

Die byniere van die Afrika-olifant (*Loxodonta africana*): enkele waarnemings.

1. Die kapsel, zona glomerulosa en zona fasciculata

F.G.W. Strassberger*

Departement Dermatologie, Fakulteit Geneeskunde, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Posbus 339, Bloemfontein, 9300

M.M. Nel

Afdeling Onderwysontwikkeling, Fakulteit Geneeskunde, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Posbus 339, Bloemfontein, 9300

P.P.C. Nel

Departement Anatomie en Selmorfologie, Fakulteit Geneeskunde, Universiteit van die Oranje-Vrystaat, Posbus 339, Bloemfontein, 9300

Ontvang 1 Oktober 1993; aanvaar 2 Junie 1994

UITTREKSEL

Die struktuur van die kapsel, die zona glomerulosa en die zona fasciculata van die Afrika-olifant (Loxodonta africana) word beskryf. Die klier word omring deur 'n bindweefselkapsel waarvandaan bindweefseltrabekulae in die klier instrek. Die rangskikking van die selle in die zona glomerulosa en die zona fasciculata is soos beskryf vir sommige ander soogdiere. In die zona glomerulosa is twee en in die zona fasciculata drie tipes selle waargeneem. Organelle in die selle van die twee sonas is soos beskryf vir steroïedsekreterende selle. Ongeïdentifiseerde strukture is in die zona fasciculata waargeneem.

ABSTRACT

The adrenals of the African elephant (Loxodonta africana): A few observations. 1. The capsule, zona glomerulosa and zona fasciculata

The structure of the capsule, zona glomerulosa and zona fasciculata of the African elephant (Loxodonta africana) is described. The gland is surrounded by a connective tissue capsule from which connective tissue trabeculae extend towards the medulla. The arrangement of the cells in the zona glomerulosa and the zona fasciculata are similar to that described for other mammals. Two types of cells are found in the zona glomerulosa and three types in the zona fasciculata. Organelles in these two zones are as described for other cells that secrete steroids. Unidentified structures were observed in the zona fasciculata.

INLEIDING

Die meeste van die endokriene kliere is waargeneem deur die vroeë anatome waaronder Galen (?130-200). Die eerste beskrywing van die byniere van die mens is in 1563 gedoen deur Bartholomeus Eustachius (1520-1574) wat die kliere "glandulae renibus incumbentes" genoem het. Lancisius (1655-1720) het in sy anatomie sketse van die werk van Eustachius die byniere "renes succentirati ab Eustachio primun detecti" genoem. Ander benaminge deur die jare het ingesluit "capsulae renales" (Wharton, 1614-1673), en "capsulae atrabiliariae" (kapsel gevul met swart vloeistof) (Caspar Bartholinus, 1585-1629). Die meer algemene naam, "suprarenal capsules", is die eerste keer in 1629 deur Jean Riolan (1580-1629) gebruik.¹

In 1805 het Cuvier verslag gelewer oor hoe die sentrale en perifere dele van die bynier verskil. Die terme medulla en korteks is egter bekend gestel deur Huschke in 1845, Henry Gray in 1852 en Kolliker in 1854.¹

Addison het in 1885 vir die eerste maal gerapporteer dat die byniere noodsaaklik is om lewe te onderhou.² Die onafhanklike oorsprong van die medulla is deur Balfour (1878) en Mitsukuri (1882) beskryf.³ In 1946 het Deane & Greep⁴ die teorie ontwikkel dat die drie sonas van die korteks morfologies verskil, met verskillende sekresies. Dit is die sonale teorie genoem om dit te onderskei van die selmigrasieteorie van Gottschau (1883).⁵ Balfour (1878) was die eerste anatoom om die embriologiese ontwikkeling van die korteks vanaf die mesoteel van die coeloom te beskryf.¹

* Outeur aan wie korrespondensie gerig kan word.

Deur die jare het verskillende outeurs die struktuur van die byniere van verskillende soogdiere beskryf. Daar is hoofsaaklik gekonsentreer op die algemene laboratoriumdiere, hoewel dié kliere van ander diere, byvoorbeeld die walvis, ook bespreek is. In sommige gevalle is die byniere van spesifieke diere baie oppervlakkig bespreek. Een van die diere in hierdie kategorie is die grootste landdier, die Afrika-olifant (*Loxodonta africana*).

MATERIAAL EN TEGNIEK

Die weefsel vir hierdie studie is in die Nasionale Krugerwildtuin, in samewerking met die Nasionale Parkeraad, tydens die jaarlikse olifantuitdunningsprogram versamel.

Weefsel is geneem van albei die byniere van sewe olifantkoeie en twee bulle van wisselende ouderdomme. Van die weefsel is gefikseer in Bouin se vloeistof en volgens standaardmetodes verwerk vir ligmikroskopiese ondersoek,⁴ waarna dit in Paraplast Plus ingebed is. Sneë van 5 µm dik is met 'n Reichert-Jung-draaimikrotoom gesny.

Die sneë is met die volgende kleurmetodes gekleur: Mayer se hematoksilien en alkoholiese eosien, Masson se trichroommetode vir kollageen, aldehydfuch sien, orsieën vir elastiese vesels, Gomori se metode vir retikulêre vesels en Heidenhain se ysterhematoksilien vir spiërselle en siderofiliese selle.⁴

Klein stukkie weefsel is volgens die metode van Sabatini, Bensch en Barnett⁵ gefikseer en daarna gepostfikseer soos deur Millonig⁶ beskryf. Die weefsel is vervolgens in stygende konsentrasies etanol gedehidreer, waarna dit in drie ruilings van propileenoksied geplaas is.⁵ Die metode van Luft⁷ is hierna gevolg om die weefsel in Araldite 502 in te bed.

Dun sneë (0,5 tot 1,0 µm) en ultradun sneë (60 tot 90 nm) is met behulp van 'n Reichert OM U3 ultramikrotoom gesny. Die dun sneë is volgens Pease⁸ se metode met toluïdienblou gekleur. 'n Ligmikroskoop is gebruik vir oriëntering van die weefsel. Die ultradun sneë is op kopersiffies geplaas, volgens die metode van Gibbons en Grimstone⁹ met uranielasetaat en daarna met Reynolds se loodsitraat, soos deur Venable en Coggeshall¹⁰ beskryf, gekleur. 'n Philips EM 201 transmissie-elektronmikroskoop by 'n hoogspanning van 80 kV is gebruik om die sneë te bestudeer.

BESKRYWING

Algemeen

Die byniere is geleë op die dorsale abdominale wand op dieselfde dorsoventrale vlak, mediaal en effens ventraal van die niere. Die gemiddelde lengte is 20 cm terwyl die breedte ongeveer 4 cm is. Die gesamentlike massa is gemiddeld 150 g met die regterbynier effens swaarder as die linker een. Die vorm is langwerpiger en dun met 'n mediale horing of uitsteeksel aan die verdikte koudale kant (fig. 1A). Die klier is dorsoventraal afgeplat met 'n breër ronde ent, wat dorsaal lê, en 'n skerper rand ventraal (fig. 1B en 1C).

Die byniere bestaan uit 'n korteks en 'n medulla (fig. 1A) omring deur 'n bindweefselkapsel. Die korteks vertoon

van binne na buite drie lae, naamlik die zonae reticularis, fasciculata en glomerulosa. 'n Verdere bindweefsellaag, die medullêre kapsel, skei die medulla en die korteks. Tussen dié kapsel en die medulla is 'n verdere laag, die F-laag (fig. 1B en 1C). Die kliere word gekenmerk deur groot hoeveelhede bindweefsel en baie lipied asook groot bloedvate, veral in die medulla.

Kapsel

Die kapsel bestaan hoofsaaklik uit kollageen met fibroblaste daarin versprei. Laasgenoemde selle lê parallel met die oppervlak van die klier. Die buitenste ongeveer tweevyftes bestaan uit losmasige fibrillêre bindweefsel waarin min selkerne voorkom. Die binneste deel vertoon digter en bevat meer kerne van bindweefsel selle, gladdespiërselle en retikulêre vesels (fig. 2A). Die deel van die kapsel direk teenaan die zona glomerulosa bevat weer 'n aantal kollageenvesels. Vanaf die kapsel strek bindweefsel-trabekulae radiaal in die rigting van die medulla tot so ver as die zona reticularis (fig. 2A en 2B). Langs hierdie trabekulae word soms selle met die voorkoms van zona glomerulosaselle aangetref (fig. 2A en 2B). Die kollageenvesels in die trabekulae is reghoekig met die oppervlak van die klier gerangskik. Bloedvate, waarskynlik óf kortikale óf medullêre arteries, kom ook in die kapsel voor (fig. 2B).

Zona glomerulosa

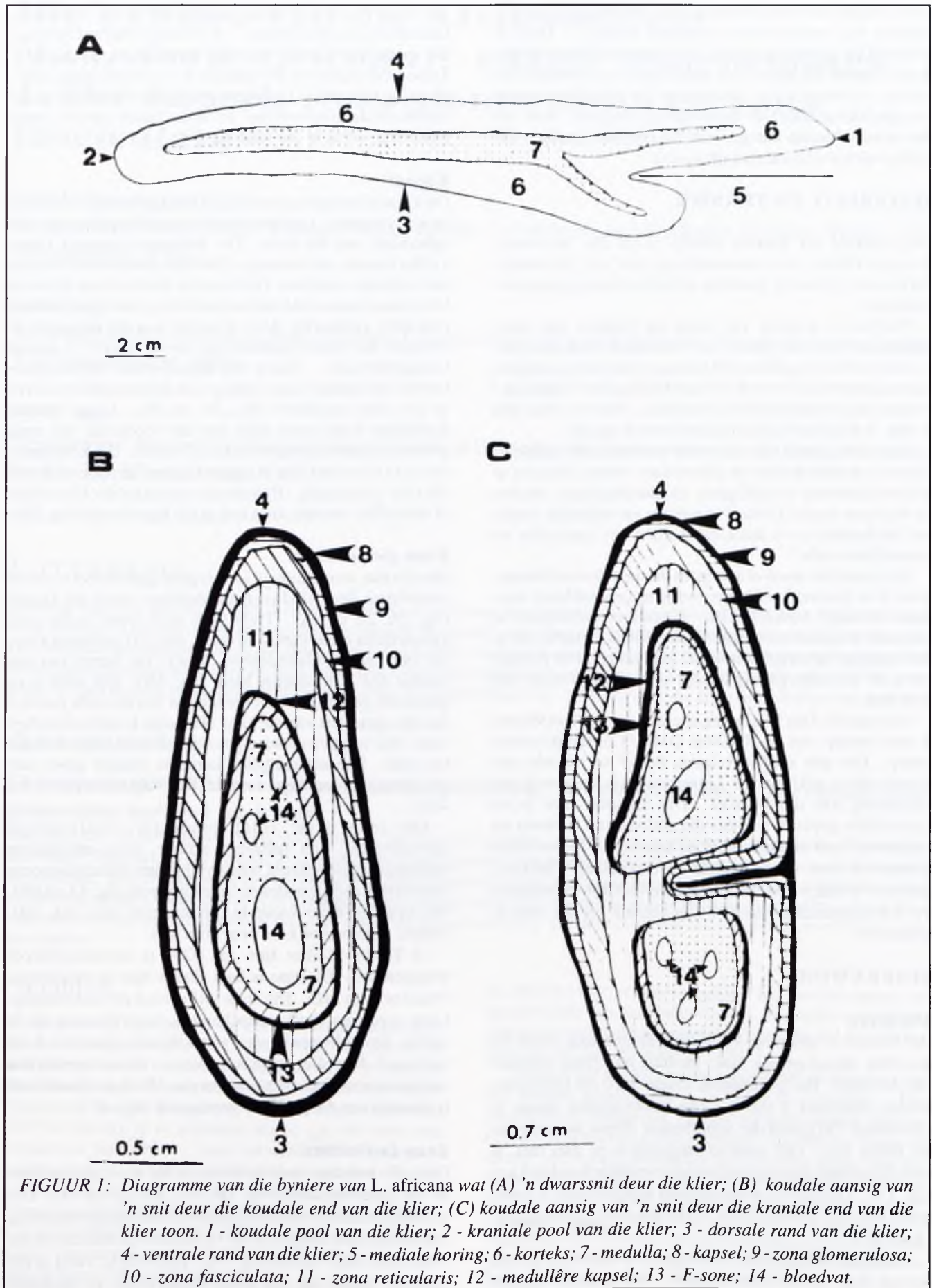
Hierdie dun, onreëlmatige sone is goed gedefinieer en word onderbreek deur bindweefseltrabekulae vanaf die kapsel (fig. 2A, 2B en 3A). Twee tipes selle word in die zona glomerulosa onderskei. Die eerste tipe (G1) se kerne kleur lig met basiese kleurstowwe, terwyl die kerne van die tweede tipe (G2) donker kleur (fig. 3B). Die selle is in glomeruli gerangskik met die lang as van die selle parallel aan die oppervlak van die klier. Tussenin kom bindweefsel voor. Die vorm van beide tipes selle en hulle kerne is ovaal tot rond. Die sentraalgeleë kerne is relatief groot met prominente chromatien en duidelike nukleoli (fig. 3B en 4A).

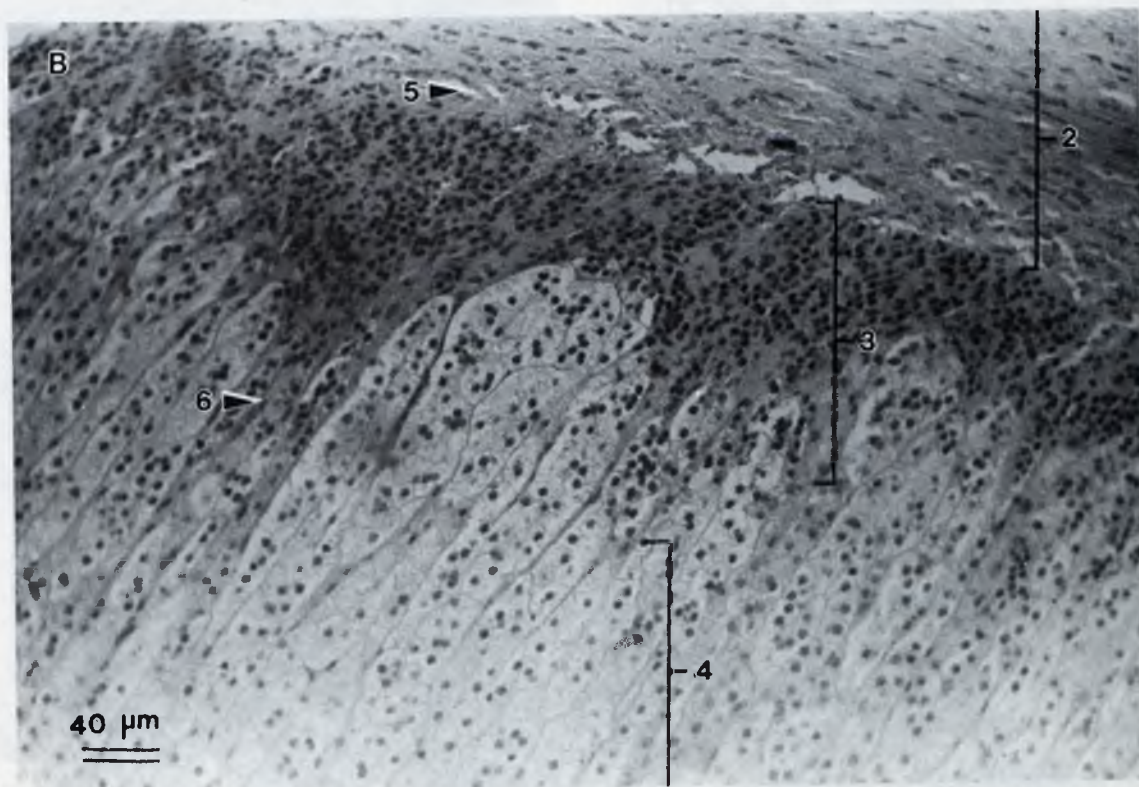
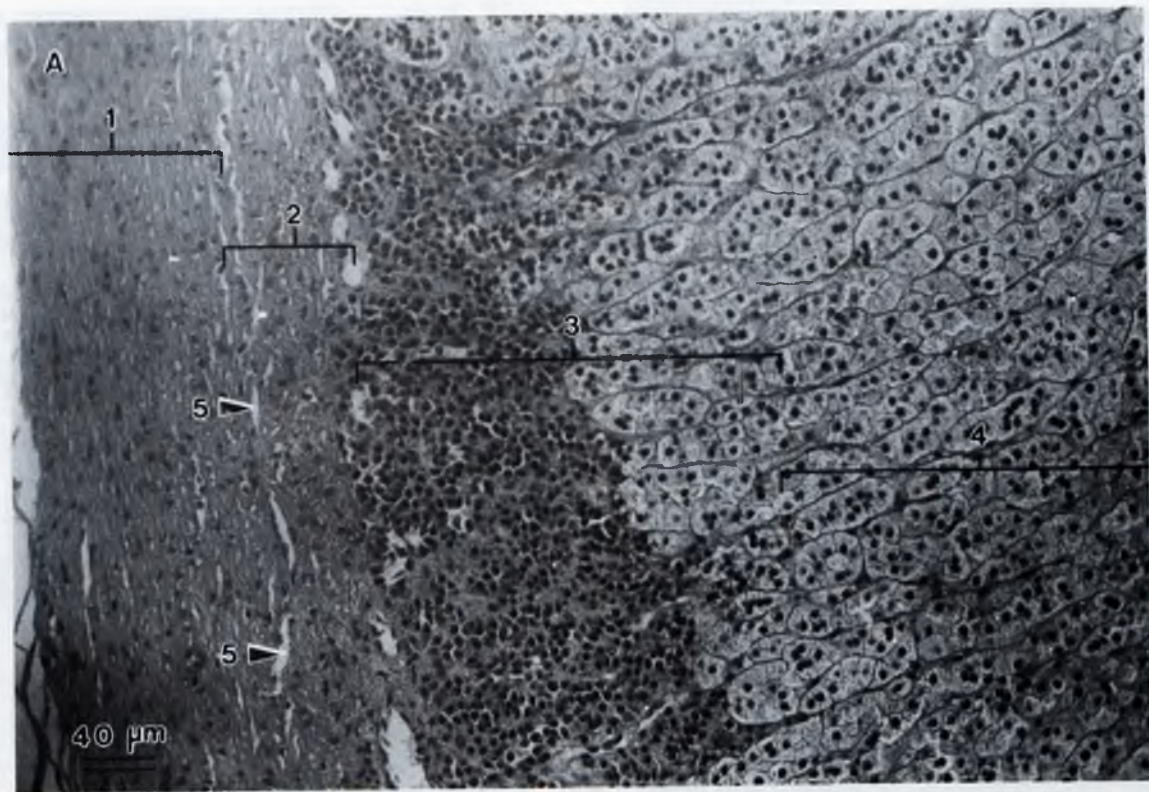
Die selle bevat volop ronde tot ovaalvormige mitochondria met tubulêre cristae, baie agranulêre endoplasmiese retikula, min vry ribosome, enkele lisosome van verskillende groottes en lipieddruppels (fig. 4A en 4B). Die lipied is meer volop in die binneste selle (fig. 3B). Enkele desmosome kom voor (fig. 4B).

'n Derde kleiner tipe sel (G3) is ultrastruktureel waargeneem. Dié tipe is baie skaars met 'n eksentriese ovaalvormige kern. Die selle self is rond of ovaalvormig. Lang, ovaal en ronde mitochondria, vry ribosome en 'n aantal lipieddruppels van verskillende groottes kom verspreid deur die sitoplasma voor. Die selmembrane vertoon interdigitasies en desmosome. Die digte chromatien is meestal om die periferie gerangskik (fig. 4C).

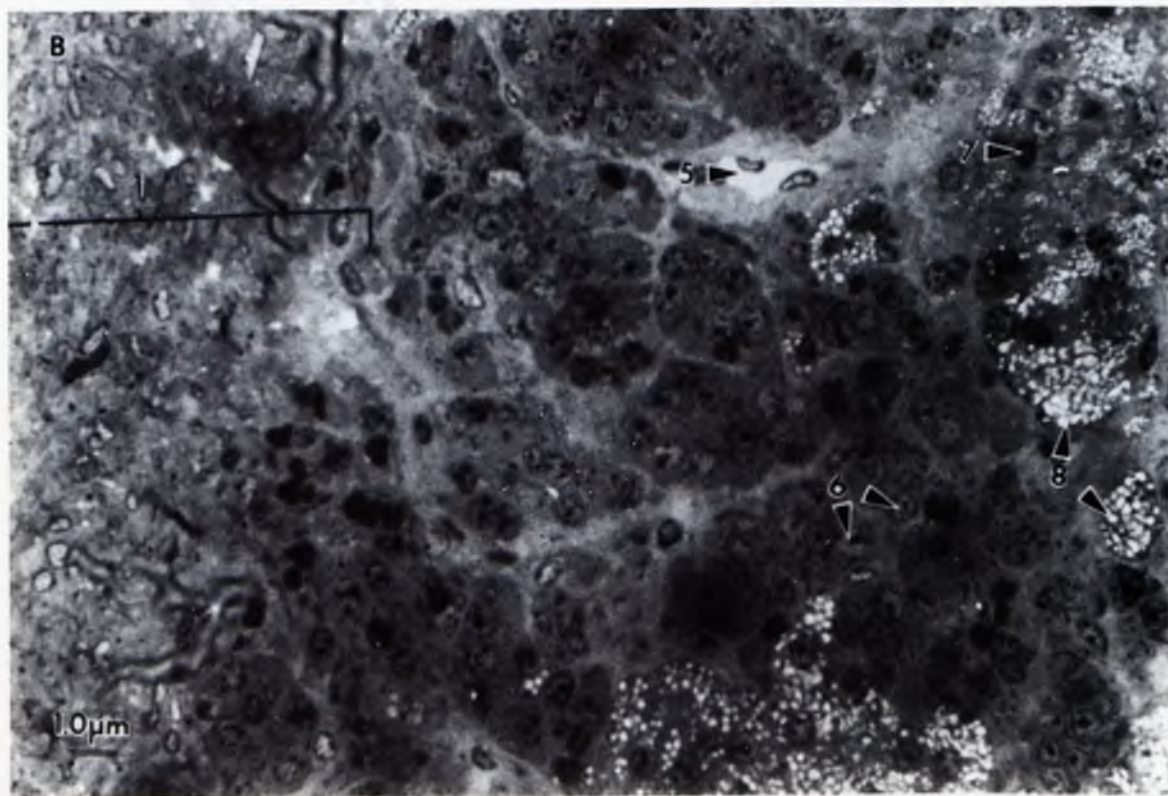
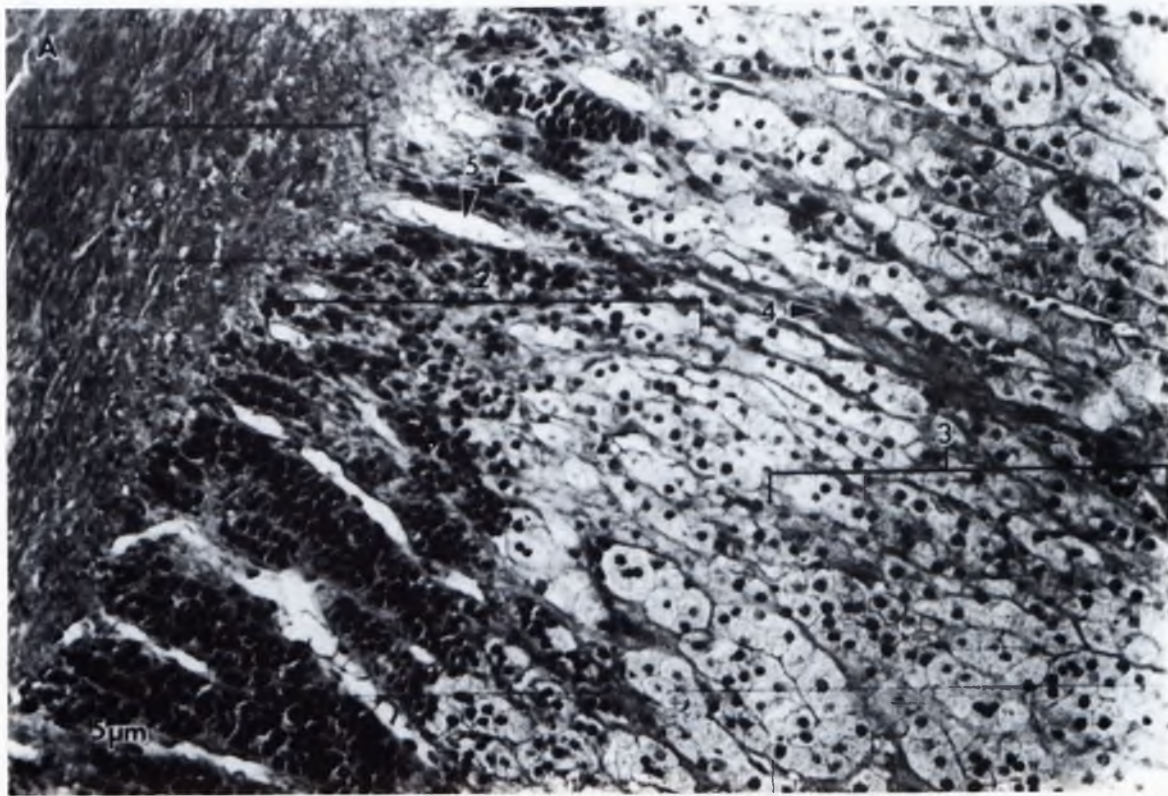
Zona fasciculata

Dit is die breedste sone en lê tussen die zona glomerulosa en die zona reticularis (fig. 1B, 1C, 2A, 2B en 3A). Die skeiding tussen die zona fasciculata en die zona glomerulosa is baie duidelik, aangesien die voorkoms van die selle in die twee sones baie verskil (fig. 3A). Die selle is, veral in die gedeelte naaste aan die zona glomerulosa, in duidelike

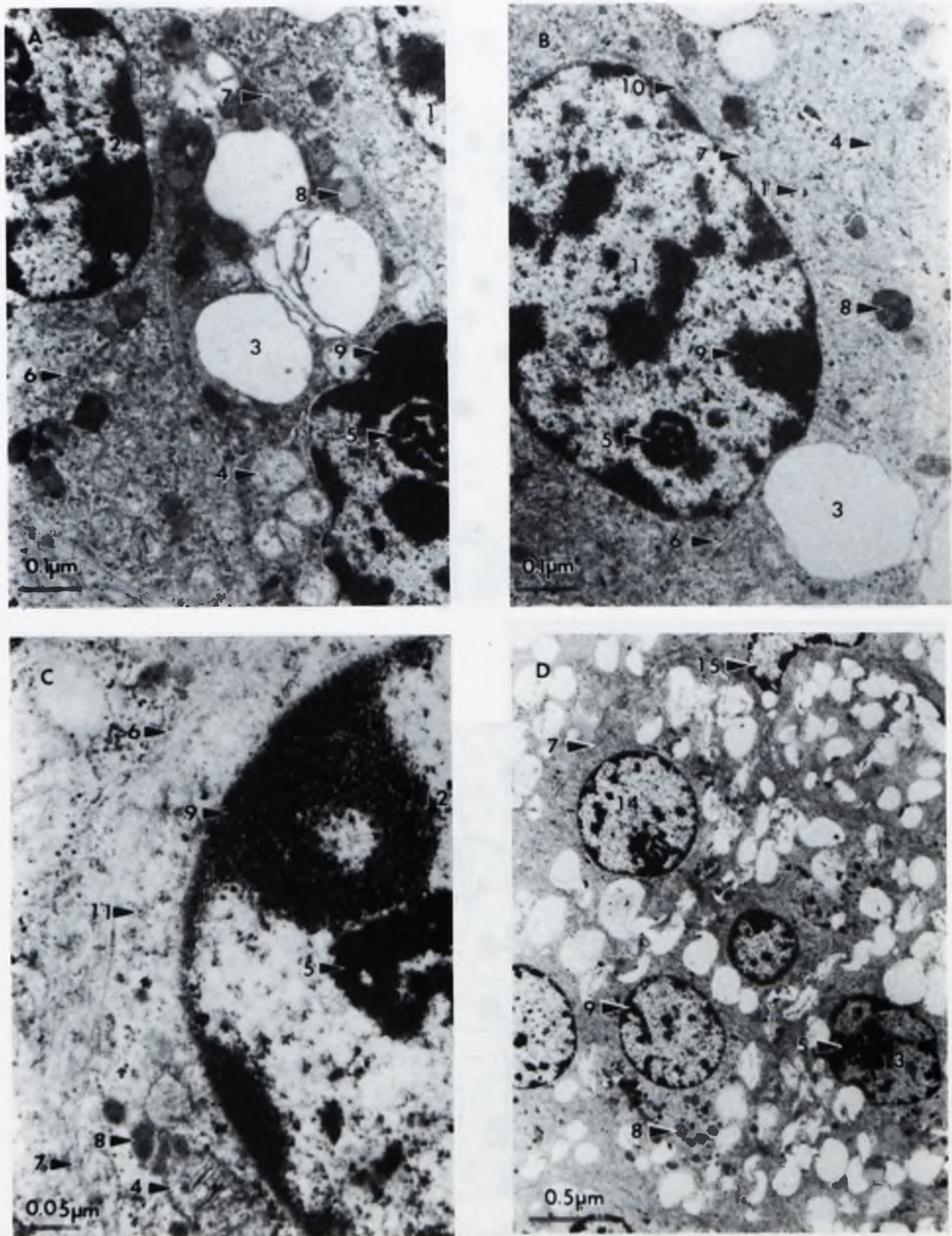




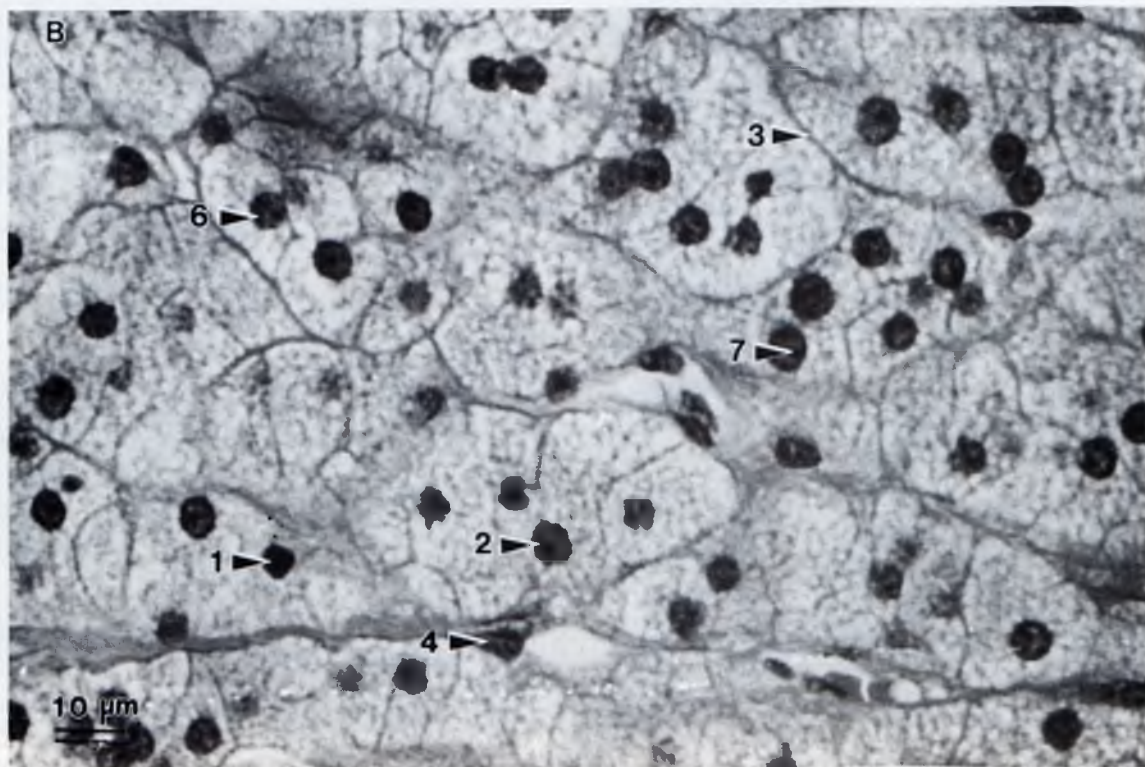
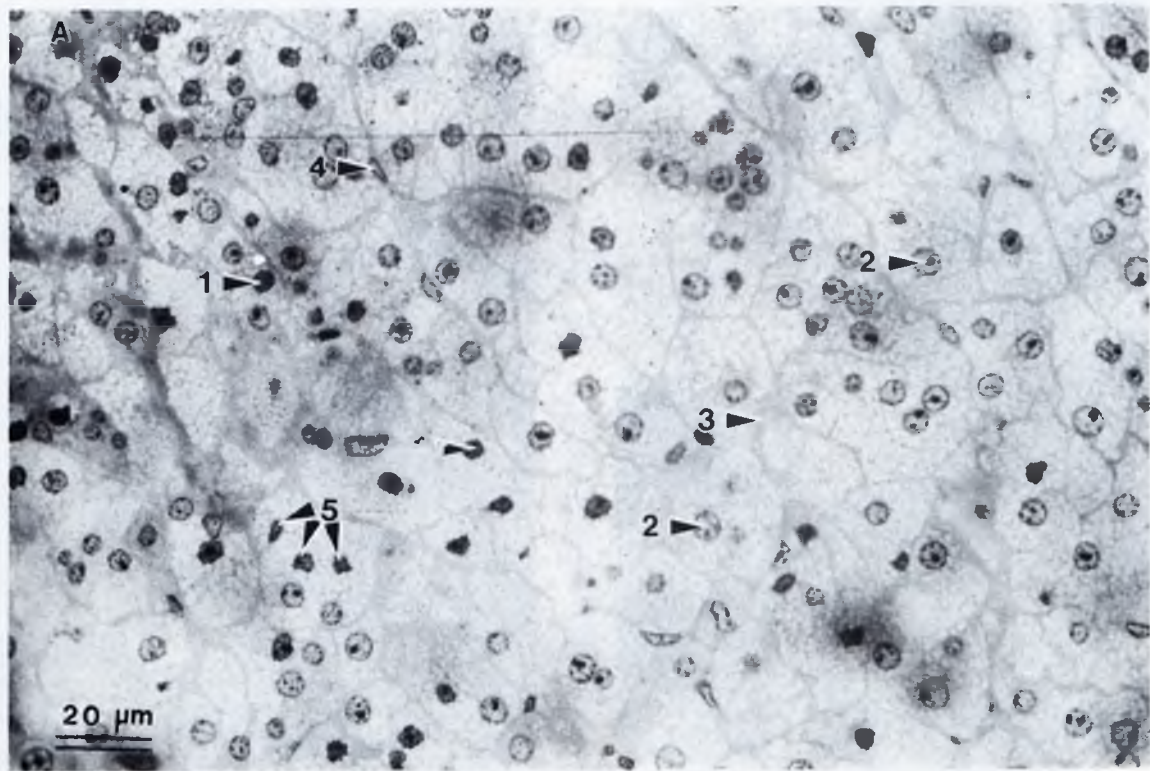
FIGUUR 2: Fotomikrograwe van die byniere van *L. africana* wat (A) die kapsel, zona glomerulosa en zona fasciculata (X247); (B) die kapsel, zona glomerulosa en zona fasciculata (X247) aantoon. 1 - buitenste deel van die bindweefselkapsel; 2 - binneste deel van die bindweefselkapsel; 3 - zona glomerulosa; 4 - zona fasciculata; 5 - bloedvat; 6 - bindweefseltrabekel.



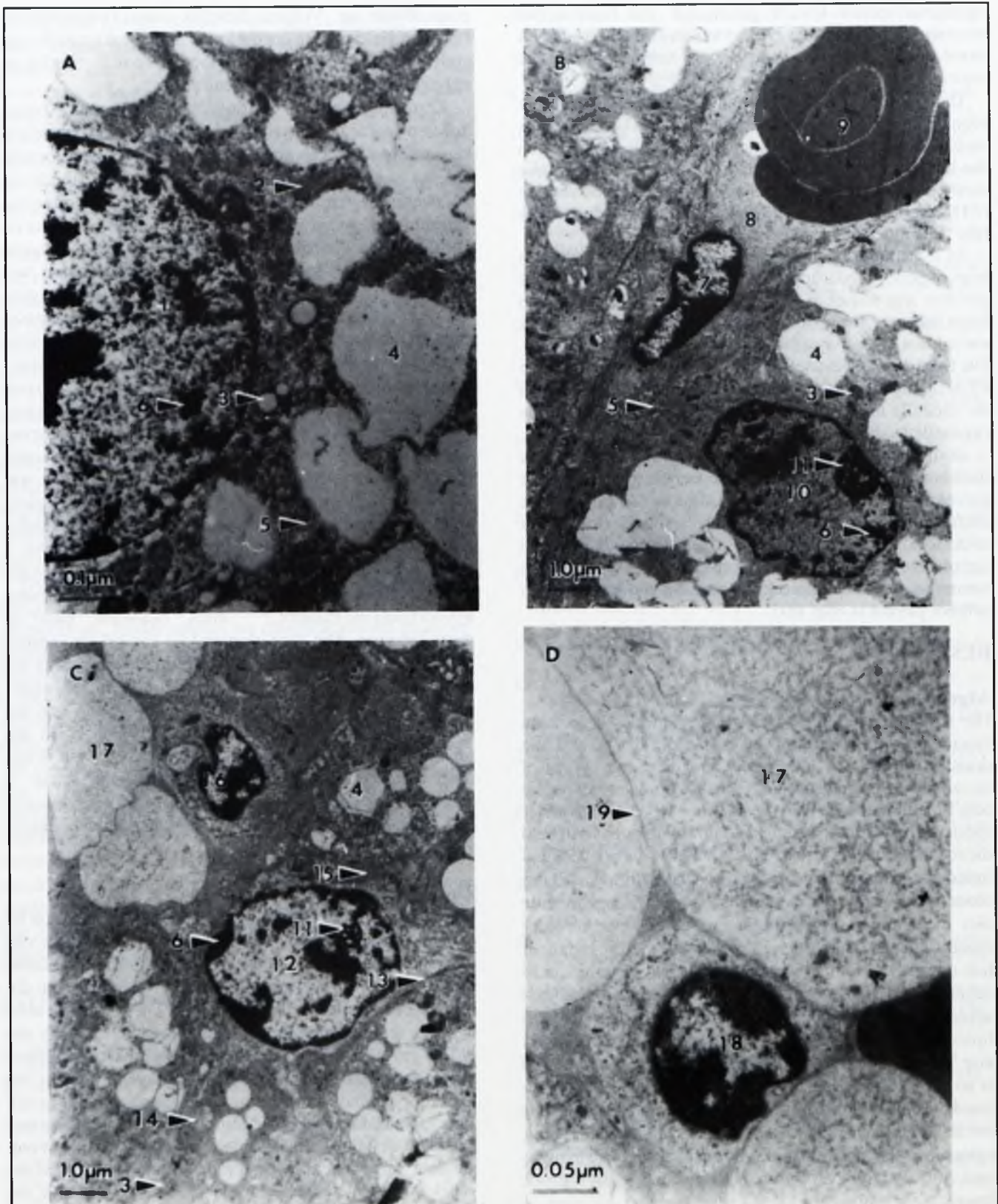
FIGUUR 3: Fotomikrograwe van die byniere van *L. africana* wat (A) die binneste deel van die kapsel, zona glomerulosa en zona fasciculata (X180); (B) die binneste deel van die kapsel en zona glomerulosa (X715) aantoon. 1 - binneste deel van die bindweefselkapsel; 2 - zona glomerulosa; 3 - zona fasciculata; 4 - bindweefseltrabekel; 5 - bloedvat; 6 - kern van 'n tipe G1-sel; 7 - kern van 'n tipe G2-sel; 8 - lipied.



FIGUUR 4: Elektronmikrograwe van die byniere van *L. africana* om (A) selle in die zona glomerulosa (X11680); (B) 'n tipe G1-sel (X11680) aan te toon; (C) 'n tipe G3-sel (X22840); (D) selle in die zona fasciculata (X3495) aan te toon. 1 - kern van 'n tipe G1-sel; 2 - kern van 'n tipe G2-sel; 3 - lipied; 4 - mitochondria 5 - nukleolus; 6 - gladde endoplasmatiese retikula; 7 - selmembraan; 8 - lisosome; 9 - chromatiën; 10 - desmosome; 11 - vry ribosome; 12 - deel van die kern van 'n tipe G3-sel; 13 - kern van 'n tipe F1-sel; 14 - kern van 'n tipe F2-sel; 15 - kern van 'n tipe F3-sel.



FIGUUR 5: Fotomikrograwe van die byniere van *L. africana* om (A) selle in die zona fasciculata (X618); (B) selle in die zona fasciculata (X1030) aan te toon. 1 - kern van 'n tipe F1-sel; 2 - kern van 'n tipe F2-sel; 3 - bindweefsel; 4 - kern van 'n fibroblast; 5 - onreëlmatige kerne; 6 - chromatien; 7 - nukleolus.



FIGUUR 6: Elektronmikrograwe van die byniere van *L. africana* om (A) 'n gedeelte van 'n tipe F1-sel in die zona fasciculata (X11680); (B) 'n tipe F3-sel in die zona fasciculata (X5085); (C) binnestedeel van die zona fasciculata (X5085); (D) detail van degenererende parenkiemsele of mikroliggaampies (X22840) aan te toon. 1 - kern van 'n tipe F1-sel; 2 - mitochondria; 3 - lisosome; 4 - lipied; 5 - agranulêre endoplasmatische retikula; 6 - chromatiën; 7 - kern van 'n fibroblast; 8 - bloedvat; 9 - rooibloedsel; 10 - kern van 'n tipe F3-sel; 11 - nukleolus; 12 - kern van 'n tipe F2-sel; 13 - selmembraan; 14 - mitochondria; 15 - bindweefsel; 16 - fibroblast; 17 - degenererende parenkiemsel of mikroliggaampie; 18 - kernagtige struktuur; 19 - membraan.

radiaalverlopende koorde gerangskik met bindweefsel tussenin (fig. 3A en 5A). Die vorm van die selle is rond tot ovaal. Groepies selle, waarvan die kerne onreëlmatige vorms het, kom ook voor (fig. 5A).

Die eksentriese kerne het dieselfde vorms as die selle en toon duidelike nukleoli en chromatien (fig. 4D, 5A, 5B, 6A en 6B). Op grond van die intensiteit van die kleuring van die kerne met basiese kleurstowwe kan die selle met die ronde kerne in twee groepe verdeel word. Die eerste tipe (F1) se kerne kleur sterk basofiel, terwyl dié van die tweede tipe (F2) ligter kleur (fig. 5A en 5B).

In die sitoplasma van tipe F1- en F2-selle kom groot hoeveelhede lipieddruppels, mitochondria van verskillende groottes wat wissel in vorm van rond tot ovaal, 'n aantal klein lisosome, volop agranulêre endoplasmatische retikula en 'n klein aantal vry ribosome voor (fig. 4D, 6A en 6C). Die tipe F1-selle bevat effens minder sitoplasma as die tipe F2-selle (fig. 6A en 6C). Die derde tipe sel (F3) is nader aan die medulla meer volop. Die sitoplasma bevat dieselfde organelle as die tipe F1- en F2-selle (fig. 6A, 6B en 6C).

In die binneste deel van die zona fasciculata kom ook membraangebode strukture, ongeveer die grootte van die parenkiemselkerne, met onreëlmatige vorms en redelike uniforme inhoud, voor (fig. 6C). Alle strukture wat ondersoek is, het struktuurtjies met die voorkoms van agranulêre endoplasmatische retikula bevat, terwyl in sommige daar ook 'n struktuur met die voorkoms van 'n selkern gevind is (fig. 6D).

BESPREKING

Algemeen

Die struktuur van die kapsel, zona glomerulosa en zona fasciculata van die bynier van die olifant verskil nie drasties van die van ander groot soogdiere nie. Wat wel opvallend is, is die groot hoeveelhede bindweefsel en die baie lipied in die selle van die korteks. Hoewel daar ander spesies voorkom met baie lipied in hulle byniere, byvoorbeeld die rot, marmot, haas, hond³ en die mens² is die hoeveelheid lipied per sel baie minder as by die Afrika-olifant. Dit dui moontlik daarop dat die korteksselle van laasgenoemde dier meer aktief steroïedhormone sekreter. 'n Ander moontlikheid is dat die bynierkorteksselle van die olifant 'n hoë omset het en dus baie selle bevat wat besig is om te degenerer. Dit is bekend dat degenerasie van steroïed-sekretierende selle gepaardgaan met die ophoping van lipied in die selle.³ Die groot hoeveelheid bindweefsel is nog 'n opvallende kenmerk van die olifant se byniere. Dit is so dat 'n orgaan met 'n lengte van 20 cm en 'n breedte van 4 cm baie bindweefsel as ondersteunende element moet bevat. Die hoeveelheid bindweefsel in die byniere hang egter nie net af van die grootte van die klier nie. Die byniere van die skaap bevat byvoorbeeld ook relatief groot hoeveelhede bindweefsel.¹¹

Kapsel

Die kapsel van die olifantbynier stem in struktuur baie ooreen met dié van die mens, behalwe dat by die mens geen gladdespierselle voorkom nie.¹² Volgens Black¹³ kom daar by 'n aantal ander spesies ook gladdespierselle in die kapsel voor. Laasgenoemde outeur het egter nie die spesies

gespesifiseer nie. Volgens dieselfde outeur kom retikulêre vesels in die kapsel en om die kortikale parenkiemsel van ander soogdiere (ongespesifiseer) voor.¹³ Delikate trabekulae kom ook by dié mens voor.¹²

Kramer, Texeira & Hattingh¹⁴ beskryf relatief ongedifferensieerde ronde eosinofiele selle met ronde basofiele kerne in die dieper lae van die kapsel. Volgens laasgenoemde outeurs is dit moontlik stamselle verantwoordelik vir die voorsiening van nuwe selle aan die korteks. Die ou teorie van kapsulêre selle of selfs fibroblaste wat differensieer na kortikale selle word nie meer gehuldig nie.¹⁵ Na enuklasie kan oorgeblewe selle van die zona glomerulosa wel oorsprong gee aan 'n funksionele korteks.¹⁶ Die ligging van hierdie sogenaamde "kapsulêre selle" onder die kapsel en langs die bindweefseltrabekulae¹⁵ is tipies soos wat selle van die zona glomerulosa by die mens¹² en die olifant¹⁷ waargeneem is. Die selle van die zona glomerulosa kan ook strukturele verskille toon afhangende van hulle ligging. Die buitenste selle het oor die algemeen 'n swak gedifferensieerde voorkoms, terwyl die selle van die binneste sones die tipiese ultrastrukturele kenmerke toon van selle wat aktief steroïede sintetiseer.¹⁸ Die voorkoms van lipiedgranules in die selle van die zona glomerulosa is gewoonlik ook 'n teken van verhoogde sellulêre aktiwiteit.¹⁹ Ultrastrukturele verskille kom ook tussen die selle van die verskillende lae van die korteks by byna alle soogdierspesies, byvoorbeeld die marmot,^{20,21,22} muis,²³ buidelrot,²⁴ haas²⁵ en mens^{13,26} voor. Die zona glomerulosa van sekere spesies, insluitend die mens, bevat ook baie minder lipied as die ander twee kortikale sones.²⁷ Die agranulêre endoplasmatische retikula van die subkapsulêre selle van die zona glomerulosa is ook swakker ontwikkel as in die middelste en binneste sones van die korteks.²⁸ Dit is dus meer waarskynlik dat hierdie "kapsulêre selle" eerder 'n deel van die zona glomerulosa vorm, veral gesien daarin dat organelle geassosieer met steroïedsintese daarin voorkom.¹⁴

Zona glomerulosa

Hierdie sone by die olifant is goed gedefinieer, soos ook by die hond, perd en skaap.³ Soos by die mens, strek selle van die zona glomerulosa van die olifant, langs die trabekulae in die rigting van die medulla,¹³ terwyl die vorm van die selle ook dieselfde is as by die mens.^{2,3} Die twee tipes selle met die sentraalgeleë kerne (tipe G1 en G2) wat by die olifant gevind is, kan moontlik dieselfde sel in verskillende stadia van aktiwiteit wees. Geen verwysing kon in die literatuur gevind word na verskillende tipes selle in die zona glomerulosa van óf die olifant óf ander soogdiere nie. Die selle met die eksentriesegeleë kerne (tipe G3) word ook nie deur enige outeur beskryf nie. Dit is moontlik dat die voorkoms van hierdie selle slegs is as gevolg van die oriëntasie daarvan in die sneë.

Die rangskikking van die lipied in die selle van die zona glomerulosa stem ooreen met wat by mens gevind is.¹² Die selle van die zona glomerulosa van die olifant bevat minder lipied as die selle van die zona fasciculata soos wat ook gevind is by die vark, kat, kuifaap²⁵ en die mens.²⁹ Die agranulêre endoplasmatische retikula kom ooreen met wat by die aap en marmot gevind is.³ Die mitochondria in

hierdie selle van die olifant is soortgelyk aan wat by die mens² en die haas, veral in die binneste deel van laasgenoemde dier se zona glomerulosa, voorkom.²⁵ Die lisosome wat in die zona glomerulosa van hierdie olifant gevind is soos by die van die aap.³ Geen verwysing na desmosome in hierdie sone van soogdiere kon in die literatuur gevind word nie. Gesien in die lig van die grootte van hierdie organe by die olifant is die teenwoordigheid van desmosome nie vreemd nie.

Zona fasciculata

Die rangskikking van die selle van die zona fasciculata stem ooreen met dié van die mens en ander soogdiere.¹⁷ By die mens word ook twee tipes selle in die zona fasciculata onderskei en wel op grond van verskille in mitochondria, aantal lipieddruppels, aantal mikrovilli en ligging.² Geen verwysing kon in die literatuur gevind word na die selle met die onreëlmatige vorms nie. O'Donoghue en medewerkers¹⁷ het donker selle met hoekige vorms wat siderofiliese granules bevat en donker kleur met Heidenhain se ysterhematoksilien in die zona fasciculata van 'n olifantbul waargeneem. Geen teken van hierdie selle kon tydens die onderhawige navorsing gevind word by die diere wat ondersoek is en met die metodes wat gevolg is nie.

Die hoeveelheid lipied in die selle van die zona fasciculata van dié olifant is meer as in die selle van die zona glomerulosa. Ander outeurs het dieselfde gevind by ander olifante,^{11,17} by die mens¹³ en by die marmot.²⁰ Die rangskikking van die agranulêre endoplasmiese retikula is soos by die mens² en die hamster.³ Vry ribosome by die olifant is soortgelyk in voorkoms as by die haas, Mongoolse springhaasmuis en die mens.³ Die mitochondria is soos dié van die haas.²⁵ Die lisosome kom ooreen met dié van die aap.³ Die membraangebonde strukture in die zona fasciculata van die olifant word nie beskryf deur ander outeurs nie.^{12,14,17} Hierdie strukture is sowel op lig- en elektronmikroskopiese vlak in al drie kortikale sones, asook die medulla van ander olifante waargeneem tydens verdere ondersoek deur outeurs (ongepubliseerde data). Dié strukture is moontlik degenererende parenkiemselle of mikroliggaampies.³⁰

LITERATUURVERWYSINGS

- Jones, I.C. (1957). *The Adrenal Cortex* (Cambridge University Press).
- Neville, A.M. & O'Hare, M.J. (1982). *The Human Adrenal Cortex* (Springer-Verlag, Berlin).
- Idelman, S. (1978). In *General, Comparative and Clinical Endocrinology of the Adrenal Cortex*, Volume 2, Jones, I.C. & Henderson, I.W. eds. (Academic Press, London, New York & San Francisco) pp. 8-161.
- Hopwood, D. (1982). In *Theory and Practice of Histological Techniques*, Bancroft, J.D. & Stevens, A. eds. (Churchill Livingstone Edinburgh, London, Melbourne & New York).
- Sabatini, D.D., Bensch, K. & Barnett, R.L. (1963). Cytochemistry and electron microscopy. The preservation of cellular ultrastructure and enzymatic activity by aldehyde fixation, *J. Cell Biol.*, 17, 19-23.
- Millonig, G. (1961). Advantages of a phosphate buffer for osmium tetroxide solution in fixation, *J. appl. Phys.*, 32, 1637-1638.
- Luft, J.H. (1961). Improvements in epoxy resin embedding methods, *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 9, 409-414.
- Pease, D.C. (1964). In *Histological Techniques for Electron Microscopy* (Academic Press, New York).
- Gibbons, I.R. & Grimstone, A.V. (1960). On flagellar structure in certain flagellates, *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 7, 697-716.
- Venable, J.H. & Coggeshall, R. (1965). A simplified lead citrate stain for use in electron microscopy, *J. Cell Biol.*, 25, 407-408.
- Krumrey, W.A. & Buss, I.O. (1969). Observations on the adrenal gland of the African elephant, *J. Mammalogy*, 50(1), 90-101.
- Kelley, D.E., Wood, R.L. & Enders, A.C. (1984). In *Baileys Textbook of Microscopic Anatomy*, 18th ed. (Williams & Wilkins, Baltimore/London).
- Black, V.A. (1988). In *Cell and Tissue Biology: A Textbook of Histology*, (6th ed) Weiss, L. ed. (Urban & Schwarzenberg) pp. 1036-1061.
- Kramer, B., Teixeira, M. & Hattingh, J. (1991). The histology of the adrenal gland of the African elephant, *Loxodonta africana*, *S. Afr. J. Zool.*, 26(4), 193-198.
- Penney, D.P., Patt, D.I. & Dixon, W.C. (1963). The fine structure of regenerating adrenocortical autotransplants in the rat, *Anat. Rec.*, 146, 319-335.
- Nickerson, P.A., Brownie, A.C. & Skelton, F.R. (1969). An electron microscopic study of the regenerating adrenal gland during the development of adrenal regeneration hypertension, *Am. J. Path.*, 57(2), 335-364.
- O'Donoghue, P.N., Sikes, S.K. & Turvey, A. (1967). Notes on the adrenal of the African elephant (*Loxodonta africana*), *J. Zool.*, 152, 281-286.
- Nussdorfer, G.G. (1986). In *International Review of Cytology*. Volume 98. Cytophysiology of the Adrenal Cortex (Academic Press, Orlando, San Diego, New York, Austin, London, Montreal, Sydney, Tokyo, Toronto).
- Banks, J. (1981). *Applied Veterinary Histology* (Williams & Wilkins, Baltimore).
- Black, V.H., Mierlak, J., Katz, T., Miao, P., Huima, T. & McNamara, N. (1982). Isolated guinea pig adrenocortical cells in vitro: morphology and steroidogenesis in control and ACTH-treated cultures, *Am. J. Anat.*, 165, 225-248.
- Black, V.H., Robbins, E., McNamara, N. & Huima, T. (1979). A correlated thin-section and freeze-fracture analysis of guinea pig adrenocortical cells, *Am. J. Anat.*, 156, 452-504.
- Black, V.H. & Russo, J.J. (1980). Stereological analysis of the guinea pig adrenal: effects of dexamethasone and ACTH treatment with emphasis on the inner cortex, *Am. J. Anat.*, 159, 85-120.
- Hartman, G., Michna, H. & Grodeck, G. (1988). Funktionelle morphologie der nebennierenrinde nach experimentellen streß, *Z. Mikrosk.-anat. Forsch.*, 102, 884-896.
- Long, J.A. & Jones, A.J. (1967). The fine structure of the zona glomerulosa and the zona fasciculata of the adrenal cortex of the opossum, *Am. J. Anat.*, 120, 463-468.
- Mazzocchi, G., Belloni, A.S., Rebuffat, P., Robba, C., Neri, G. & Nussdorfer, G.G. (1979). Fine structure of the rabbit adrenal cortex and the effects of short-term ACTH administration, *Cell Tissue Res.*, 201, 165-179.
- Long, J.A. & Jones, A.J. (1967). Observations on the fine structure of the adrenal cortex of man, *Lab. Invest.*, 17(4), 355-370.
- Jaya, Y. & Sulochana, S. (1989). Comparative study of the localization of lipids in fetal and adult human adrenal glands, *Acta anat.*, 136, 112-114.
- Nussdorfer, G.G., Meneghelli, V. & Mazzocchi, G. (1984). Fine structure of the adrenal cortex. In *Ultrastructure of Endocrine Cells and Tissues*. Motta, P.M. ed. (Martinus Nijhoff Publishers, Boston).
- Malamed, S. (1975). In *Handbook of Physiology*. Section 7. Endocrinology. Volume VI. Adrenal Gland, Greep, R.O. & Astwood, E.W. eds. (American Physiological Society, Washington, D.C.)
- Fawcett, D.W. (1966). *An Atlas of Fine structure. The Cell: Its Organelles and Inclusions*. (W.B. Saunders Company, Philadelphia and London).