

Características ultraestruturais do segmento abdominal da aorta de rato albino

Josiane Medeiros de Mello^{1*}, Márcia Miranda Torrejais², Selma Maria Michelin Matheus³, Raquel Fantin Domeniconi³, Karina Simões⁴ e Antonio Marcos Orsi^{3,5}

¹Departamento de Ciências Morfofisiológicas, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ²Centro de Ciências Médicas e Farmacêuticas, Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil. ³Departamento de Anatomia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil. ⁴Centro Universitário de Rio Preto, São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. ⁵Universidade de Marília, Marília, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: jmello@uem.br

RESUMO. O objetivo da presente pesquisa foi investigar as peculiaridades ultraestruturais da parede da aorta de rato. Foram utilizados sete ratos albinos, adultos jovens, dos quais foram coletados fragmentos da aorta abdominal infra-renal. Após a coleta, os segmentos vasculares foram fixados e encaminhados para a rotina de microscopia eletrônica de transmissão e varredura. As lamelas elásticas aparecem interpostas às fibras musculares lisas, sendo essa disposição principalmente notada na túnica média da parede vascular. Entre as fibras musculares lisas e as lamelas elásticas, observa-se um inter-relacionamento aparentemente estreito, feito por conexão e ancoramento entre ambos os elementos murais por meio de lamelas de colágeno. A túnica íntima da aorta abdominal do rato mostra algumas peculiaridades ultraestruturais marcantes, tais como a interrupção, em certos locais da parede, de continuidade da lâmina elástica interna, interrupção acompanhada por poros endoteliais, de certa extensão, suprajacentes à falha na estrutura elástica intimal. Este padrão de constituição mural, com destaque aos ancoramentos elástico-musculares, via o colágeno, parece garantir propriedades fundamentais da parede vascular, concernentes à hemodinâmica, tal como o cisalhamento, normalmente notado entre os estratos superpostos da parede vascular, bem como a contratilidade e a visco-elasticidade da parede arterial.

Palavras-chave: aorta abdominal, ultraestrutura, rato albino.

ABSTRACT. Mural features of the abdominal aortic segment of albino rat. The objective of the present research was to investigate the ultrastructural peculiarities of the aortic wall of the rat. Seven young adult rats were used, from which fragments of the infrarenal abdominal aorta were collected. After collection, the vascular segments were fixed and sent for analysis by scanning electron microscope. The elastic lamellae appear interposed with smooth muscular fibers; this pattern was verified mainly at the medial layer structure. Among the mural elements a well defined interrelationship was established through connective lamellae of the arterial wall. The collagen lamellae mainly provided anchoring among the elastic and smooth muscular constituents. The intimal layer showed special ultrastructural features, such as a non-continuous inner elastic lamina presented in certain sites of the vascular wall, followed by endothelial pores. This mural pattern of the abdominal aorta provided support to vascular functions such as shrinkage among the laminar composition of the arterial layers, also acting in mechanical properties of the vascular wall, such as viscoelasticity and contractility – essential actions to blood vessel hemodynamics.

Key words: abdominal aorta, ultrastructure, albino rat.

Introdução

Relativamente, poucas investigações foram encontradas sobre a ultraestrutura mural da aorta de rato albino, embora, como afirmaram Stout e Thorpe (1980), apesar de serem escassas as investigações sobre a estrutura aórtica em não-primatas, a aorta tem sido usada, experimentalmente, em pesquisas sobre

arterioesclerose. Logo, investigar a ultraestrutura da parede aórtica no rato albino, sendo esse roedor um bom modelo biológico de uso laboratorial (Krinke, 2000), torna-se relevante, especialmente no segmento aórtico abdominal. Nesse, a estrutura histológica mostrou certa fragilidade em termos da construção lamelar da parede aórtica, não só no rato albino, mas também noutros mamíferos (Tanigawa *et al.*, 1985;

Awal et al., 1995; Viegas et al., 2001; Mello et al., 2004; Orsi et al., 2005). Nesses estudos, foi discutida uma possível correlação referente ao último aspecto apresentado, verificando a maior incidência de aneurismas aórticos ao nível abdominal, com base comparativa em dados de MacSweeney (1993).

Foi conduzido um estudo ultraestrutural geral, da aorta normal de rato por Keech (1960), lançando, talvez, as primeiras bases para definir a formação de unidades lamelares da túnica média, um conceito de fato postulado para a estrutura aórtica de alguns mamíferos por Wolinsky e Glagov (1967), e revisitado por Davis (1993), na parede aórtica de camundongo. No rato albino, ainda, foram caracterizadas certas peculiaridades ultraestruturais da túnica íntima tais como: a presença de proteínas de colágeno no endotélio vascular (Kerenyi et al., 1984); a morfologia endotelial do segmento aórtico torácico em ratos idosos (Aliev et al., 1995), e a distribuição de fibras musculares lisas na íntima de ratos em desenvolvimento (Kobayashi e Sakai, 1997). Sobre este último tema, fora apresentado um estudo sobre a presença de fibras musculares lisas na camada íntima de camundongos em desenvolvimento (Davis, 1993), sendo que ambos os estudos propuseram um modelo dinâmico à íntima vascular, com direta participação na hemodinâmica da aorta.

No próprio rato albino, a histologia aórtica foi enfocada, comparativamente com a estrutura microscópica da aorta de cobaio (Mello, 1999; Mello et al., 2004), quando os autores concluíram que o segmento abdominal aórtico, nestes roedores, efetivamente, apresenta os menores valores numéricos médios de lamelas elásticas na parede vascular, e tem menor calibre vascular e padrão estrutural mural misto, do tipo mioelástico, ao passo que nos segmentos precedentes observou-se padrão basicamente elástico na construção da parede aórtica. Dados similares foram encontrados em aortas de coelho (Viegas et al., 2001) e de cão (Haas et al., 1991; Orsi et al., 2005). Discutiu-se, inclusive, em termos hemodinâmicos, que um “certo adelgaçamento da parede vascular aórtica no trato abdominal deste vaso, seria compensado por certa diminuição pequena, porém relevante, da pressão arterial a este nível (Guyton, 1981)”. Contudo, a constatação da prevalência de aneurismas aórticos abdominais, em humanos, em nível abdominal (MacSweeney, 1993), soaria como um alerta importante sobre as condições hemodinâmicas e de homeostasia da parede vascular, no andar inframesocólico da cavidade abdominal.

Face ao embasamento teórico exposto, este trabalho teve por objetivo investigar as

peculiaridades ultraestruturais gerais da parede da aorta de rato albino, em nível abdominal. O rato é objeto deste estudo, em face de sua notória aplicabilidade biomédica e laboratorial, como “modelo” usado para várias investigações em ciências da vida, como bem se ressalta, inclusive em livro-texto, sobre a biologia deste roedor murídeo (Krinke, 2000).

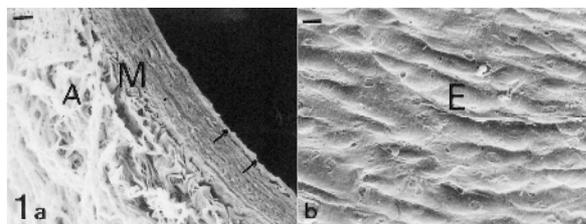
Material e métodos

Foram sacrificados, sob saturação anestésica, por inalação de éter etílico, sete ratos albinos (*Rattus norvegicus albinus*), da variedade Wistar, machos e adultos jovens (100 dias de idade). Após evisceração e exposição do segmento abdominal da aorta, foram coletados fragmentos transversais e longitudinais da aorta com tamanho aproximado de 0,5 cm cada. Estes fragmentos foram coletados com distância de 1,5 cm caudalmente a emergência da artéria renal esquerda. Imediatamente após a coleta, os segmentos vasculares foram fixados em solução de Karnovsky para estudos em microscopia eletrônica de transmissão (MET) e em microscopia eletrônica de varredura (MEV), junto ao Centro de Microscopia Eletrônica da Unesp em Botucatu, São Paulo, Brasil. Para os estudos em MET, os fragmentos da aorta abdominal, após 24 horas de fixação em solução de Karnovsky, foram pós-fixados com O_5O_4 a 1% a 4°C, durante 3 horas, no mesmo tampão do fixador utilizado (tampão cacodilato de sódio pH 7,2; 0,1 mol L⁻¹). A seguir, os materiais foram destinados para a rotina laboratorial de MET. Cortes semifinos, inicialmente obtidos, com 0,5 µm de espessura, foram corados com azul de toluidina a 1%, para a seleção de campos adequados, visando à obtenção ulterior de cortes ultrafinos (60 a 80 nm de espessura). Os cortes ultrafinos foram contrastados com acetato de chumbo e citrato de uranila, sendo, seqüencialmente, analisados e fotografados em microscópio eletrônico de transmissão Philips CEM 100 (Eindhoven, The Netherlands). Para os estudos de MEV, os fragmentos da aorta abdominal foram desidratados em seqüência crescente de acetona p.a., conduzidos à obtenção do ponto crítico (Balzers CPD-010, USA), metalizados com ouro coloidal (Balzers SCD-040, USA), e fotodocumentados em microscópio eletrônico de varredura Philips SEM 515 (Eindhoven).

Resultados e discussão

A estrutura geral do segmento abdominal da aorta do rato da variedade Wistar mostrou a seqüência usual de três camadas da parede arterial

que, da luz vascular para a túnica adventícia externa, compreendem a delgada túnica íntima, com um padrão pregueado, longitudinalmente, do endotélio delimitante da luz vascular; a “densa” túnica média e a frouxa túnica adventícia, assim visualizadas à dimensão de MEV (Figura 1a-b). As pregas longitudinais da túnica íntima atuam como uma espécie de reserva funcional desta camada, visando à acomodação da parede vascular durante a sístole ventricular. Assim sendo, cumpriram-se os requisitos da lei de *Laplace* referentes à distensão radial e ao estiramento longitudinal dos vasos arteriais, com especial destaque à aorta (Tindall e Svendsen, 1982). A aorta é constantemente submetida à elevada pressão sistólica do coração, o qual atua como bomba aspirante e premente do sangue circulante (Melbin e Detweiller, 1996; Guyton e Hall, 2000).

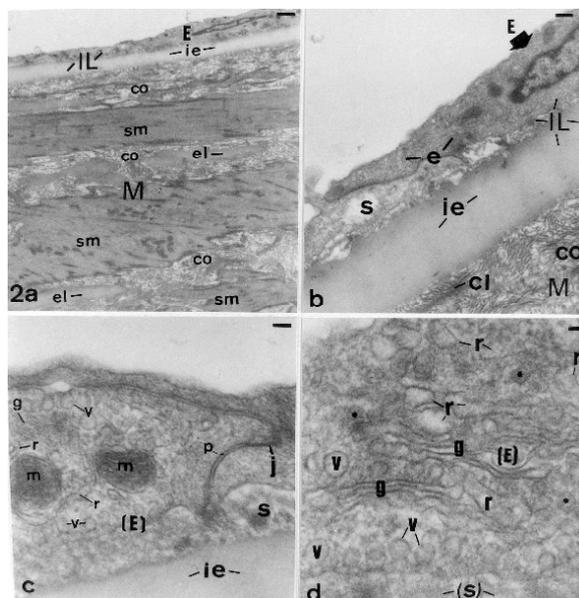


Figuras 1. a-b: Microscopia eletrônica de varredura da parede da aorta abdominal do rato albino mostra as túnicas íntima (setas), média (M), adventícia (A) e as ondulações do endotélio (E). Escala das barras em **a**, = 50 μ m, em **b**, = 13 mm.

A túnica íntima da aorta abdominal, em MET, mostrou o endotélio vascular baixo e estruturado por endoteliócitos com citoplasma delgado e alongado, e com núcleos fusiformes (Figuras 2a-b). No citoplasma dos endoteliócitos, notou-se um padrão muito vesicular, coexistindo as vesículas de diferentes formas, tamanhos e conteúdos, circunscritos por elas, com mitocôndrias, cisternas lamelares e vesiculares do retículo endoplasmático, predominantemente rugoso (RER), dictiossomos de complexos de Golgi adjacentes ao RER, e ribossomos livres (Figuras 2c-d). Interdigitações entre membranas plasmáticas laterais, de endoteliócitos adjacentes, foram vistas, com alguns apoios de membranas feitos por junções íntimas (Figura 2c).

O padrão vesicular citoplasmático dos endoteliócitos apareceu variável, ocorrendo vesículas com membrana, tendo conteúdo menos eletropaco; estando próximas ao Golgi (Figura 2c), e ao nível do citoplasma apical (Figura 2d). Vesículas escuras foram também visualizadas junto à face trans do Golgi e esparsas no citoplasma apical (Figura 2d).

Na face cis do Golgi, próximo da membrana plasmática basal, notaram-se vesículas com revestimento pouco nítido de membrana e conteúdo intermediário (em termos de eletropacidade), entre as vesículas revestidas e as vesículas escuras (trans-Golgi), as quais se aproximavam muito do espaço subendotelial frouxo da camada íntima (Figura 2d). O significado deste padrão vesicular, com base em pesquisa ultraestrutural prévia desenvolvida no endotélio vascular de capilares testiculares do cão (Duarte *et al.*, 1995) e com base em descrições de biologia celular geral e do sistema cardiovascular (Alberts *et al.*, 1987; Hees, 1990), poderia significar a ocorrência de papéis metabólicos ativos nos endoteliócitos aórticos do rato albino, com a ocorrência de processos de secreção de proteína e de endocitose.



Figuras 2. a-d: Microscopia eletrônica de transmissão da parede da aorta abdominal do rato albino mostra as túnicas íntima (IL) e média (M), endotélio (e), endoteliócitos (E), lâmina elástica interna (ie), espaço subendotelial (s), fibras colágenas (co), lamelas colágenas (cl), células musculares lisas (sm), lamelas elásticas (el); vesículas (v), vesículas escuras (*) mitocôndrias (m), aparelho de Golgi (g), retículo endoplasmático rugoso (r), membranas plasmáticas adjacentes (p) com junções íntimas (j). Escala das barras = 0.83 μ m em **a**, 0.24 μ m em **b**, 0.08 μ m em **c**, e 0.05 μ m em **d**.

A lâmina elástica interna (LEI), na íntima, mostrou-se uniformemente elástica (Figuras 2b, 3a), e está separada superiormente do tecido frouxo subendotelial (Figura 2a), o qual aparenta as características gerais de uma “membrana basal” delimitante do endotélio suprajacente, tal como fora proposto, de modo geral, para a estrutura mural de alguns vasos sanguíneos (Hees, 1990). Infrajacente à

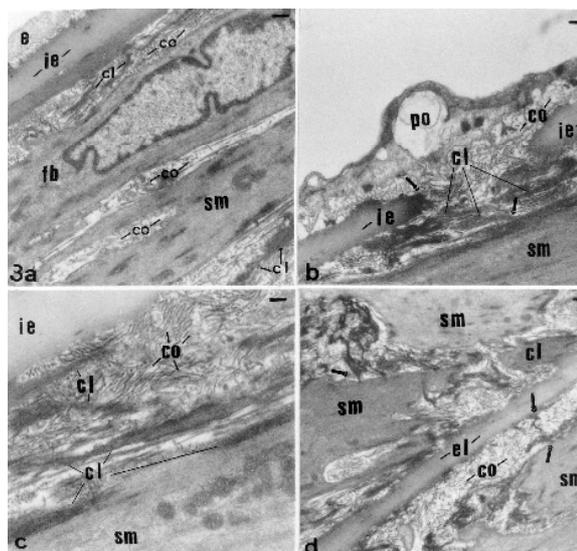
LEI, observou-se ancoramento fino feito por colágeno fibrilar, na camada média (Figura 2a), ocorrendo também algumas lamelas de colágeno, aparentemente ancoradas à LEI. Fibroblastos foram observados, neste espaço subintimal; já, nos domínios estruturais da média aórtica (Figura 3a), com possível significado histofisiológico de envolvimento na síntese e segregação do colágeno estrutural (Hees, 1990).

A LEI, em alguns locais da parede aórtica, mostrou-se descontínua, notando-se aparente extrusão de colágeno fibrilar-lamelar nas fendas formadas pela descontinuidade da LEI, ocorrendo também poros no endotélio suprajacente. Neste caso, verificou-se aparente “debridamento” do endotélio adjacente a um poro endotelial, e à descontinuidade estrutural da LEI (Figura 3b). O significado desta observação é difícil de interpretar, mas hipoteticamente poderia equivaler a uma falha de ancoramento entre os elementos conjuntivos (colágeno-elásticos) e as fibras musculares lisas circunjacentes, como já fora antes considerado (Haas *et al.*, 1991), embora sendo caracterizada, predominantemente, na aorta de animais mais idosos. Talvez, ainda em nível teórico, a patofisiologia do aneurisma aórtico se explicasse por ocorrências similares, havendo descontinuidade das unidades lamelares mioestromais (Davis, 1993). Essas poderiam acontecer, também, na parede da aorta humana, onde a casuística de aneurismas aórticos tem sido prevalente ao nível abdominal (MacSweeney, 1993).

A túnica média da aorta abdominal do rato albino, na dimensão de MET, mostrou-se estruturada por colágeno fibrilar e lamelar; lamelas elásticas e fibras musculares lisas, dispostas, geralmente, de forma entremeada, mas também, por vezes, constituindo complexo mosaico estrutural (Figuras 2a e 3). As fibrilas colágenas ocupam todos os espaços da camada média, desde o nível da lâmina elástica interna até as adjacências da túnica adventícia (Figura 3a). A adventícia, contudo, foi melhor evidenciada em MEV, onde apareceu como um mosaico de fibras e lamelas de tecido conjuntivo denso tendo diferentes orientações espaciais (Figura 1a). Face às observações em MEV, pressupõe-se padrão colágeno-elástico à adventícia aórtica do rato, o qual efetivamente foi comprovado nas observações anteriores de microscopia de luz (Mello, 1999; Mello *et al.*, 2004).

As lamelas colágenas da túnica média, na aorta abdominal do rato albino, apareceram isoladamente (Figura 3a), ou em grupos (Figura 3b), ou ainda apresentaram comportamento de adesão. Adesões de

lamelas colágenas foram vistas: (1) com a lâmina elástica interna descontínua (Figura 3b), ou intacta (Figura 3c); (2) com a membrana plasmática de fibra muscular lisa (Figura 3c); (3) entre fibras musculares lisas adjacentes, e (4) aparentemente lamelas colágenas conectavam lamela elástica à membrana plasmática de fibra muscular lisa circunjacente (Figura 3d).



Figuras 3. a-d: Microscopia eletrônica de transmissão da parede da aorta abdominal do rato albino mostra o endotélio (e), e um poro (po) em nível endotelial, lâmina elástica interna (ie), fibras colágenas (co), fibroblasto (fb), lamelas colágenas (cl), células musculares lisas (sm), lâminas elásticas (el) e adesão das lamelas colágenas (setas), em diferentes níveis. Escala das barras = 0.3µm em a, 0.35 µm em b, 0.15 µm em c, and 0.23 µm em d.

O padrão ultraestrutural, descrito na túnica média da aorta abdominal do rato albino, reforça dois conceitos antes emitidos, sendo o primeiro concernente à ocorrência de unidades lamelares presentes na média aórtica (Wolinsky e Glagov, 1967; Davis, 1993), com aparente predomínio de lamelas elásticas presentes predominantemente nos segmentos aórticos proximais ao coração. O outro conceito concerne à presença de um “sistema mioestromal”, ou seja, a constituição de um padrão miofibroso presente na média aórtica, o qual envolve a presença e o inter-relacionamento entre fibras musculares lisas, fibras e lamelas colágenas e elásticas, respectivamente (Mello *et al.*, 2004). Um padrão mioestromal da camada média fora postulado, em outros trabalhos, para a aorta humana e para a aorta de alguns mamíferos (Dingemans *et al.*, 1981; Clark e Glagov, 1985; Tanigawa *et al.*, 1985; Awal *et al.*, 1995; Mello, 1999; Viegas *et al.*, 2001; Mello *et al.*, 2004; Orsi *et al.*, 2005).

O padrão lamelar aórtico, ou talvez o conceito

mais apropriado de presença, na média aórtica, de um padrão estrutural mioestromal (mioconjuntivo), em tese, poderia garantir a modulação do tônus muscular liso e a contratilidade da parede vascular (Dingemans *et al.*, 1981; Clark e Glagov, 1985). Aparentemente, suportaria ainda o papel visco-elástico da parede arterial (Mello, 1999; Mello *et al.*, 2004), o qual fora postulado por Sthebens (1996) com base em modificações arquiteturais da parede vascular durante a sua hemodinâmica. A hemodinâmica arterial, outrossim, parece explicar a relativa diminuição do número de lamelas elásticas no trato abdominal aórtico, onde uma ligeira queda da pressão arterial do sangue circulante pode ser observada (Guyton, 1981).

Por outro lado, foi constatado, neste relato, que os ancoramentos feitos, por meio de lamelas de colágeno, principalmente entre lamelas elásticas e fibras musculares lisas, se mantêm no nível mural aórtico abdominal. O ancoramento, ou fixação, de lamelas elásticas às fibras lisas, e mesmo dessas entre si, via colágeno lamelar, parece garantir o estado de higidez da parede vascular, conforme discutiram Haas *et al.* (1991). Para os autores, em tese, a falência de ancoramentos mioelásticos ou daqueles feitos entre fibras musculares lisas adjacentes, onde o colágeno seria o elemento conectivo, traria, como consequência, a ruptura da parede vascular. Essa poderia, talvez, ser uma das bases da patofisiologia do aneurisma aórtico, de elevada incidência no trato aórtico abdominal e de maior ocorrência, relativa, em indivíduos mais idosos (MacSweeney, 1993).

Conclusão

O segmento abdominal da aorta de rato albino tem estrutura geral mista, miofibroelástica, verificada em nível da túnica média, onde as fibras musculares lisas se colocam, predominantemente, de permeio às lamelas elásticas, ocorrendo ancoramento, ou fixação, entre estes componentes murais por meio de lamelas de colágeno, estabelecendo-se unidades lamelares distintas. Caracterizou-se, na ultraestrutura da média, um padrão mioestromal, o qual parece assegurar propriedades da parede vascular como a visco-elasticidade e a contratilidade. A contratilidade vascular, com o seu inerente papel hemodinâmico, parece ser, também, dependente da arquitetura da túnica íntima, na qual o endotélio forma pregas longitudinais distintas. A essas pregas, cuja interpretação tem base na existência de suporte teórico prévio, atribuir-se-ia um papel de reserva funcional da parte adluminal da parede aórtica, visando atender os requisitos da lei de Laplace, concernentes à distensão radial e ao estiramento

longitudinal da aorta, que possibilitam, também, a hemodinâmica da parede vascular. Efetivamente, em nível teórico, tanto as unidades mioestromais da média, quanto a reserva funcional de distensão-estiramento do endotélio (íntima), suportariam a função arterial hemodinâmica. Isso, ainda mais na aorta que é submetida constantemente ao impacto da pressão sistólica do coração, e a propagação da onda de contração cardíaca que se sucede ao pulso sistólico do ventrículo cardíaco esquerdo. Ademais, os ancoramentos observados, na composição das formações lamelares mioestromais, parecem garantir a homeostasia da parede arterial enquanto permitem a coesão entre os elementos estruturais da parede aórtica, bem como a visco-elasticidade da parede vascular. Eventualmente, a perda da coesão mioestromal, ou do visco-elasticidade mural, e mesmo a presença de ateromas, ocorrendo em nível intimal, condições estas mais prevalentes em idosos, suportariam, em termos, algumas das bases patofisiológicas de transtornos vasculares, como a ocorrência de aneurismas arteriais, com prevalência na aorta abdominal, e da arterioesclerose.

Agradecimentos

Ao Centro de Microscopia Eletrônica (Unesp) de Botucatu. Este trabalho teve apoio financeiro do CNPq (Processo 30.1242/80, 08/98).

Referências

- ALBERTS, B. *et al.* Células diferenciadas y formación de los tejidos. In: ALBERTS, B. *et al.* *Biología molecular de la célula*. Barcelona: Omega, 1987. p. 955-1018.
- ALIEV, G. *et al.* Thoracic aortic endothelium in aged rats. *J. Submicr. Cytol. Pathol.*, Siena, v. 27, p. 477-490, 1995.
- AWAL, M.A. *et al.* Morphometrical changes of the arterial walls of main arteries from heart to the abdomino-inguinal mammary glands of rat from virgin to pregnancy, lactation and post-weaning. *J. Vet. Med. Sci.*, Tokyo, v. 57, p. 251-256, 1995.
- CLARK, J.M.; GLAGOV, S. Transmural organisation of the arterial media: the lamellar unit revisited. *Arteriosclerosis*, New York, v. 5, p. 19-34, 1985.
- DAVIS, E.C. Smooth muscle cell to elastic lamina connections in developing mouse aorta. *Lab. Invest.*, Hagerstown, v. 68, p. 89-99, 1993.
- DINGEMANS, K.P. *et al.* Ultrastructure of the normal human aortic media. *Virchows Arch. Pathol. Anat.*, Berlin, v. 392, p. 199-216, 1981.
- DUARTE, H.E. *et al.* Ultrastructural characteristics of the testicular capillaries in the dog (*Canis familiaris* L.). *Anat. Histol. Embryol.*, Berlin, v. 24, p. 73-76, 1995.
- HAAS, K.S. *et al.* The architecture of the adventitial elastin in the canine infrarenal aorta. *Anat. Rec.*, New York, v. 230,

- p. 86-96, 1991.
- HEES, H. Das Kardiovaskulare System. In: HEES, H. *Zytologie, Histologie und mikroskopischen Anatomie der Haussaugetiere*. Berlin und Hamburg: Paul Parey, 1990. p. 84-97.
- GUYTON, A.C. *Tratado de fisiologia médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1981.
- GUYTON, A.C.; HALL, J.E. *Fundamentos de Guyton: tratado de fisiologia médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- KEECH, M.K. Electron microscope study of the normal rat aorta. *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, Philadelphia, v. 7, p. 533-538, 1960.
- KERENYI, T. et al. Presence of connective proteins on the endothelium of the rat aorta. *Exp. Mol. Pathol.*, Berlin, v. 40, p. 380-390, 1984.
- KOBAYASHI, N.; SAKAI, T. Emergence and distribution of intimal smooth muscle cells in the postnatal rat aorta. *Cell Tiss. Res.*, Heidelberg, v. 289, p. 487-497, 1997.
- KRINKE, G.J. *The laboratory rat*. New York: Academic Press, 2000.
- MacSWEENEY, S.T.R. Pathophysiology of aneurism disease. *Lancet*, London, v. 341, p. 215-220, 1993.
- MELBIN, J.; DETWEILLER, D.K. Sistema cardiovascular e fluxo sanguíneo. In: SWENSON, M.J.; REECE, W. (Ed.). *Dukes fisiologia dos animais domésticos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 57-80.
- MELLO, J.M. *Estrutura da aorta e da artéria ilíaca externa de cobaio: aspectos comparativos com o rato albino e ave doméstica*. 1999. Tese (Doutorado em Anatomia)—Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.
- MELLO, J.M. et al. Structure of the aortic wall in the guinea pig and rat. *Braz. J. Morphol. Sci.*, São Paulo, v. 21, p. 35-38, 2004.
- ORSI, A.M. et al. Some segmental features of the aortic wall of the dog. *Anat. Histol. Embryol.*, Berlin, v. 33, p. 131-134, 2005.
- STHEBENS, W.E. Structural and architectural changes during arterial development and the role of hemodynamics. *Acta Anat.*, Basel, v. 157, p. 261-274, 1996.
- STOUT, L.C.; THORPE, L.W. Histology of normal aortas in non-human primates with emphasis on diffuse intimal thickening. *Artherosclerosis*, New York, v. 35, p. 165-180, 1980.
- TANIGAWA, M. et al. Histological study on the arterial wall of Göttingen miniature swine. *Exp. Anim.*, Niigata, v. 35, p. 35-45, 1985.
- TINDALL, A.R.; SVENDSEN, E. Intimal folds of the rabbit aorta. *Acta Anat.*, Basel, v. 113, p. 169-177, 1982.
- VIEGAS, K.A. et al. Características estructurales de la aorta del conejo (*Oryctolagus cuniculus*). *Rev. Chil. Anat.*, Santiago, v. 19, p. 131-137, 2001.
- WOLINSKY, H.; GLAGOV, S. A lamellar unit of aortic medial structure and function in mammals. *Circ. Res.*, Baltimore, v. 20, p. 99-111, 1967.

Received on June 06, 2007.

Accepted on August 22, 2007.