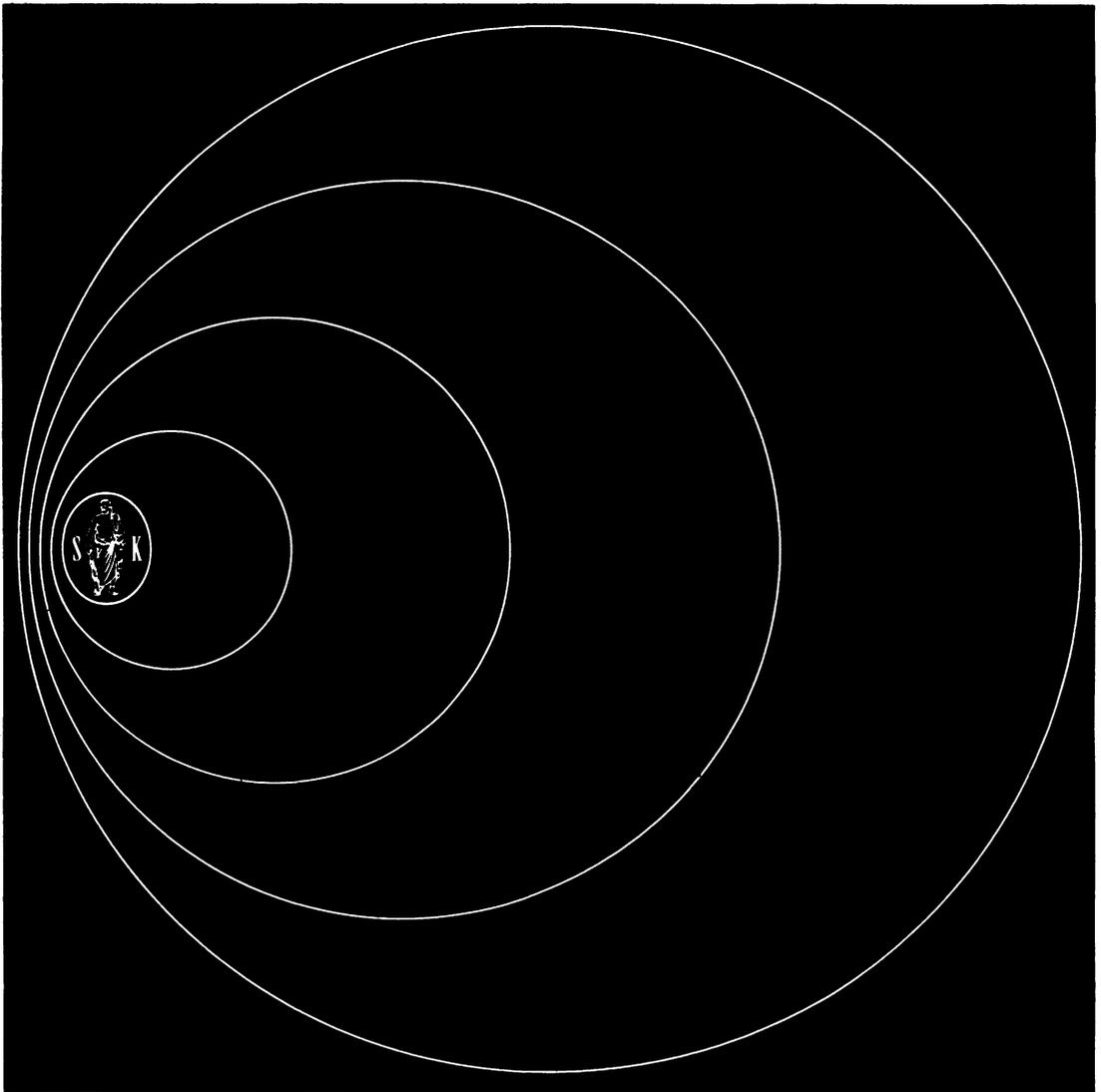


10. Okt. 1972

Acta Anatomica

International Archives of Anatomy, Histology, Embryology and Cytology
Archives Internationales d'Anatomie, d'Histologie, d'Embryologie et de Cytologie
Internationales Archiv für Anatomie, Histologie, Embryologie und Zellforschung

736-3



S. Karger · Basel · München · Paris · London · New York · Sydney

1110 HS

Index

- ABBOTT, CAROLE P.; BURGH DALY, M. DE and HOWE, A. (London): Early ultrastructural changes in the carotid body after degenerative section of the carotid sinus nerve in the cat 161
- ABDALLA, A.: vide AHMED, S. H.
- AHMED, S. H.; EL-RAKHAWY, M. T.; ABDALLA, A. and HARRISON, R. G. (Cairo/Liverpool): A new conception of coronary artery preponderance 87
- ALAMINOS, ISABEL L. S.: vide LARA GALINDO, S. DE
- AVELLA, G. M.: vide LARA GALINDO, S. DE
- BAGGETT, H.: vide DORAN, G. A.
- BARTEL, H. (Lódź): Electron microscopic observations of the inner cell mass of a mouse embryo 289
- BOHATIRCHUK, F. P.; CAMPBELL, J. S. and JELETZKY, T. F. (Ottawa): Bone lamellae 321
- BOZZO, L.: vide VIZIOLI, M. R.
- BROWN, C. M.; MOLONY, V.; KING, A. S. and COOK, R. D. (Liverpool): Fibre size and conduction velocity in the vagus of the domestic fowl (*Gallus domesticus*) 451
- BROWN, J. C. and HOWLETT, B. (Cardiff): The olivo-cochlear tract in the rat and its bearing on the homologies of some constituent cell groups of the mammalian superior olivary complex: A thiocholine study 505
- BURGH DALY, M. DE: vide ABBOTT, CAROLE P.
- CAMPBELL, J. S.: vide BOHATIRCHUK, F. P.
- CARRERES QUEVEDO, J.: vide PASQUIER RIVERO, D. A.
- CAVALLARI, A.: vide GALLETTI, G.
- CHATTERTON, R. T. jr.: vide JAKOBOVITS, A.
- CINTRA, A. I. D.: vide FERRAZ DE CARVALHO, C. A.
- COCA GARCIA, M. C.: vide PASQUIER RIVERO, D. A.
- CONTI, G.: vide MODIS, L.
- COOK, R. D.: vide BROWN, C. M.
- COOK, R. D.: vide McLELLAND, J.
- CREASEY, MARGARET: vide MOFFAT, D. B.
- CULLEN, R. L. and VIDIĆ, B. (Saint Louis, Mo.): The dimensions and shape of the human maxillary sinus in the perinatal period 411
- DEBELJUK, LUCIANO: vide LAWZEWITSCH, IRENE VON
- DOORENMAALEN, W. J. VAN: vide VAJDA, J.
- DORAN, G. A. and BAGGETT, H. (Nedlands): The genioglossus muscle: a reassessment of its anatomy in some mammals, including man 403
- DOWD, D. A. (Palmerston North): The conducting system of the heart of a marsupial, *Trichosurus vulpecula* 204
- EL-RAKHAWY, M. T.: vide AHMED, S. H.
- FAINTUCH, C. A.: vide FERRAZ DE CARVALHO, C. A.

- FERGUSON, R. J.; HAYES, E. R. and WEBBER, R. H. (Buffalo, N. Y.): The nature of the reticulum cell of the bone marrow of the rat: An electron microscopic study of the effects of methotrexate 556
- FERRAZ DE CARVALHO, C. A.; FAINTUCH, J. J. and CINTRA, A. I. D. (São Paulo): Morphofunctional study on the veins of the tela submucosa of the ileoceccocolic junction 248
- FIRBAS, W. und SINZINGER, H. (Wien): Über den Anfangsteil der Arteria cerebri anterior 81
- GALLETI, G. and CAVALLARI, A. (Bologna): The thymus of marmots: spontaneous, natural seasonal thymectomy? (With colour plate I) 593
- GOMES, N. F.: vide MARBACK, R.
- GÓMEZ BOSQUE, P.: vide PASQUIER RIVERO, D. A.
- HADŽISELIMOVIĆ, H. and TOMIĆ, V. (Sarajevo): On the asymmetry of the hard human plate 42
- HARRISON, R. G.: vide AHMED, S. H.
- HAYES, E. R.: vide FERGUSON, R. J.
- HEINE, H. (Frankfurt a. M.): Zur Darstellung des Perikardansatzes am Wirbeltierherzen 30
- HEINE, H. (Frankfurt a. M.): Zur Stammes- und Entwicklungsgeschichte des Mesopneumoniums und der Mesenterialrezesse bei den Säugetieren 527
- HERRING, SUSAN W. (Chicago, Ill.): Sutures – a tool in functional cranial analysis 222
- HOWE, A.: vide ABBOTT, CAROLE P.
- HOWLETT, B.: vide BROWN, J. C.
- IFFY, L.: vide JAKOBOVITS, A.
- JAKOBOVITS, A.; IFFY, L.; WINGATE, M. B.; SLATE, WM. G.; CHATTERTON, R. T. jr. and KERNER, P. (Szeged/Chicago, Ill./Philadelphia, Pa./Budapest): The rate of early fetal growth in the human subject 50
- JAYARAJ, A. P. (London): Hair growth in oral cavity 367
- JELETZKY, T. F.: vide BOHATIRCHUK, F. P.
- KAPOOR, A. S.: vide OJHA, P. P.
- KERNER, P.: vide JAKOBOVITS, A.
- KEYSER, A. (Nijmegen): The development of the diencephalon of the Chinese Hamster: An investigation of the validity of the criteria of subdivision of the brain. Supplementum 59 (1 = ad Vol. 83)
- KHANNA, S. S.: vide SANWAL, R. .
- KING, A. S.: vide BROWN, C. M.
- KING, A. S.: vide McLELLAND, J.
- KNESE, K.-H. (Hohenheim): Osteoklasen, Chondroklasten, Mineraloklasten, Kollagenoklasten 275
- LARA GALINDO, S. DE; SEGURA, M. A.; AVELLA, G. M.; ALAMINOS, ISABEL L. S. and ROSAS, LAURA J. S. (Mexico): Semimacrosopic studies of the chorda tympani 372
- LAWZEWITSCH, IRENE VON; DEBELJUK, LUCIANO and PUIG, RAÚL (Buenos Aires): The acute and prolonged effects of crude hypothalamic extract on the anterior pituitary glands cells: An electron microscopic study. I. Somatotrophs and mammatrophs 575
- LÉRÁNT, Cs.: vide UNCVÁRY, Gy.

MARBACK, R.; MIRAGLIA, T. and GOMES, N. F. (Bahia): Data on the structure and distribution of polysaccharides in the lacrimal glands of the common marmoset (<i>Callithrix jacchus</i>)	106
MARSH, R. CH. (Los Angeles, Calif.): Comparative cytoarchitecture of the spinal cord grey matter in the pig and cat: does Rexed's schema apply to the pig?	435
MATTHAES, P. und NIEMANN, T. (Hamburg): Über «Membran-umhüllte» Körperchen in der menschlichen Schilddrüse	186
MCLELLAND, J.; COOK, R. D. and KING, A. S. (Liverpool): Nerves in the exchange area of the avian lung	7
MELSEN, B. (Aarhus): Time and mode of closure of the spheno-occipital synchondrosis determined on human autopsy material	112
MIRAGLIA, T.: vide MARBACK, R.	
MODIS, L.; SPRECA, A.; SÜVEGES-MODIS, J. et CONTI, G. (Fribourg): Recherches histochimiques et biochimiques sur des rats en hyper- et hypovitaminose A	481
MOFFAT, D. B. and CREASEY, MARGARET (Cardiff): The distribution of ingested silver in the kidney of the rat and of the rabbit	346
MOLONY, V.: vide BROWN, C. M.	
MUKHERJEE, B.: vide SINGH, R.	
NEGM, I. M. (Edinburgh): Volumetric growth of the prenatal rat pituitary .	95
NGUYEN-H-ANH, J. (Paris): Observations sur l'ultrastructure de l'épithélium pigmentaire de la rétine	606
NIEMANN, T.: vide MATTHAES, P.	
OBOUSSIER, HENRIETTE (Hamburg): Evolution of the mammalian brain. Some evidence on the phylogeny of the antelope species	70
OJHA, P. P. and KAPOOR, A. S. (Jaipur): Histochemistry of the olfactory epithelium of the fish, <i>Channa punctatus</i> Bloch	540
ORDA, R. (Tel-Hashomer): The vascular layer of the inferior epigastric vessels	382
PASQUIER RIVERO, D. A.; COCA GARCIA, M. C.; CARRERES QUEVEDO, J. and GÓMEZ BOSQUE, P. (Valladolid): Experimental hyperphenilalanemia and the thyroid gland	119
PASQUIER RIVERO, D. A.; COCA GARCIA, M. C.; CARRERES QUEVEDO, J. and GÓMEZ BOSQUE, P. (Valladolid): An ultrastructural study of the liver of hyperphenylalaninemic rats	440
POISEL, S. und SIRANG, H. (Innsbruck): Die Verästelungen der Vena renalis im Hinblick auf den venösen Blutabfluss aus dem Parenchym der Niere	149
POMAROLI, A.: vide PUTZ, R.	
PUIG, RAÚL: vide LAWZEWITSCH, IRENE VON	
PUTZ, R. und POMAROLI, A. (Innsbruck): Form und Funktion der Articulatio atlanto-axialis lateralis	333
RAKHAWY, M. T. (Cairo): Phosphatases in the nervous tissues. The nature of the ganglionic nerve cells in the tongue	356
RAO, G. S.; SAIGAL, R. P. and SAHU, S. (Pantnagar): The phrenic nerve and the localisation of phrenic nucleus in the spinal cord of the buffalo (<i>Bubalus bubalis</i>)	468
REDLER, I.: vide ZIMNY, M. L.	

- ROSAS, LAURA, J.S.: vide LARA GALINDO, S. DE
- SAHU, S.: vide RAO, G. S.
- SAIGAL, R.P.: vide RAO, G. S.
- SANWAL, R. and KHANNA, S. S. (Naini Tal): Seasonal changes in the testes of a freshwater fish *Channa gachua* 139
- SEGURA, M. A.: vide LARA GALINDO, S. DE
- SHEHATA, R. (Cairo): Pacinian corpuscles in pelvic urogenital organs and outside abdominal lymph glands of the cat 127
- SHEHATA, R. (Cairo): Female prostate in the house rat *Rattus rattus* 426
- SIEGEL, M. I. (Pittsburgh, Pa.): The relationship between facial protrusion and root length in the dentition of baboons 17
- SINGH, R. and MUKHERJEE, B. (Jaipur): Some observations on the lipofuscin of the avian brain with a review of some rarely considered findings concerning the metabolic and physiologic significance of the neuronal lipofuscin 302
- SINGH, S.: vide SINGH, S. P.
- SINGH, S. P. and SINGH, S. (Varanasi): A study of anterior femoral curvature in Indian subjects 416
- SINZINGER, H.: vide FIRBAS, W.
- SIRANG, H.: vide POISEL, S.
- SIT, K. H.: vide WONG, W. C.
- SLATE, WM. G.: vide JAKOBOVITS, A.
- SPRECA, A.: vide MODIS, L.
- SREBRO, Z. (Kraków): Ultrastructural localization of peroxidase activity in Gomori-positive glia 388
- SÜVEGES-MODIS, J.: vide MODIS, L.
- TOMCSIK, M.: vide VAJDA, J.
- TOMIĆ, V.: vide HADŽISELIMOVIĆ, H.
- UNGVÁRY, GY. and LÉRÁNT, Cs. (Budapest): Innervation of the hepatic vein sphincters 619
- VAJDA, J.; TOMCSIK, M. and DOORENMAALEN, W. J. VAN (Budapest/Útrecht): Connections between the venous system of the heart and the epicardiac lymphatic network 262
- VALDRIGHI, L.: vide VIZIOLI, M. R.
- VIDIĆ, B.: vide CULLEN, R. L.
- VIZIOLI, M. R.; Bozzo, L. and VALDRIGHI, L. (São Paulo): Alkaline phosphatase activity and the development of rat sponge-induced granulation tissue 60
- WEBBER, R. H.: vide FERGUSON, R. J.
- WINGATE, M. B.: vide JAKOBOVITS, A.
- WONG, W. C. and SIT, K. H. (Singapore): Cholinesterase localization in the developing foregut of the toad (*Bufo melanostictus*) 1
- WONG, W. C. (Singapore): Lymphoid aggregations in the oesophagus of the toad (*Bufo melanostictus*) 461
- ZIMNY, M. L. and REDLER, I. (New Orleans, La.): Scanning electron microscopy of chondrocytes 398
- New Books . Livres nouveaux . Buchbesprechungen 478
- Varia 480

Anatomisches Institut der Universität Innsbruck, Österreich
Vorstand: Univ. Prof. Dr. W. PLATZER

Form und Funktion der *Articulatio atlanto-axialis lateralis*

REINHARD PUTZ und AXEL POMAROLI

Einleitung und Literatur

Angeregt durch verschiedene Unklarheiten in der Beschreibung des lateralen Atlanto-Axialgelenkes in den Lehrbüchern der Anatomie, versuchten wir von neuem, eine Darstellung der Atlanto-Axialgelenke unter besonderer Berücksichtigung der Funktion zu geben.

Im Handbuch der Anatomie beschäftigt sich FICK [1911] eingehend mit der Schraubennatur der Facetten, die sowohl die atlantale als auch die axiale Gelenkfläche bilden. Die hintere Facette der linken axialen Gelenkfläche und die vordere der rechten gehören einer linksgewundenen Schraube an, die linke vordere Facette und die rechte hintere sind einer rechtsgewundenen Schraube zugehörig. Die entsprechenden Facetten des Atlas stellen spiegelbildliche Schraubenelemente dar. Die beiden Anteile jeder Gelenkfläche werden durch eine transversale Leiste getrennt.

PATURET [1951] geht etwas genauer auf das Aussehen der beteiligten Gelenkflächen ein und spricht von einer ovalen Gelenkfläche mit zwei schiefen Facetten. Sie seien von vorne nach hinten leicht konvex oder plan, quer dazu konkav in der äusseren und konvex in der inneren Hälfte. Die atlantale Fläche wird ebenso als oval mit einem Fortsatz nach aussen hinten beschrieben, im transversalen Durchmesser sei sie leicht konkav, im sagittalen annähernd eben. PATURET stellt auch fest, dass im frischen Zustand eine dicke Knorpelauflage vorhanden ist, die die Flächen eher konvex erscheinen lässt.

PERNKOPF [1952] drückt dasselbe aus, indem er schreibt, die Axisflächen erscheinen dachartig gestaltet, durch einen First in eine vordere nach vorne abfallende und eine hintere, nach hinten abfallende Facette unterteilt. Die entsprechenden Gelenkflächen des Atlas seien nicht konkav, sondern durch den Knorpelüberzug konvex, ebenfalls dachartig gestaltet, jedoch einem umgestürzten Dach entsprechend eingestellt.

Im Lehrbuch BRAUS-ELZE [1954] findet sich die atlantale Fläche einfach als konvex, die axiale als flache Rolle beschrieben.

SIEGLBAUER [1958] beschreibt die entsprechenden Gelenkflächen von Axis und Atlas als jeweils dachartig gestaltet mit frontal gestelltem First.

WALDEYER [1965] bezeichnet die obere Gelenkfläche als rund und nahezu plan, die untere als rundlich, ebenso plan, nach aussen und abwärts geneigt.

TÖNDURY schreibt im Lehrbuch RAUBER-KOPSCH [1968]: «Die *Facies articulares inferiores* (des Atlas) sind nahezu kreisförmig, flach oder wenig vertieft, dabei nach

unten medial und etwas dorsal gerichtet ... die *Facies articularis superior* (des *Axis*) ist gross, nahezu flach und dorsolateral geneigt» Er schreibt als einziger von meniskoiden Einlagerungen, die die Spalträume des Gelenkes ausfüllen.

Material und Methode

Als Material standen uns zur Verfügung 22 Gelenkspräparate der zwei obersten Halswirbel, 44 mazerierte Atlas- sowie 62 mazerierte Axispräparate. Die Präparate entstammen 51–80 Jahre alten Leichen, deren Durchschnittsalter 67,11 Jahre betrug. An den Gelenkspräparaten wurden teils die Gelenksflächen einfach freigelegt, teils wurde der Gelenksinnenraum durch Injektion dargestellt. (Zur Injektion verwendeten wir Plastoid der Firma Röhm & Haas, wie es sonst vor allem zur Gefässinjektion gebraucht wird.) Die Gelenksflächen wurden mit einem Sphärometer auf ihre Krümmung hin untersucht. Da das von uns verwendete Sphärometer einen Mindestmessabstand von 9 mm erfordert, wählten wir zur Darstellung der Krümmungsverhältnisse von vorne nach hinten den jeweils am weitesten medial bzw. lateral einschreibbaren Querdurchmesser, zur Angabe der Krümmung von medial nach lateral den mittleren Abschnitt des Längsdurchmessers (siehe auch Abb. 2). Die Messungen wurden zur möglichsten Einengung von Fehlern alle von ein und derselben Person durchgeführt. Die Angabe der Messwerte erfolgt in Dioptrien. Des weiteren fertigten wir Serienschnitte an, sowohl in der Frontal- als auch in der Sagittalebene des Gelenkes.

Ergebnisse

Bei der Untersuchung unserer Präparate fiel auf, dass ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Aussehen mazerierter und nicht mazerierter Gelenksflächen besteht. Entsprechen die einen auf den ersten Anblick hin ungefähr den geschilderten Verhältnissen, so zeigen die anderen eine davon abweichende Form. Einige Autoren [TÖNDURY, PATURET] weisen zwar auf die Dicke der Knorpelaufgabe hin, begnügen sich dann aber mit der Beschreibung der knöchernen Gelenksflächen.

Beginnen wir mit der Beschreibung der mazerierten Präparate: Die beteiligten Gelenksflächen des *Axis* fallen nach aussen unten ab und zeigen einen Quer- und einen Längsdurchmesser, die in einem Winkel von 20–30° zu Frontal- und Sagittalebene stehen (Abb. 1, 2). Im Querdurchmesser weist die Gelenksfläche eine nach oben konvexe Krümmung auf, deren Radius von medial nach lateral zunimmt. Der Längsdurchmesser ist zum Teil gar nicht gekrümmt (2 Präparate rechts, 5 links), in der weitaus überwiegenden Zahl von Fällen ist er konkav (43 Präparate links, 45 rechts), die Krümmungswerte liegen zwischen –1 und –15 Dioptrien links und rechts. Weniger häufig fand sich eine Konvexität (13 Präparate links, 14 rechts), deren

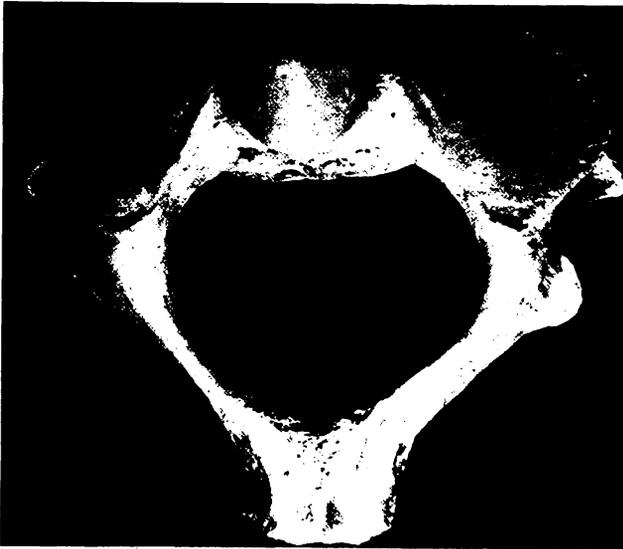


Abb. 1. Axis von oben.

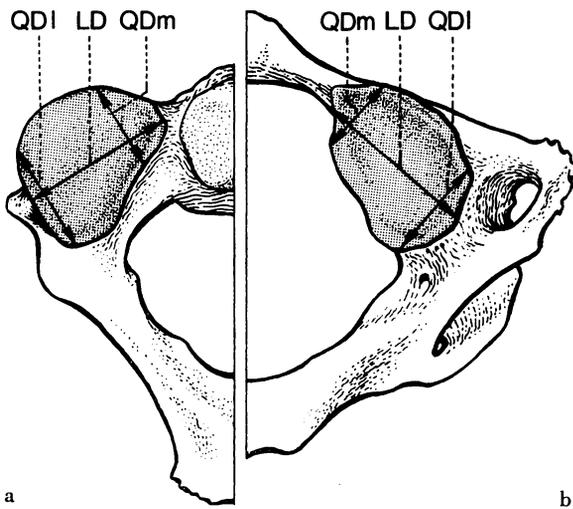


Abb. 2. Skizze mit eingetragenen Messebenen. a = linke Hälfte Axis, Ansicht von oben; b = linke Hälfte Atlas, Ansicht von unten; QDm = Querdurchmesser medial; QDI = Querdurchmesser lateral; LD = Längsdurchmesser.

Krümmung zwischen +8 und 0 Dioptrien links, +9 und 0 Dioptrien rechts schwankt. In keinem Fall wurde ein ausgesprochener First gefunden [PERNKOPF], im Gegenteil, zumeist bietet sich uns das Bild einer sattelförmigen Fläche.

Die Krümmungswerte einer idealisierten, mazerierten Gelenkfläche würden lauten:

Querdurchmesser medial: +14,55 Dioptrien
 lateral: + 2,61 Dioptrien
 Längsdurchmesser: – 3,87 Dioptrien

Der vor dem Längsdurchmesser gelegene Teil hat das Aussehen eines Halbkreises, der dahinter gelegene erscheint als Dreieck. Der laterale Teil des Halbkreises und die laterale Kathete des Dreieckes liegen in der Transversalebene (Abb. 3). Vom Dens axis aus gemessen entspricht dieser horizontale Abschnitt des Umfangs der Gelenkfläche ungefähr 10° (bei 115 von 120 untersuchten Gelenkflächen).

Die entsprechenden Gelenkflächen des Atlas bieten grob gesehen das Bild einer flachen Rinne, die in einem vorn offenen Winkel von $20\text{--}30^\circ$ gegen die Sagittalebene gerichtet ist (Abb. 4). Ähnlich wie bei der anliegenden Gelenkfläche des Axis lässt sich auch hier ein Längs- und ein Querdurchmesser einschreiben. Die Lage des Querdurchmes-

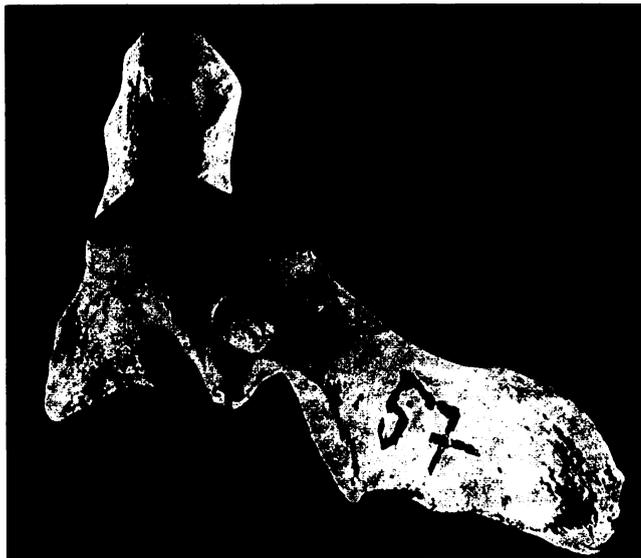


Abb. 3. Axis von der Seite.

sers entspricht ungefähr der Richtung der Rinne. Die Messungen der Krümmungen ergaben: Längsdurchmesser, links 38 Präparate konkav zwischen -1 und -11 Dioptrien, denen 4 Präparate mit 0 bis $+2$ Dioptrien gegenüberstehen; rechts 35 Präparate -1 bis -12 Dioptrien und 1 Präparat mit $+2$ Dioptrien. Der Querdurchmesser zeigt medial Krümmungswerte von links $+5$ bis -12 Dioptrien, rechts $+9$ bis -11 Dioptrien (44 Präparate). Lateral links $+4$ bis -9 Dioptrien, rechts $+4$ bis -12 Dioptrien (44 Präparate). Die Gelenkfläche fällt nach aussen und unten ab. Der höchste und der tiefste Punkt liegen auf einer gegen die Sagittale ca. 75° geneigten Ebene.

Eine untere Gelenkfläche des Atlas hätte die «Idealkrümmung» von: Querdurchmesser medial $-4,56$ Dioptrien, Querdurchmesser lateral $-3,47$ Dioptrien, Längsdurchmesser $-5,25$ Dioptrien.

An nicht mazerierten Präparaten konnten folgende Ergebnisse gefunden werden:

Die überknorpelte Gelenkfläche des Axis, die in ihrer Umgrenzung der nicht mazerierten entspricht, weist Krümmungen in zwei zueinander annähernd senkrechten Ebenen auf. Diese stehen $20-30^\circ$ nach aussen zu Frontal- und Sagittalebene verdreht. Sie verlaufen in der Richtung eines Längs- und eines Querdurchmessers, welche sich in die Fläche einschreiben lassen (siehe auch nicht mazerierte Präpa-

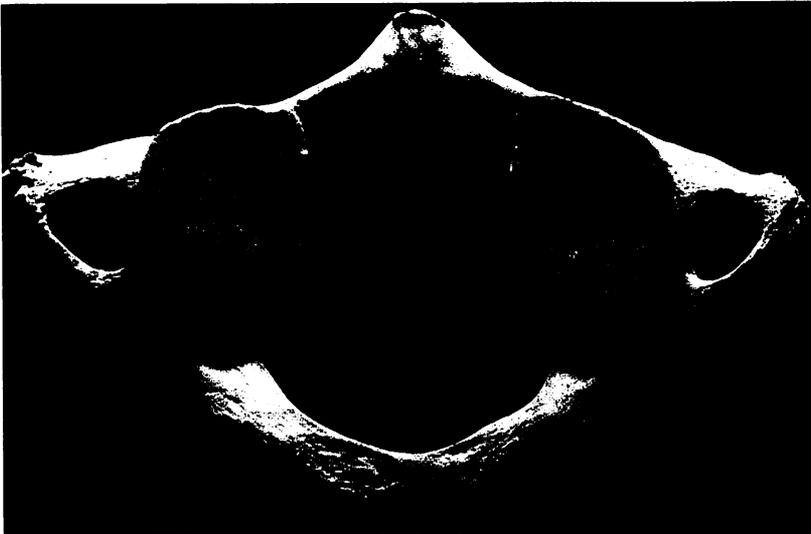


Abb. 4. Atlas von unten.

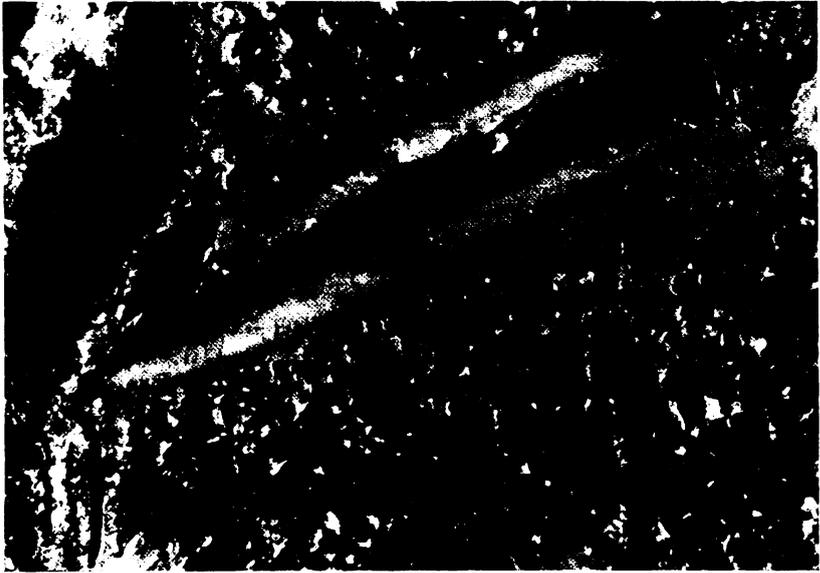


Abb. 5. Frontalschnitt durch die Mitte des lateralen Atlanto-Axialgelenkes. Man beachte den weiten Kapselsack.



Abb. 6. Frontalschnitt durch Atlas und Axis.

rate). In der Ebene des Querdurchmessers ist die Gelenkfläche immer konvex; medial ist sie stärker, zwischen +20 und +7 Dioptrien, lateral schwächer, zwischen +11 und +3 Dioptrien, aber immer regelmässig gekrümmt. Auch im Längsdurchmesser ist konstant eine konvexe Krümmung zwischen +6 und 0 Dioptrien (28 Präparate) (Abb. 5).

Wir konnten an Schnitten sehen, dass die Knorpelaufgabe in der Mitte der Gelenkfläche um einiges dicker ist als am Rande. Das geht auch aus den unterschiedlichen Krümmungsradien hervor (Abb. 6). Der höchste, medial gelegene Punkt und der tiefste, laterale, liegen auf einer Ebene, die gegen die Sagittalebene in einem Winkel von ca. 75° geneigt ist. Im gesamten entspricht also die überknorpelte axiale Gelenkfläche dem Mantelsegment eines Drehellipsoides.

Die atlantale Gelenkfläche zeigt eine flache Konkavität, die auf die Krümmung des Längsdurchmessers der axialen Fläche passt. Im Querdurchmesser ist sie lateral und medial etwas gekrümmt. Sie hat die Form eines flachen Sattels mit ovaler Umgrenzung. Die gemessenen Werte liegen für den medialen Querdurchmesser zwischen -1 und +10 Dioptrien, für den lateralen Querdurchmesser zwischen -2 und +6 Dioptrien, für den Längsdurchmesser zwischen 0 und -5 Dioptrien.

Bei der Untersuchung des eröffneten Gelenkes gelangt eine schon von TÖNDURY beschriebene meniskoide Falte zur Ansicht. Sie geht von der Gelenkscapsel aus, ist im Querschnitt keilförmig und ragt rundum in den Gelenkinnenraum vor. Vorne und hinten sowie lateral ist sie ziemlich stark ausgebildet, während sie an der medialen Zirkumferenz nur angedeutet ist.

Tabelle I

	Mazerierte Präparate			Nicht mazerierte Präparate		
	Querdurchmesser		Längsdurchmesser	Querdurchmesser		Längsdurchmesser
	medial	lateral		medial	lateral	
Atlas li	-4,89 d	-3,51 d	-4,69 d	+3,22 d	+2,66 d	-2,11 d
re	-4,24 d	-3,44 d	-5,82 d	+4,77 d	+3,33 d	-2,30 d
Axis li	+14,66 d	+2,75 d	-3,95 d	+12,64 d	+7,28 d	+2,70 d
re	+14,45 d	+2,47 d	-3,80 d	+11,92 d	+6,85 d	+3,00 d

Durchschnittswerte aller untersuchten Präparate; hinsichtlich der Bezeichnung der Messebenen siehe Abb. 2.

Diskussion

Beim Vergleich mazerierter und nicht mazerierter Gelenkflächen wird sichtbar, dass die mazerierten Präparate eine etwas grössere Schwankungsbreite der Krümmungsverhältnisse bieten. Wenn auch die Altersverteilung unseres Untersuchungsgutes zu berücksichtigen ist – vor allem ist auf pathologische Veränderungen hinzuweisen, die den Randwerten zugrunde liegen –, so muss dennoch als Grundlage für Überlegungen über die Funktion des lateralen Atlanto-Axialgelenkes das nicht mazerierte Präparat benützt werden wegen der unterschiedlichen Dicke der hyalinen Knorpelschichte. Es kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass die axiale Gelenkfläche rein artefiziell durch den Vorgang der Mazeration zentral einsinkt. Während die Krümmungen der Längsdurchmesser der beiden beteiligten Gelenkflächen annähernd übereinstimmen, ergibt sich beim Vergleich der Querdurchmesser eine Diskrepanz. Die axiale Fläche ist stärker gekrümmt als ihr Gegenstück. Damit kommt, durch die Verformbarkeit des hyalinen Gelenkknorpels, eine schmale, in der Richtung des Längsdurchmessers verlaufende Berührungsfläche zustande, von ca. 2 mm Breite. Davor und dahinter bleibt ein keilförmiger Spalt bestehen. Bei intaktem Gelenk ist dieser von einer synovialen meniskoiden



Abb. 7. Sagittalschnitt durch Atlas und Axis.

Falte erfüllt, welche zusammendrückbar und verschieblich ist. An Sagittalschnitten ist sie besonders deutlich zu sehen (Abb. 7).

Aus der Form der beschriebenen Gelenkkörper und durch die zwangsläufige Kombination des rechten und linken Atlanto-Axialgelenkes lassen sich nun drei Bewegungsmöglichkeiten ableiten. Diese können eingeteilt werden in: *Ante- und Retroversion* (die Achse der Bewegung liegt transversal), wird gemeinhin als Vor- und Rückwärtsbeugung bezeichnet, die *Verschiebewegung nach vorne und nach hinten* (durch Rotation des Atlas um den Dens axis, die Bewegungsachse geht dabei longitudinal durch den Dens) und die *Verschiebewegung in der Frontalebene* (die Achse liegt sagittal).

Bei der Besprechung der *Ante- und Retroversion*, also der Bewegung in der Sagittalebene, müssen wir uns das Gesamtverhalten der obersten Halswirbelsäule vor Augen führen. LEWIT [1963] und vorher schon GUTMANN [1960] wiesen darauf hin, dass sich der Atlas bei Beugung der obersten HWS und beim Nicken, d. h. der isolierten Bewegung im Atlantookzipitalgelenk, jeweils verschieden verhält. Beim Nicken wird, wie es auch zu erwarten ist, der Abstand zwischen Hinterhauptschuppe und Atlasbogen vergrößert, beim Anziehen des Kinnes an das Brustbein hingegen verkleinert sich paradoxerweise dieser Abstand. Das heisst also, es kommt zu einem Kippen des Atlas auf dem Axis nach vorne. Derselbe Vorgang kommt spiegelbildlich bei der Rückwärtsbeugung zustande. Das Ausmass der genannten Bewegung ist mit anatomischen Methoden nicht exakt festzulegen. FICK [1911] kam auf 9° , VIRCHOW (zit. nach FICK) auf $7,5^\circ$, LEWIT [1963] gibt als Wert der maximalen Beugung, nach vorne und nach hinten, auf Grund von Messungen an Röntgenbildern $16,15^\circ$ an. BROCHER [1955, zit. nach LEWIT] $14,15^\circ$, WERNE [1957, zit. nach LEWIT] $13,5^\circ$. Wenn die angegebene Bewegung auch nicht sehr gross ist, so kann man sie doch nicht als Wackelbewegung abtun [PERNKOPF]. Die Achse läuft dabei durch den innersten Punkt des Gelenkspaltes, das ist gleichzeitig auch der höchste. Der Gelenkspalt ist, wie oben erwähnt, ca. 75° gegen die Sagittalebene geneigt. Ein Kippen, d. i. ein Abrollen, kommt eigentlich nur im innersten Gelenkabschnitt zustande, im lateralen Teil des Gelenkes schleift die untere Gelenkfläche der Bewegungsrichtung entgegengesetzt auf dem Axis. Das geht auch hervor aus der Zunahme des Krümmungsradius der atlantalen Fläche nach lateral hin.

Bei der *Rotation* des Atlas verläuft die Achse dieser Bewegung durch den Krümmungsmittelpunkt der vorderen Gelenkfläche des

Dens, entspricht also ungefähr der Längsachse des Dens. In der Literatur wird das Bewegungsausmass sehr unterschiedlich angegeben. FICK spricht nur von einer «Kopfdrehung» von 30° , wobei nicht ganz klar herauskommt, ob er dabei ausschliesslich die Drehung im Atlanto-Axialgelenk meint. FISCHER [1961] schreibt sogar, es sei eine Drehung um 90° möglich. Die Zahlenangaben von FICK [1911] nennen auch PATURET [1951], PERNKOPF [1952], BRAUS-ELZE [1954], SIEGLBAUER [1958], während WALDEYER [1965] von $30-40^\circ$ spricht. Fast alle Autoren stellen fest, dass der Atlas bei der Rotation um 2–2,5 mm absinke. LEWIT [1967] stellte röntgenologische Untersuchungen an, in denen er die oberste HWS in schräg ante-posteriorer Richtung projizierte. Er fand durchschnittliche Drehmöglichkeiten von 49° .

Über den Rotationsausschlag liegen leider ausserdem keine uns bekannten röntgenologischen Untersuchungen vor, welche von uns als einzige unanfechtbare diesbezügliche Methode angesehen werden. Wir waren also auf die Messungen an fixierten Präparaten angewiesen, kommen aber nicht umhin, selbst auf deren Problematik hinzuweisen. (Durch den Einfluss der verschiedenen Fixationsmittel, Carbol, Alkohol, Formalin entstehen ohne Zweifel Retraktionen, bzw. Elastizitätsverluste in den starken Bindegewebsmassen zwischen Atlas und Axis, so dass die hier gewonnenen Zahlen als Minimalwerte betrachtet werden müssen.) Unsere Untersuchungen über die Rotationsausschläge ergaben: Der Atlas lässt sich auf dem Axis bei Erhaltung sämtlicher Bänder sowie der Gelenkscapsel nach rechts und links jeweils um ca. 26° drehen. Das entspricht ungefähr den üblicherweise angegebenen Zahlen. Was das Tiefersinken betrifft, fanden wir, dass bei einer Drehung um ca. 20° der Atlas nur um 0,5–1,0 mm absinkt, nach Zerstörung der Bänder und einer weiteren Drehung bis 35° erst um 2 mm! (An mazerierten Präparaten freilich – siehe auch die betreffende Abbildung von FICK im Handbuch der Anatomie – lässt sich ein weiteres Tiefersinken darstellen. Das als Beweis angeführte spürbare Kleinerwerden des Menschen beim Kopfwenden muss wohl auf die Summation ähnlicher Vorgänge der gesamten HWS zurückzuführen sein!) Ein Hinweis für die Haltlosigkeit dieser mehrfach zitierten Behauptung kann darin gesehen werden, dass der laterale Umfang der axialen Gelenkfläche in einem Winkel von ca. 20° vor und hinter dem einzuschreibenden Längsdurchmesser annähernd in der Horizontalebene liegt. Der laterale Anteil der Gelenkfläche des Atlas kann also erst bei grösserem Ausschlag nach unten

ausweichen. Besonders muss noch darauf hingewiesen werden, dass während der gesamten Drehbewegung ein wenn auch schmaler, flächenhafter Kontakt der beiden Gelenkskörper besteht, und dass die übrige Inkongruenz durch die meniskoiden Einlagerungen ausgeglichen wird.

In der Literatur wird weiter von einer Seitneigung gesprochen. Dieser Ausdruck trifft, bezogen auf das untere Kopfgelenk, nicht sehr gut die Charakterisierung dieser Bewegung. Es handelt sich dabei vielmehr um eine *Verschiebung in der Frontalebene*. Die oberen Gelenkflächen des Axis sind jeweils nach aussen geneigt (s. o.), und sie lassen sich in etwa einem gemeinsamen Krümmungsmittelpunkt zuordnen, durch den die Achse der genannten Bewegung zu denken ist. Er liegt zentral im Körper des vierten Halswirbels, die durch ihn geführte Achse in sagittaler Richtung. Die Seitenverschiebung ist nur in geringem Maß durchführbar, da sie immer durch den Dens axis behindert wird. LEWIT [1964] nennt den Wert von 2,4 mm, den er aus Röntgenuntersuchungen gewonnen hat. Er weist auch darauf hin, dass es bei der Seitneigung immer zu einer gleichzeitigen Rotation des Axis im Sinne der Neigung kommt. (Die Seitneigung bleibt jedoch praktisch nie auf das untere Kopfgelenk beschränkt.)

Abschliessend müssen wir also feststellen, dass die in der Literatur angegebene Darstellung der Bewegungsmöglichkeiten des lateralen Atlanto-Axialgelenkes nicht mit den von uns gefundenen Tatsachen übereinstimmt.

Bei der rein morphologischen Betrachtung der Gelenkflächen konnten wir zeigen, dass eine sehr grosse Variabilität besteht, dass in Dioptrien gemessen der Querdurchmesser und Längsdurchmesser der atlantalen und axialen Gelenkflächen bei den einzelnen Präparaten sehr stark variieren. Daraus müssen wir folgern, dass die Form allein, insbesondere die Form am mazerierten Präparat niemals Rückschlüsse auf den Bewegungsablauf in diesen Gelenken ermöglichen kann. Nur bei der Betrachtung der mit Knorpelauflagerung versehenen Gelenkflächen sowie bei Berücksichtigung der meniskoiden Einlagerungen können die einzelnen Bewegungsabläufe analysiert werden.

Insbesondere wird immer wieder auf eine firstartige Konstruktion hingewiesen [PERNKOPF, SIEGLBAUER], ohne dass dabei berücksichtigt wird, dass bei einer tatsächlichen Firstkonstruktion es zu einer nur punktförmigen Berührung bei der Seitdrehung des Kopfes kommen würde. Wie wir oben angeführt haben, besteht jedoch ge-

rade bei der Seiddrehung immer ein flächenhafter Kontakt. Des weiteren ist die Inkongruenz der gesamten Gelenkflächen zusätzlich durch meniskoide Falten ausgeglichen, so dass also gleichmässige Druckverteilung über beide Berührungsflächen daraus resultiert.

Zusammenfassung

Es wurde eine Untersuchung von 22 Gelenkspräparaten der zwei obersten Halswirbel, 44 mazerierten Atlas- sowie 62 mazerierten Axispräparaten durchgeführt. Die Krümmung der am lateralen Atlanto-Axialgelenk beteiligten Gelenkflächen wurde in zwei zueinander senkrechten Ebenen gemessen und in Dioptrien angegeben. Aufgrund der dabei erhaltenen Befunde erfolgte eine neue Zusammenstellung der Bewegungsmöglichkeiten der zwei obersten Halswirbel zueinander. Der Literatur konnte in verschiedenen Punkten nicht zugestimmt werden, vor allem das «Tiefersinken» des Atlas auf dem Axis bei der Rotation wurde aufgrund eigener Befunde eingeschränkt.

Summary

Twenty-two preparations of the two superior cervical vertebrae, forty-four macerated atlas preparations and sixty-two macerated axis preparations were examined. The curvature of the articular surfaces on the lateral atlanto-axial joint were examined in two planes at right-angles to each other and expressed in diopters. From the findings it is possible to deduce a new combination of the possible modes of movement in the two uppermost cervical vertebrae, whereby certain data in the literature were not confirmed. In particular, the theory of the depression of the atlas on the axis in rotation was rejected on the grounds of the authors' personal findings.

Literatur

- BRAUS, H. und ELZE, C.: Anatomie des Menschen; vol. 1, 3. Aufl. (Springer, Heidelberg 1954).
- BROCHER, J. E. W.: Die occipito-cervikale Gegend (Thieme, Stuttgart 1955).
- FICK, R.: Gelenke; in v. BRDAELEBENS Handb. d. Anat., vol. 3, p. 121 (Fischer, Jena 1911).
- FISCHER-WASELS, J.: Die Arteria vertebralis bei der Funktion der oberen Halswirbel; in Wirbelsäule in Forschung und Praxis, vol. 25 (Hippokrates, Stuttgart 1962).
- GUTMANN, G.: Die Wirbelblockierung und ihr röntgenologischer Nachweis; in Wirbelsäule in Forschung und Praxis, vol. 15 (Hippokrates, Stuttgart 1960).
- LEWIT, K. und KRAUSOVA, L.: Beitrag zur Flexion der Halswirbelsäule, Fortschr. Röntgenstr. 97: 38-44 (1962).
- LEWIT, K. und KRAUSOVA, L.: Messungen von Vor- und Rückbeuge in den Kopfgelenken. Fortschr. Röntgenstr. 99: 538-543 (1963). – Mechanismus und Bewegungsausmass der Seitneigung in den Kopfgelenken. Fortschr. Röntgenstr. 101: 194-201 (1964). – Mechanismus und Bewegungsausmass in den Kopfgelenken bei passiver Bewegung. Z. Orthop. 103: 323-333 (1967).

- PATURET, G.: *Traité d'anatomie humaine*; vol.1 (Masson, Paris 1951).
- PERNKOPF, E.: *Topographische Anatomie des Menschen*; vol.3 (Urban und Schwarzenberg, Wien 1952).
- SIEGLBAUER, F.: *Lehrbuch der normalen Anatomie des Menschen*; 9. Aufl. (Urban und Schwarzenberg, München/Berlin 1958).
- TÖNDURY, G.: in RAUBER-KOPSCH *Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen*; vol.1 (Thieme, Stuttgart 1968).
- WALDEYER, A.: *Anatomie des Menschen*; vol.1, 4. Aufl. (Walter de Gruyter, Berlin 1965).
- WERNE, S.: Über normale Atlasbewegungen und Atlasfehlstellungen. *Z. Orthop.* 93: 205–213 (1960).

Eingegangen 21. September 1971

Adresse der Autoren: Dr. REINHARD PUTZ, Dr. AXEL POMAROLI, Anatomisches Institut der Universität Innsbruck, Müllerstr. 59, A-6010 Innsbruck (Österreich)