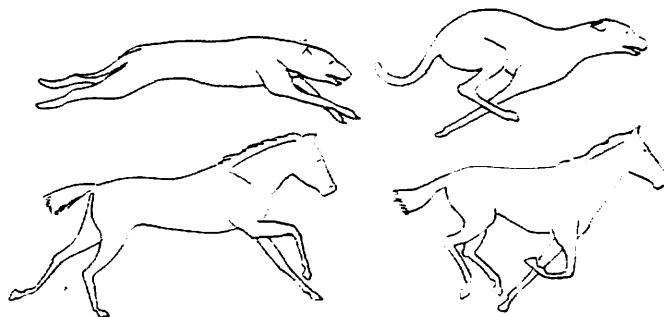
Fig. 7.



Schematische teekening van het verloop en de aanhechting van de voornaamste spieren en banden in den hals en het voorste gedeelte van den thorax bij een paard.

Deze elementen veroorzaken tevens den bijna loodrechten stand van het eerste thoracale doornuitsteeksel. De voornaamste elementen, die zich aan het 26—40 thoracale doornuitsteeksel hechten, zijn de nekband, *ligamentum nuchae*, de *m. splenius* en de *m. spinalis dorsi*. Fig. 7 toont, dat de doornuitsteeksel een vrijwel rechten hoek met deze spieren en banden maken. De lengte van deze uitsteeksel wordt noodzakelijk bepaald door de eischen die de *m. splenius* en de nekband aan hun heftboomarm stellen. De ontwikkeling van een schoot berust dus in hoofdzaak op de absolute grootte der dieren (zie ook pag. 679). Aan de volgende doornuitsteeksel is de *m. splenius* niet meer bevestigd. De nekband is in deze strek reeds vrij zwak ontwikkeld en ook de beteekenis van de bundels van den *m. spinalis dorsi*, die aan deze wervels ontspringen, is sterk afgenomen. Hier overwegen de *m. semispinalis* en vooral de korte bundels van den *m. multifidus* die tusschen de doornuitsteeksel en de enkele wervels verder caandaal gelegen mammillairuitsteeksel loopen. Zij hebben vooral tot taak om de noodige spanning in de wervelkolom tot stand te brengen en vertegenwoordigen dus in tegenstelling met

Fig. 8.



Links: phase van maximale strekking, rechts: phase van maximale buiging van het lichaam in den galop. Boven: sprongengalop van een hond; onder: paardengalop van een paard. Naar filmopnamen van MUYBRIDGE.

de lange longissimus- en spinalisvezelen het statische element van de lichaamsas. Deze korte spieren nu zijn verantwoordelijk voor de sterkere heiling der doornuitsteeksel in deze strek, welke tot een bedrag van 30 à 30° kan toenemen. Vooral bij het rund is de heiling aanzienlijk en het is niet onmogelijk, dat dit toegeschreven moet worden aan de krachtige ontwikkeling der zeer korte *m. rotatores*. Bij de meeste honden helt in deze strek het onderste gedeelte van de doornuitsteeksel, waaraan de *m. multifidus* ontspringt, veel sterker dan het bovenste, waaraan de *m. spinalis dorsi* is bevestigd. Daardoor wordt aan de eischen van beide spieren tegemoet gekomen en is een voor deze dieren zeer karakteristieke knik in het doornuitsteeksel aanwezig.

Zijn de verhoudingen in het voorste gedeelte van de wervelkolom voor alle huisdieren dus ongeveer de zelfde, in het achterste gedeelte treden de reeds in fig. 1 aangegeven verschillen op. Zij worden veroorzaakt door verschillen in de aanhechting der spieren, en daar de statische eischen die aan de wervelkolom gesteld worden bij alle huisdieren vrijwel de zelfde zijn, zullen de verschillen in bouw der musculatuur uiteindelijk op verschillen in de wijze van voortbeweging van het dier moeten berusten. Zoo blijkt het probleem van de antiktatie dus geen statischen, doch in de eerste plaats een locomotorischen achtergrond te bezitten.

De verschillen hebben vooral betrekking op de wijze van galopperen. Hond, kat en varken toonen een zgn. sprongengalop, die vooral gekenmerkt is door een zeer sterk en bij ieder galopperend dier duidelijk zichtbaar krommen en strekken van den rug (fig. 8). De wervelkolom is dan ook in haar geheel vrij goed buigbaar, terwijl proef-

nemingen hebben aangevoerd, dat deze buigbaarheid voornamelijk geïncaliseerd is in de streek van den z.g.n. diaphragmatischen wervel. Dat is de wervel, waaraan de verandering in stand van de gewrichtsuitsteeksels (proc. articulares) optreedt. Voor in den thorax staan deze ongeveer horizontaal, achter in den thorax en in de lendenen ongeveer verticaal. Bij de kat verandert aan den 10en borstwervel zoowel de stand van de gewrichtsvlakken als die van de doornuitsteeksels, bij hond en varken is de 10e borstwervel de diaphragmatische, de 11e de antiklinale wervel. Bovendien bezitten deze wervels de laagste doornuitsteeksels, wat eveneens de beweeglijkheid van deze streek sterk verhoogt. Bij den galop worden dan ook in groote trekken het voorste en achterste gedeelte van de wervelkolom ten opzichte van elkaar bewogen om een nabij den diaphragmatischen en antiklinalen wervel gelegen punt.

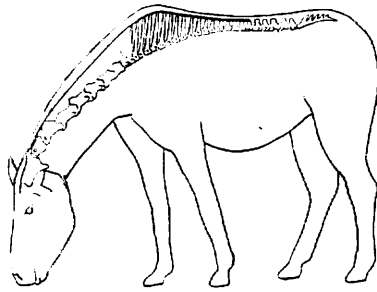
Uit den aard der zaak zal de musculatuur van den rug aan deze wijze van beweging aangepast zijn. De belangrijkste strekspieren zijn de *m. longissimus dorsi* en de *m. spinalis et semispinalis dorsi*. De eerste ontspringt, zooals ook fig. 10 toont, voornamelijk aan de ribben en de dwarsuitsteeksels van de borst- en lendenwervels. De bundels van de achterste borst- en lendenwervels insereeren voornamelijk aan het ilium (*m. ilio-lumbalis*), die van de voorste borstwervels en ribben vormen evenwel een systeem van lange pezen, die gedeeltelijk aan de mammillairuitsteeksels, doch hoofdzakelijk aan de toppen van de doornuitsteeksels van alle achter den antiklinalen wervel gelegen romp-wervels insereeren. De bundels van den *m. spinalis et semispinalis dorsi* ontspringen aan de doornuitsteeksels van de voor- en insereeren aan de doornuitsteeksels (*spinalis* en *mammillairuitsteeksels* (*semispinalis*)) van de achter den antiklinalen wervel gelegen wervels. Zoodoende toonen deze spieren een bij uitstek gunstigen bouw om het voorste en achterste gedeelte van de wervelkolom op de voor den sprongengalop vereischte wijze ten opzichte van elkaar te bewegen. Het feit, dat aan den antiklinalen wervel en aan de direct daaraan grenzende wervels geen of slechts zeer zwakke bundels van deze lange spieren zijn aangehecht, verklaart tevens waarom hier geen lange nekboomarmen noodig zijn en de desbetreffende doornuitsteeksels dus een geringe lengte bezitten.

Daar de *m. longissimus dorsi* verreweg de belangrijkste van de hier beschreven spieren is, was het reeds a priori te verwachten, dat de doornuitsteeksels van de postdiaphragmatische wervels ongeveer loodrecht op de richting van de er aan insereerende pezen van deze spier zouden staan (zie ook fig. 11). Dit verklaart dus waarom bij hond, kat en varken deze doornuitsteeksels naar voren hellen.

De z.g.n. paardengalop van paard, rund, geit en schaaap verschilt van den bovenbeschreven sprongengalop vooral daardoor, dat de rug hierbij een zeer geringe beweeglijkheid toont, wat ons b.v. in staat stelt om rustig op een galopperend paard te blijven zitten. In tegenstelling met den hond, ziet men in de ruglijn van een galopperend paard vrijwel geen verschil in vorm tusschen de fase van de maximale buiging en die der maximale strekking (fig. 8). De bewegingen die plaats vinden zijn geheel geïncaliseerd in het gewricht tusschen den laatsten lenden- en den eersten sacralen wervel, waarmede de achterhand onder het lichaam gebracht kan worden. Bij buigingsproeven blijkt de wervelkolom van den romp dan ook uitermate star te zijn. Slechts in de streek, die zich vlak voor den diaphragmatischen wervel bevindt, is een zekere mate van buiging mogelijk. Deze buiging speelt vooral een groote rol bij het grazen. Immers, evenals bij alle andere Zoogdieren kan de wervelkolom van den hals ook bij onze huisdieren niet verder naar ventraal worden gebogen dan tot een stand, waarin de wervels in een rechte lijn liggen. Een grazend paard plaatst dan ook, zooals fig. 9 toont, een voorbeen naar voren, laat met behulp van den *m. serratus ventralis* en de pectoraalspieren zijn romp zoover mogelijk tusschen de schouders zakken, buigt zijn wervelkolom in de streek van den 10en tot 13en borstwervel en kan dan door buigen van het achterhoofdsgewricht juist den grond bereiken. De beperking van de beweeglijkheid berust in den romp in hoofdzaak op de hooge, dicht bijeen geplaatste doornuitsteeksels van de thoracale wervels en hun ligamenten, alsmede op den vorm van de gewrichtsvlakken van de lendenwervels, die elkaar vooral bij de Herkauwers op zoodanige wijze omvatten, dat bewegingen in deze streek uitgesloten zijn.

Waar dus de beweeglijkheid van de wervelkolom bij deze dieren praktisch geheel beperkt is tot het lumbosacrale gewricht, valt het niet te verwonderen, dat ook de musculatuur de neiging toont om zich aan deze veranderde omstandigheden aan te passen. De meest markante van deze veranderingen is wel de neiging van den *m. longissimus dorsi* om zijn insertie aan de toppen van de doornuitsteeksels der vrijwe

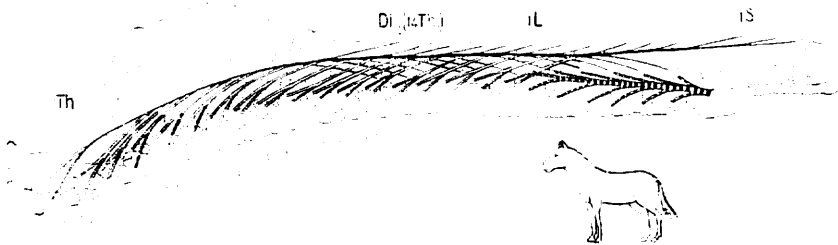
Fig. 9.



Schematische tekening van een grazend paard om den stand van de wervelkolom te toonen.

onbeweeglijke lendenwervels op te geven en deze geheel tot de sacrale wervels te beperken. Bij het paard komt deze neiging nog niet zeer sterk tot uiting. Weliswaar is het aan de sacrale wervels insereerende deel van de spier naar verhouding veel krachtiger ontwikkeld dan bij den hond, maar een belangrijk deel van de vezelen hecht zich toch nog aan de doornuitsteeksels van de lendenwervels (fig. 10). Deze hellen dus naar voren (fig. 11), zij het dan ook, dat de anteklinie van het paard veel minder sterk is dan die van het varken en de Roofdieren.

Fig. 10.



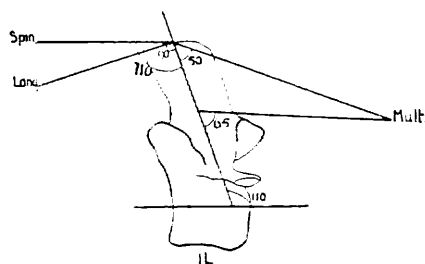
Schematische tekening van den bouw van den *m. longissimus dorsi* bij het paard. Wit: oorsprong; zwart: insertie; geblokt: *m. ilio-lumbalis*, d.i. het aan de lendenwervels ontspringende en aan het ilium insereerende deel van de spier. Di = diapragmatische wervel.

Bij geit en schaap zijn, evenals bij de herten en gèzeilen, nog slechts enkele zwakke peesvezelen aan de toppen van de lendenwervels bevestigd; hun doornuitsteeksels staan rechtop. Bij het rund evenwel is, zooals fig. 12 toont, de insertie volkomen tot de sacrale wervels beperkt, waardoor de *m. multifidus* met zijn bij uitstek statische taak hier voorafixatie en zijn caudo-ventraal vezelverloop tot de belangrijkste aan de doornuitsteeksels bevestigde spier wordt. Dientengevolge toonen deze uitsteeksels een

stand ongeveer loodrecht op de richting van den *m. multifidus*, d.w.z. een helling in achterwaartsche richting. In verband met de groote hoogte van de voorste thoracale wervels en de geringe kromming van den rug, is deze stand tevens gunstig voor de aanhechting van den *m. spinalis dorsalis*.

De doornuitsteeksels van de sacrale wervels staan bij alle Zoogdieren ongeveer rechtop of zij helien naar achteren. Hoewel dit verschijnsel nog niet in detail onderzocht

Fig. 11.

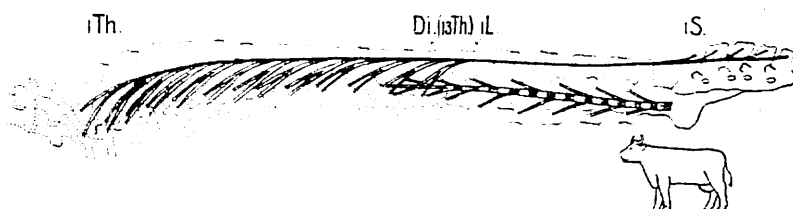


Schema van het verloop en de aanhechting van de voornaamste spieren en banden bij den ten lendenwervel van een paard.

is, moet het waarschijnlijk toegeschreven worden aan het feit, dat hier verschillende spieren van het achterbeen (b.v. de *m. biceps femoris* en deelen van de *glutaei*) ontspringen, die door hun caudo-ventraal verloop voor de achterwaartsche helling der uitsteeksels verantwoordelijk zijn.

De in het bovenstaande geschetste verklaring voor de verschillen in lengte en richting van de doornuitsteeksels werd niet alleen getoetst aan de verhoudingen bij onze huisdieren. In totaal stond een materiaal van 90 skeletten ter beschikking, terwijl bij 80 verschillende soorten van Zoogdieren de anatomie van de rugspieren werd onderzocht. De bruikbaarheid van de hierboven uiteengezette zienswijze werd door dit materiaal volkomen bevestigd. Voor hun technische adviezen is de schrijver den Heeren W. N. VAN DEN HOUT en Ir. G. F. JANSONIUS grooten dank verschuldigd.

Fig. 12.



Schematische teekening van den bouw van den *m. longissimus dorsi* bij het rund. Zie verder fig. 10.

Daar het zeer moeilijk is, dit probleem langs experimenteelen weg tot een oplossing te brengen, moet het tot de wel zeer gelukkige toevalligheden gerekend worden, dat de natuur in dezen zelve voor een experiment zorgde. In 1939 ontving ons instituut n.l. een drie maanden oud geitje, dat zonder voorbeenen geboren was. Op eenjarigen leeftijd stierf het ten gevolge van een ongeval, doch gedurende zeven maanden was het dagelijks buiten op het grasveld en sprong daar rond op zijn achterbeenen juist als een Kangoeroe. Het skelet en de musculatuur van het dier toonden bij onderzoek vele merkwaardige aanpassingen aan deze tweebeenige stand en voortbeweging. Uit den

aard der zaak wordt bij een dergelijk dier van de rugspieren veel meer vereischt dan bij een gewonen viervoeter. De spieren zelf toonden een belangrijke verschillen met die van een even oude normale geit, maar de doornuitsteeksels van de voorste borstwervels waren aanmerkelijk langer dan normaal, waardoor de *m. spinalis dorsi* een aanzienlijk grooteren neefboomarm bezat. Daar nu de *m. spinalis* voor deze wervels van grooter beteekenis werd dan de *spenius* en de nekband, heidden de doornuitsteeksels niet naar achteren, maar stonden zij vrijwel rechtop, om zodoende den *spinalis* een aanhechting loodrecht op hun lengteas te verzekeren. Ook de doornuitsteeksels aan de lendenwervels toonden een meer aan de richting van den *spinalis* aangepasten stand. Een uitvoerige publicatie van dit onderzoek zal verschijnen in de Verhandelingen v. d. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, 1946.

SUMMARY.

The differences in length and direction of the neural spines of mammals and especially of our domestic mammals (fig. 1), can be explained if the vertebral column is considered as a part of the construction of the whole trunk-skeleton. This construction may be compared to an elastic bow (pelvis and vertebral column), bent in the dorsal direction by a string (sternum, abdominal muscles, linea alba; fig. 2). The head and neck may be considered as a loaded beam supported at one end only and receiving additional support from the cervical musculature and the ligamentum nuchae. The elastic resistance of the bow is chiefly caused by the tonus of the epaxial musculature. The elastic resistance is also responsible for the different movements and for the fixation of the vertebral column. The task of the neural spines is to act as levers, transmitting the force exercised by the ligaments and muscles to the vertebral bodies. Height and direction of the spines are determined by these forces and by the special demands made by the attachment of the muscles to the bone.

The most favourable direction of the neural spines is the direction perpendicular to that of the muscular force acting on them. For in this case a maximal effect is attained with a minimal length of the spines (fig. 3). The manner in which the tendons are attached to the periosteum and the osteones of the compacta of the vertebrae may be compared to a rope attached to a pile by means of a noose (fig. 6). A perpendicular attachment prevents slipping down of the rope. If two or more muscles are attached to a spine, the direction of the spine is almost perpendicular to the muscle with the greatest importance (fig. 3).

The first four thoracic spines are sloping slightly backward. This direction is chiefly determined by the demands of the *m. spenius*, *spinalis dorsi* and the ligamentum nuchae (fig. 7). The stronger slope of the next following thoracic vertebrae is determined by the *m. multifidus*.

The direction of the posterior thoracic and lumbar vertebrae chiefly depends on the manner of locomotion. In animals that move forward in a leaping-gallop (dog, cat, pig; fig. 8), the *longissimus* and *spinalis dorsi* chiefly originate at the vertebrae cranial of the diaphragmatic vertebra. They are inserted into the neural spines caudal of this vertebra, that is the centre of motion of the vertebral column. The direction of the posterior thoracic and lumbar spines is almost perpendicular to that of the most important muscle: the *m. longissimus dorsi*.

The Ungulates show a horse-gallop that is characterised by the fact that the mobility of the back practically is limited to the lumbo-sacral joint (fig. 3). Thus the insertion of the *longissimus* shows the tendency to shift from the lumbar into the sacral vertebrae. In the horse there is still a lumbar insertion (fig. 10) and consequently the lumbar spines are directed cranially (fig. 11). In the sheep and goat the lumbar insertion is of small importance that the spines stand upright, and in the cow the muscle is only inserted into the sacral spines (fig. 12). The *m. multifidus* is the most important muscle of the lumbar region and consequently the spines are directed caudally.

Researches on 80 different species of mammals and on a little goat born without forelegs have affirmed the exactness of the above-mentioned opinion.

A detailed publication of these investigations will appear at the Verhandelingen Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam, 1946.