ESTUDO DO CORAÇÃO
DE **PLECOSTOMUS COMMERSIONII** (PISCES):
ANATOMIA E MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

STUDY OF THE HEART
OF **PLECOSTOMUS COMMERSIONII** (PISCES):
ANATOMY AND ELECTRONIC SCANNING MICROSCOPY

Marilene T.D. Gonçalves (1)
Pablina C. de Reche Garcia (2)
Waldemiro Gremski (1)

Embora o coração seja objeto de um grande número de estudos, no caso dos peixes subsistem muitas questões sem resposta, tanto sob o ponto de vista anatômico-fisiológico como ultra-estrutural. Além disso, devido a características de circulação típicas desses animais, origina-se uma situação especial em relação à organização e funcionamento do sistema miofibrilar e energético, surgindo um

Contribuição do Departamento de Biologia Celular, Setor de Ciências Biológicas, UFPR. C. Postal 10.031 -- 81.504 Curitiba, Paraná, Brasil. (1) Professores do Departamento de Biologia Celular, UFPR e (2) Professora do Departamento de Ciências Biológicas, PUC-PR.

padrão morfo-funcional diverso daquele exibido pelo coração dos invertebrados superiores. Deve-se acrescentar ainda que, apesar do padrão geral seguir uma organização anatômica que se caracteriza pela presença de duas regiões topograficamente distintas, formando o coração nos peixes (MAGALHÃES, 1931), ao se passar a observar mais detalhadamente a organização nas diferentes espécies, irá se perceber a ocorrência de um grande número de particularidades que tornam esse órgão uma estrutura distante de uma uniformidade anátomo-estrutural.

É o que ocorre com o seio venoso que, embora seja descrito por muitos pesquisadores (THOMAS, 1963; SAXENA & BAKSHI, 1966; MUNSHI & MISHRA, 1974; KLITGAARD, 1978), têm sua existência questionada em várias espécies (WALKER et al., 1985). O cone arterial, evidenciado por grande número de estudiosos em alguns grupos (SENIOR, 1907; PARSON, 1930; RANDALL, 1968; LEMANSKI et al., 1975), não têm sido observado em outros (SMITH, 1919; SRIVASTAVA, 1965; AGRAWAL & DALELA, 1966).

Outro aspecto anatômico variável é o número e disposição das válvulas presentes nas câmaras cardíacas (THOMAS, 1967; SING, 1967; SAHAI & CHAWLA, 1970; CHATURVEDI, 1974). Além disso, nos representantes do gênero **Plecostomus**, o órgão é pouco estudado. AZEVEDO (1938), ao estudar **P. plecostomus**, faz uma rápida descrição a respeito do seu habitat, costume alimentar e anatomia interna. Nesse estudo o autor apresenta a evolução do coração e do sistema circulatório na espécie abordada.

Utilizando-se a microscopia eletrônica de varredura como técnica acessória, objetiva-se contribuir para o conhecimento anatômico do coração de **P. commersonii**, que é herbívoro e tem hábitos sedentários; características estas, que devem se refletir na organização do órgão, conforme foi verificado por SAXENA & BAKSHI (1966) em estudo que demonstrou a ocorrência de variação estrutural desse órgão com a mudança na condição ambiental (Fig. 1). Trata-se, além disso, de um peixe que

fornece abundante quantidade de proteínas de excelente qualidade nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Na realização do presente trabalho foram utilizados quinze exemplares adultos (fêmeas e machos) de **P. commersonii**, capturados em rios próximos à cidade de Curitiba, Paraná, Brasil.

Os espécimes, após serem anestesiados, eram colocados em decúbito dorsal e, por meio de uma incisão mediana, era efetuada a exposição do órgão. Após a retirada do pericárdio, empregou-se uma solução de NaCl a 0,7 % para retardar a morte do animal e assim manter o batimento cardíaco. Esse procedimento facilitava a identificação das três câmaras do coração. Como algumas regiões do mesmo são muito delicadas, passíveis de rompimento por ocasião da sua retirada, os exemplares, estando o órgão completamente exposto, foram mergulhados em formol a 10 % por três a cinco dias. A seguir, o coração era cuidadosamente removido e imerso em uma solução de formol a 10 %, onde permanecia por um período de um a três dias, sendo então observado em microscópio estereoscópico.

Fig. 1. Aspecto látero-dorsal de **Plecostomus commersonii**. (Tamanho do exemplar: 20 cm)

Para análise ultra-estrutural de varredura, imediatamente após a dissecação do animal, o coração foi rapidamente retirado e suas câmaras isoladas. Amostras foram obtidas de cada uma das partes, sendo fixadas em aldeído glutárico a 2,0 % em tampão cacodilato 0,15 M, pH 7,2 durante 24 horas. Posteriormente, foram lavadas em uma solução de tampão cacodilato 0,15 M e desidratadas em uma série crescente de álcoois, aplicando-se depois o ponto crítico. Após metalizadas com ouro e secadas em estufa a 37° C, as amostras foram observadas e fotografadas no microscópio eletrônico de varredura "Philips" SE-505 do Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal do Paraná.

RESULTADOS

O coração de *P. commersonii* encontra-se disposto dorsalmente no interior da cavidade torácica, a qual está revestida pela membrana pericardial. Esta cavidade acha-se formada por um material bastante resistente que permite passagem da aorta ventral na porção anterior, enquanto na sua parte posterior encontra-se ocluída pela membrana pericárdica, que nesta região apresenta coloração escura. O sistema propulsor de sangue de *P. commersonii* apresenta-se constituído por três câmaras: bulbo arterial, ventrículo e átrio (Fig. 2).

BULBO ARTERIAL -- Situado na porção anterior do coração, de coloração branca; sua porção anterior, afilada, continua-se com a aorta ventral, ramificada posteriormente, formando os arcos aórticos que penetram nas brânquias. Nesta transição, não há válvulas ou qualquer elemento que marque a passagem entre as duas estruturas. A porção posterior do bulbo, muito dilatada, apresenta uma sensível constrição no ponto de contato com o ventrículo, onde se observam duas válvulas bastante desenvolvidas, denominadas válvulas ventrículo-bulbares (Figs. 3 e 4). A grossa parede bulbar apre-

Fig. 2. Coração de *P. commersoni*. Aspecto, ventral.

Figs. 3 e 4. Coração de *P. commersonii*. Em cima: 3, bulbo arterial (B), com trabéculas (T), ventrículo (V) e átrio (A). Embaixo: 4, válvulas ventrículo-bulbares (VB) e átrio (AV); presença do átrio (A).

senta internamente trabéculas bem desenvolvidas e paralelas entre si (Figs. 3 e 5).

VENTRÍCULO -- Coloração vermelho-escura, forma irregular, aproximadamente trapezóide (Fig. 6). O miocárdio com duas camadas: a superficial, delgada, porém de espessura não uniforme, compacta; a outra, ocupando a maior parte do órgão, constitui uma camada esponjosa (Figs. 6 e 8), formada por numerosas trabéculas, originadas pela ramificação e anastomose das fibras cardíacas (Fig. 9). Desse entrelaçamento surgem numerosas fossetas ou cavidades,, responsáveis pelo aspecto esponjoso da região (Figs. 6, 7 e 8). Na parte mais central, as trabéculas exibem um maior diâmetro, destacando ali as grandes fossetas por elas formadas (Figs. 6 e 7).

ÁTRIO -- Forma irregular, sendo que externamente exhibe cinco lóbulos (Fig. 2); parede de aspecto extremamente delicado, constituída por feixes musculares de reduzido comprimento e de menor diâmetro que aquelas do ventrículo. As trabéculas também entrelaçam-se frouxamente, formando grandes espaços (fossetas) que convergem para uma cavidade central muito ampla (Figs. 6 e 10). As delgadas fibras musculares que compõem os feixes das trabéculas são evidentes (seta). Duas válvulas bem desenvolvidas, denominadas átrio-ventriculares, limitam o contato entre o átrio e o ventrículo (Fig. 4). Na região posterior do coração não foi observada a quarta câmara, denominada na literatura como seio venoso (McWILLIAM, 1885; MOTT, 1950; THOMAS, 1963 e 1976). Nota-se com nitidez que a veia hepática e os ductos de Cuvier abrem-se diretamente no átrio. Cortes longitudinais ao longo da mesma permitem a constatação da ausência de válvulas nessa região.

Figs.5 e 6. Coração de *P. commersonii*. Em cima: 5, bulbo arterial; observar a porção anterior afilada e a posterior dilatada; trabécula (TRA). Embaixo: 6, ventrículo (V) e átrio (A); observar a forma aproximadamente trapezoidal, camada esponjosa (ES), compacta (CO), trabéculas (TRA) e fossetas (FO).

Figs. 7 e 8. Coração de *P. commersonii*. Em cima: 7, ventrículo (V) e átrio (A); notar presença de fossetas (FO). Embaixo: 8, ventrículo; notar as trabéculas (TRA), camada compacta (CO) e camada esponjosa (ES).

Figs. 9 e 10. Coração de *P. commersonii*. Em cima: 1, ventrículo; notar as ramificações das trabéculas (setas). Embaixo: 10, átrio; notar a parede delgada, formada por trabéculas (TRA) de reduzido comprimento, menor diâmetro e quantidade que ventrículo.

DISCUSSÃO

O coração de *P. commersonii* encontra-se disposto o interior da cavidade torácica, revestido por uma membrana pericardial, distante das guelras, fato também observado em outras espécies por vários autores (THOMAS, 1963 e 1976; SRIVASTAVA, 1965 e 1966; MAHESHWARI, 1966; SAXENA e BUKHSHI, 1966; MUNSHI e MISHRA, 1974; CHATURVEDI, 1974), embora KLITGAARD (1978) tenha descrito sua localização ao lado das guelras em *Neoceratodus forsteri*.

Estudando-se os trabalhos que fazem referência à anatomia e estrutura histológica do coração de peixes, especialmente em teleósteos, verifica-se que o mesmo está constituído por quatro câmaras: bulbo arterial, ventrículo, átrio e seio venoso (THOMAS, 1963; SRIVASTAVA, 1965 e 1965; MAHESHWARI, 1966; SAXENA e CHATURVEDI, 1974; MUNSHI e MISHRA, 1974). Esta última câmara tem sua existência e localização questionada em algumas espécies (WALKER et al., 1985), sendo que em *P. commersonii* não foi observada. A veia hepática e os ductos de Cuvier abrem-se diretamente no átrio.

Na literatura consultada observa-se que os termos átrio e aurícula têm uso variável, sendo por vezes utilizados como sinônimo. No presente trabalho entende-se o átrio como a câmara toda, a qual não é dividida nos peixes, como o é nos mamíferos, enquanto a aurícula é uma parte do mesmo.

BULBO ARTERIAL -- Em *P. commersonii* o bulbo encontra-se na parte frontal do órgão e apresenta uma coloração branca; THOMAS (1963) descreve-o como sendo cinza esbranquiçado. Além disso, enquanto a sua porção anterior é afilada, sua parte posterior é muito dilatada, como ocorre na maioria das espécies que são descritas na literatura (SRIVASTAVA, 1965 e 1966; SAXENA e BAKHSHI, 1966; CHATURVEDI, 1974; THOMAS, 1976). A forma apresentada pelo bulbo é também muito próxima daquela descrita por SAXENA e BAKHSHI (1966) em *Schizothorax curvi-*

frons niger; por CHATURVEDI (1974), em **Rita rita** e por MUNSCI & MISHRA (1974), em **Amphipnous cuchia**, os quais citam seu aspecto em forma de frasco, apresentando-se estreito na região anterior e dilatado na base. Deduz-se assim que o bulbo, sob o ponto de vista anatômico, aparece como a câmara mais anterior do coração dos peixes, tendo como característica a dilatação da sua base. O mesmo pode-se afirmar em relação à sua posição anatômica, a qual em **P. commersonii** coincide com a descrita nas diferentes espécies pelos autores consultados.

Na espécie em estudo, não foram observadas válvulas separando a sua porção anterior da aorta, situação que parece ser a mais comum nesse tipo de animal (SRIVASTAVA, 1965 e 1966; MAHESHWARI, 1966; SAXENA e BAKHSKI, 1966; CHATURVEDI, 1974; THOMAS, 1976). Na passagem do bulbo arterial para o ventrículo, porém, percebe-se a presença de duas válvulas ventrículo-bulbares, as quais, embora variem em forma e ângulo de localização, são de ocorrência geral, de acordo com a literatura (THOMAS, 1963; SRIVASTAVA, 1965; SAXENA e BAKHSKI, 1966; CHATURVEDI, 1975; MUNSHI e MISHRA, 1974).

Conforme a maioria dos estudiosos, a parede interna do bulbo arterial exibe modificações, denominadas rugas ou trabéculas (SRIVASTAVA, 1965 e 1966; SAXENA e BAKHSKI, 1966; CHATURVEDI, 1974; MUNSHI e MISHRA, 1974), dispostas em paralelo ao eixo maior do órgão, como foi observado por THOMAS (1976) em **Anabas testudineus**. Diferem, entretanto, daquelas descritas como musculares por SRIVASTAVA (1965) em **Labeo calbasu**, **Puntius sarana** e **Oxygaster gora** e por SAHAI e CHAWLA (1970) em **Puntitictio**, já que, no caso, são de natureza conjuntiva, conforme verificou-se histologicamente (resultados em vias de publicação). Embora um grande número de autores tenha descrito a presença de uma estrutura denominada cone arterial disposto entre o ventrículo e o tronco arterial e presente nos elasmobrânquios ganóides e alguns poucos teleós-

teos (GEGENBAUR, 1891; PARSONS, 1930; LEMANSKI et. al., 1975 NAIR, 1976), no caso da espécie em estudo não foi possível detectá-lo. É provável que, em decorrência da evolução, esta estrutura tenha sido substituída pouco a pouco pelo bulbo arterial (SRIVASTAVA, 1965).

VENTRÍCULO -- O ventrículo de **P. comersonii** apresenta-se com forma irregular, aproximadamente trapezoidal, diferindo daqueles descritos em outras espécies. É importante observar que esta estrutura exibe uma grande variação no que se refere à forma, podendo ser cônico (MOTT, 1950), cilíndrico (THOMAS, 1963), retangular (SRIVASTAVA, 1965), fusiforme (SING, 1967) ou prismático (SING, 1967). Como na maioria dos peixes, o ventrículo apresenta-se coberto látero-ventralmente por expansões ou dobras do átrio, sendo que os feixes musculares da sua parede entrecruzam-se em várias direções, originando um grande número de dobras, o que reduz a sua cavidade interna. Situação semelhante à de **P. commersonii** pode ser também observada em **Amphipnous cuchia** (MUNSHI e MISHRA, 1974) e **Rita rita** (CHATURVEDI, 1974), onde sua região anterior está parcialmente recoberta pelo átrio. A presença de parede espessa com numerosas fossetas confere ao ventrículo da espécie em estudo um aspecto esponjoso. Da mesma forma como em **Garra mullia** (SAXENA e BAKHSI, 1966), neste caso pode-se percebê-lo organizado internamente por um emaranhado de fibras musculares, originando um reduzido lúmen.

ÁTRIO -- Sua parede, formada por feixes musculares entrecruzados, exibe um aspecto delicado, situação que parece ser característica para várias espécies (MOTT, 1950; KLITGAARD, 1978). Além disso, como nos casos anteriores, na espécie em estudo pode-se verificar a presença de lóbulos que se sobrepõem no lado direito do ventrículo. Mesmo assim, em **Claria batrachus** (SRIVASTAVA, 1965) o átrio exibe parede espessa e esponjosa, com formação de fossetas e fendas. A ampliação da cavidade central

do átrio de *P. commersonii* não diverge daquela presente nas demais espécies estudadas (SRIVASTAVA, 1965; MAHESHWARI, 1966; THOMAS, 1963), embora em alguns casos tal órgão esteja subdividido em dois (NAIR, 1976) ou até três compartimentos (CHATURVEDI, 1974), o que não é o caso do animal em estudo. A forma e a localização das válvulas nas diferentes câmaras do coração dos peixes varia de espécie para espécie. Um grande número de peixes apresenta, por exemplo, válvulas sino-atriais (THOMAS, 1963; SRIVASTAVA, 1965 e 1966; SAXENA & BAKHSHI, 1966; CHATURVEDI, 1974). No caso de *P. commersonii* esse tipo de estrutura inexistente, pois não há uma quarta câmara, denominada pelos estudiosos como seio venoso. Tal característica anatômica faz com que a veia hepática e os ductos de Cuvier abram-se diretamente no átrio. Por outro lado, duas válvulas bem desenvolvidas, denominadas átrio-ventriculares, limitam o contato entre o átrio e o ventrículo. Esse resultado está de acordo com o verificado em um grande número de espécies estudadas (THOMAS, 1963; SRIVASTAVA, 1965 e 1966; MAHESHWARI, 1966; SAXENA e BAKHSHI, 1966). Isto sem mencionar a situação onde a abertura átrio-ventricular não é protegida por válvula, como ocorre em *Protepterus aethiopicus* (NAIR, 1976), apesar de se verificar, neste caso, a presença de um tampão de natureza fibro-cartilaginosa.

MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

O desenvolvimento da microscopia eletrônica de varredura acrescentou novas dimensões no estudo topográfico dos componentes do coração. Trata-se de técnica que, possibilitando o exame de peças relativamente grandes de tecido, associada a uma grande profundidade de campo, oferece uma visão tridimensional do relacionamento estrutural dos componentes do órgão. Estudos que utilizaram MEV para obter uma visão tridimensional da morfologia

do coração, são mais comuns em mamíferos (MYKLEBUST et al., 1980; DALEN et al., 1980; SYBERS e ASHBRAF, 1974 e SYBBERS, 1975), sendo de menor ocorrência à medida que se desce na escala zoológica (MIDTTUN, 1983; LEKNES, 1985). No presente trabalho, não se pretendeu explorar detalhes subcelulares dos diferentes compartimentos do coração de *P. commersonii*. Objetivou-se, nesta etapa de estudo, melhorar o acesso ao conhecimento em relação à estrutura anatômica do bulbo arterial, ventrículo e átrio. Em relação ao bulbo arterial, MEV mostrou uma espessa parede constituída por feixes paralelos de fibras, dispostas no sentido longitudinal do órgão, cujo aspecto morfológico lembra as elásticas. A presença de tais fibras é descrita por LEKNES (1985) ao estudar o coração e a aorta ventral do teleósteo *Pollachius virens*, utilizando esse tipo de metodologia. Por outro lado, o arranjo irregular dessas fibras no bulbo arterial de *P. commersonii* parece ser uma situação comum para os teleósteos (MIDTTUN, 1983; LEKNES, 1985), ao contrário do que se observa nos mamíferos, onde sua disposição na aorta e grandes vasos se dá em lâminas (CRISSMAN et al., 1980). Quanto ao átrio e ao ventrículo, um dos aspectos revelados pela microscopia de varredura é a interligação entre as trabéculas adjacentes no ventrículo. Estas parecem intensamente interlaçadas, surgindo daí numerosas fossetas ou cavidades, as quais são responsáveis pelo aspecto esponjoso dessa região. LEKNES (1985) menciona situação semelhante em *Pollachius virens*, onde é observada também a presença de filamentos citoplasmáticos entre as células do endocárdio no átrio.

AGRADECIMENTOS

À Professora Maria Eugênia Lopata, pela confecção do desenho; ao Professor Dr. Albino M. Sakakibara e ao Senhor Antonio Manuel Rodriguez, pe-

la documentação fotográfica; ao Professor Robin Hofmeister do Centro de Microscopia Eletrônica da UFPR pelo auxílio na MEV; à Senhora Vera Lúcia Pereira dos santos pela confecção das fotografias e ao CNPq pelo apoio financeiro.

RESUMO

No presente trabalho estudou-se o coração de **Plecostomus commersonii** Cuvier & Valenciennes, 1940 (Pisces), abordando-se a sua morfologia geral e organização tridimensional topográfica. O mesmo apresenta-se constituído por três câmaras: bulbo arterial, ventrículo e átrio. Não foi observado o seio venoso. O bulbo arterial estabelece ligação com a aorta ventral e com o ventrículo, sendo dotado de grossa parede com trabéculas bem desenvolvidas. O ventrículo, de forma trapezóide, possui uma cavidade central formada por tecido esponjoso, sobre o qual sobrepõe-se uma camada cortical compacta e delgada. O átrio é constituído externamente por cinco lóbulos. Sua parede é delicada e possui uma ampla cavidade central. Válvulas átrio-ventriculares limitam o contato entre esta câmara e o ventrículo.

SUMMARY

The anatomy of the heart of **Plecostomus commersonii** Cuvier & Valenciennes, 1940 (Pisces) and its topographical organization by the use of scanning electron microscopy has been studied. The heart, consisting of a bulbus arteriosus, ventricle and atrium, is enclosed within the pericardium. The bulbus arteriosus does connection with the central aorta and with the ventricle. It shows a thick wall with prominent trabeculae. There are no valves between the bulbus and the aorta. The ventricle has a thin and compact cortical layer which is continuous with a very thick wall where

is a central spongy compartment. The atrium has an irregular surface and is organized in five lobes. It exhibits a central cavity. Átrio-ventricular apertures establish the limits between these two parts. It was found that, unlike other teleosts, *P. commersonii* does not contain the sinus venosus.

RÉSUMÉ

Dans ce travail on a étudié le coeur du *Plecostomus commersonii* Cuvier & Valenciennes, 1940 (Pisces) en abordant sa morphologie generale et organisation topographique avec la microscopie electronique. Le coeur est constitué de bulbe artériel, ventricule et atrium. On n'a pas observé le sein veineux. Le bulbe artériel établit une liaison avec l'aorte ventral et avec le ventricule qui possède une grosse paroi avec un proéminent trabeculae. Il n'a pas valvules entre le bulbe et l'aorte. Le ventricule a la forme d'un trapeze, et il a une cavité centrale de tissu spongieux sur laquelle se surpose une couche corticale compacte et fine. L'atrium est constitué exterieurement par cinq lobules. Sa paroi est délicate et une grande cavité centrale. Valvules atrium-ventriculaire, limitent le contact entre cette couche et le ventricule.

BIBLIOGRAFIA

- AGRAWAL, V.P. & R.C. DALELA. 1966. The heart of freshwater eel, *Macrogynatus aculeatus*. *Agra. Univ. J. Res.* 15: 83-90.
- ASHRAF, M. & SYBERS, H. 1975. Scanning electron microscopy of the heart after coronary occlusion. *Lab. Inv.* 32: 157-162.
- AZEVEDO, P.O. 1938. Cascudo dos açudes nordestinos, *Plecostomus plecostomus*. *Arq. Inst. Biol.* (São Paulo) 9: 211-224.

- CHATERVEDI, L.D. 1974. The heart of common Indian cat fish: *Rita rita* (HAM.). **Zool. Jb. Anat. Bd.** 92: 404-409.
- CRISMAN, R.S.; J.N. ROOS & T. DAVIS. 1980. Scanning microscopy of an elastic fiber network which forms the internal elastic lamina in canine saphenous vein. **Anat. Rec.** 1980: 581-593.
- DALEN, H.J.; P. SCHEIE; M. REISAR & T. SATEORAL. 1983. An ultrastructural study of cryofractured myocardial cells with special attention to the relationship between mitochondria and sarcoplasmic reticulum. **J. Microscopy** 131: 35-46.
- GEGENBAUR, C. 1891. *Conus arteriosus* der fische. **Morphol. J. b.** 17: 596-610.
- KLITGAARD, T. 1985. Morphology and histology of Australian lungfish *Neoceratodus forsteri* (Kreft) **Acta Zool.** 59: 187-198.
- LEKNES, I.L. 1985. A scanning electron microscopy study on the heart and ventral aorta in a teleost. **Zool. Anz.** 214: 142-150.
- LEMANSKI, L.F.; E. P. FITTS & B.S. MARX. 1973. Fine structure, composition and elastic properties of the teleost bulbus arteriosus in the carp *Cyprinus carpio*. **Comp. Biochem. Physiol.** 46A: 699-708.
- MAGALHÃES, A.C. 1931. **Monografia brasileira de peixes fluviais**. São Paulo Graphicars 260 pp.
- MAHESHWARI, S.C. 1966. The heart and venous system of *Mastomys armatus* (Lacep.). **Proc. Nat. Acad. Sci. India**, sect. B. 36: 577-584.
- McWILLIAM, J.A. 1885. On the structure and rhythm of the heart of the eel. **J. Physiol.** 6: 192-205.

- MIDTTUN, B. 1983. Ventricular myocardium of the pike **Esox lucius** L. Ultrastructure of the junctional region. **Zool. Anz.** **210**: 271-281.
- MOTT, J.C. 1950. The gross anatomy of the blood-vascular system of eel: **Anguilla anguilla**. **Proc. Zool. Soc.** **120**: 503-518.
- MYKLEBUST, R.; H. DALEN & T.S. SAETERSDAL. 1980. A correlative transmission electron microscopy of the pigeon myocardial cell. **Cell Tissue Res.** **207**: 31-41.
- MUNSHI, J.S.D. & N. MISHRA. 1974. Structure of the heart of **Anghipnous cuchia**. **Zool. Anz.** **193**: 228-239.
- NAIR, M.G.K. 1976. Some observations on the anatomy of the heart of the African lung fish **Protopterus aethiopicus**. **Proc. Indian Acad. Sci.** **84**: 6-11.
- PARSONS, C.W. 1930. The conus arteriosus in fishes **Q. J. Microsc. Sci.** **73**: 145.
- RANDALL, D.J. 1968. Functional morphology of the heart in fishes. **Am. Zoologis** **8**: 179-189.
- SAHAI, R. & D.S. CRAWLA. 1970. Gross anatomy and histology of the heart of **Punctius ticto**. **Zool. Anz.** **184**: 169-175.
- SAXENA, D.B. & P.L. BAKHSHI. 1966. Cardiovascular system of some fishes of the torrential streams in India. III: heart of **Garra mullia** and **Achizotorax niger**. **Vestnik Cesk. Spolecnosti Sool.** **30**: 323-336.
- SENIOR, H.D. 1907. The conus arteriosus in **Tarpon atlanticus**. **Biol. Bull.** **12**: 145-151.

- SING, R. 1967. A comparative study of the heart of **Channa punctatus** and **Amphipnous cucchia**. **Agra Univ. J. Res. Sci.** 16: 19-25.
- SMITH, W. C. 1919. On the process of disappearance of the conus arteriosus in teleosts. **Anat.Rec.** 15: 66-71.
- SRIVASTAVA, R.K. 1965. Studies on the morphology and physiology of the heart of **Claria batrachus**. I: The gross anatomy of the heart. **Zool. Anz.** 175: 310-316.
- SRIVASTAVA, R.K. 1966. Gross anatomy of the heart of the **Puntius sarana**. **Zool. Anz.** 176: 103-106.
- THOMAS, E.I. 1963. Studies on the heart of **Clarias magur**. **Agra Univ. J. Res.** 12: 59-68.
- THOMAS, E.I. 1967. The cardiac valves of **Ophiocephalus striatus**. **Sci. Cult.** 33: 83-84.
- THOMAS, E.I. 1968. The atro-ventricular valves of **Anabas scandens**. **Sci. Cult.** 34: 494.
- THOMAS, E.I. 1976. The minute anatomy of the heart of **Anabas testudineus**. **Zool. Anz.** 196: 397-404.
- WALKER, M.G.; R.M. SANTER; M.BENJAMIN & D. NORMAN. 1985. Heart structure of some deep-sea fish. **J. Zool.** 205: 75-90.