

ARTIGO DE REVISÃO. O LIGAMENTO PERIODONTAL

Olivia Teles N*, Magalhães MC**

RESUMO: Neste artigo, os autores fazem uma revisão de alguns aspectos morfológicos do ligamento periodontal (LPD). Como tecido conjuntivo fibroso denso que é, o componente celular do LPD é essencialmente constituído por fibroblastos, havendo ainda cimentoblastos, osteoblastos, células mesenquimatosas indiferenciadas, células epiteliais, osteoclastos e algumas células de defesa. O estroma, fibroso, é constituído por fibras de colagénio (tipo I e tipo III), altamente organizadas em feixes contendo ainda, consoante as espécies, fibras oxitalânicas ou fibras elásticas. A substância fundamental é, na sua maioria, constituída por proteoglicanos e glicoproteínas. O LPD é muito vascularizado, possuindo uma vascularização designada primária — artérias alveolares superiores e inferiores — e uma vascularização acessória — do compartimento ósseo. A distribuição do sistema de fibras nervosas não é homogénea e os nervos provêm directamente do nervo alveolar ou do nervo dental; são ainda descritos mecanorreceptores, de elevada importância fisiológica e clínica.

ABSTRACT: This article a revision of some morphological aspects of the periodontal ligament (PDL). Like all other soft fibrous connective tissues, its main cells are the fibroblasts, although other cells, such as cementoblasts, osteoblasts, undifferentiated mesenchyme cells, epithelial cells, osteoclasts and defence cells can be found. The fibrous matrix is very rich in collagen fibres (types I and III) which are highly organized into bundles; it may also include oxytalan, or elastic fibres, according to the species. The PDL is highly vascular, it has a major vascular system — the superior and inferior alveolar arteries — and a subsidiary vascular system in the bony compartment. The distribution of the nerve fibre system is not homogeneous; the nerves are derived directly from the alveolar nerve of the dental nerve; some mechanoreceptors which have proven to be of great physiological and clinical importance are also described.

Palavras-chave: Ligamento periodontal, Periodonto.

Key-words: Periodontal ligament, Periodontium.

INTRODUÇÃO

O ligamento periodontal (LPD) é o tecido conjuntivo fibroso que ocupa o espaço periodontal situado entre a raiz do dente e o osso alveolar.

Tem origem no folículo ou saco dentário, que se forma a partir da condensação do mesênquima logo após a formação do órgão do esmalte e da papila dentária. Faz parte do periodonto que engloba, para além do LPD, o cimento, o osso alveolar e a gengiva (Fig. 1) (14). É contínuo com a lâmina própria da gengiva acima da crista alveolar e com a polpa dentária na região do foramen apical (Esquema 1); estas continuidades explicam o aparecimento de periodontites, com ponto de partida em gengivites ou lesões pulpares.

* Assistente Convidada
Faculdade de Medicina Dentária — Universidade do Porto
** Professora Catedrática
Instituto de Histologia e Embriologia
Centro de Morfologia Experimental, Faculdade de Medicina
Universidade do Porto

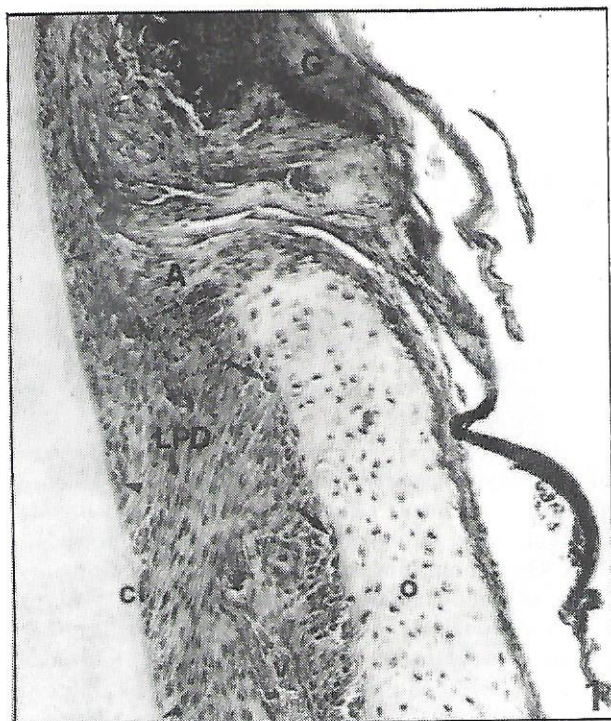
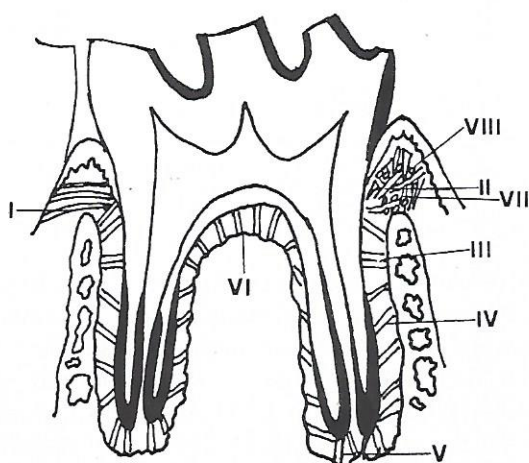


Fig. 1 — Corte longitudinal do ligamento periodontal (LPD) do Rato. Observar a sua continuidade com a lâmina própria da gengiva (G) ao nível da crista alveolar (A). Notar a orientação geral das células e fibras: perpendicular ao nível de A e oblíqua na região apical. Observar ainda os vasos sanguíneos (v), os osteoblastos (setas) junto do osso alveolar (O) e os cimentoblastos (cabeças de seta) junto do cimento (ci). $\times 148$



Esquema 1 — Diagrama do ligamento periodontal (LPD) do primeiro molar do Rato indicando os diferentes grupos de feixes assinalados no texto. I — interdentário; II — dento-gingival; III — horizontal; IV — oblíquo; V — apical; VI — interradicular; VII — alveologingival; VIII — circular.

O LPD tem, essencialmente, as seguintes funções:

- 1 — Suporte dentário, sendo responsável pela restrição dos movimentos dentários, quando sujeito a forças mastigatórias e ortodônticas (especialmente na região do ápice radicular).
- 2 — Manutenção da posição funcional do dente — erupção e “drift”.
- 3 — Produção, nutrição, manutenção e reparação do osso alveolar e cimento.
- 4 — Controle neurológico da mastigação, através de mecanorreceptores nele incluídos.

Tal como outros tecidos conjuntivos fibrosos densos, o LPD é constituído por células, fibras e substância fundamental, contendo ainda vasos sanguíneos e nervos. O componente celular é representado fundamentalmente por fibroblastos, embora possua cimentoblastos, osteoblastos, etc. O estroma, fibroso, é constituído essencialmente por fibras de colagénio e pequenas quantidades de fibras oxitalânicas, componente microfibrillar das fibras do sistema elástico. A substância fundamental é rica em proteoglicanos e glicoproteínas.

Células

O LPD é um tecido altamente celular, calculando-se que cerca de 50% do seu volume (excluindo vasos sanguíneos) seja ocupado por células (4,43); no entanto, esta percentagem pode variar consoante as espécies (7). As células de tecido conjuntivo predominantes são os fibroblastos, seguindo-se os cimentoblastos, que cobrem a superfície do cimento e os osteoblastos, na superfície do osso alveolar. Fazem também parte do ligamento células de defesa, células epiteliais (restos de Malassez) e osteoclastos. O tipo e o número de células varia consoante o estado funcional do ligamento e a sua vitalidade (44).

1. Fibroblastos

Os fibroblastos do LPD humano têm sido descritos como células ovóides, achatadas (24) ou fusiformes. Para Roberts e Chamberlain (39), no rato, eles seriam pleomórficos. Shore e Berkovitz (41) compararam-nos a discos achatados, com diâmetro médio de aproximadamente 30 μm e

contorno irregular devido à presença de numerosos prolongamentos citoplasmáticos. Em corte longitudinal do dente, *in situ* (Fig. 1), os fibroblastos seguem, por via de regra, a orientação das fibras colagénias. Sob o ponto de vista ultraestrutural (Fig. 2), têm um núcleo proeminente, que ocupa cerca de 25% do volume celular e contém pelo menos um nucléolo (4,58). O citoplasma apresenta todos os organelos característicos das células secretoras: retículo endoplasmático rugoso (rer), com cisternas dispostas em fiadas paralelas, fre-



Fig. 2 — Ultraestrutura do fibroblasto do ligamento periodontal humano rodeado de fibras colagénias (c). Observar a escassez do citoplasma em relação ao núcleo (N). rer — retículo endoplasmático rugoso; * — mitocôndria; G — área de Golgi. $\times 16.800$

quentemente dilatadas e cheias de material opaco aos electrões (4); mitocôndrias pequenas, distribuídas pelo citoplasma sem qualquer ordenação, geralmente alongadas e de pequeno diâmetro; complexo de Golgi, que se localiza geralmente junto do núcleo e vesículas de secreção, de tamanho variado e densidade electrónica heterogénea. Além destes organelos, descrevem-se ainda lisossomas, microfilamentos, microtúbulos, centríolos e cílios. Os microfilamentos têm um diâmetro médio de cerca de 6 nm e encontram-se dispersos por todo o citoplasma podendo, contudo, organizar-se em feixes (“stress fibres”), situados sob a membrana celular. Os microtúbulos, de diâmetro médio de 22 nm, estão dispersos por todo o citoplasma parecendo terem parte importante na manutenção da forma da célula e no transporte intracelular (5,26). Os centríolos, muitas vezes associados a microtúbulos, são constituídos por um corpo basal semelhante ao descrito noutras células. Os cílios são do tipo $9 \times 2 + 0$ (8) e a sua função é desconhecida. É frequente observar-se a presença de colagénio intracelular, o que parece estar relacionado com a degradação deste material pelo fibroblasto; este mesmo aspecto foi verificado em fibroblastos do LPD em cultura (9); todavia, nesta situação os fibroblastos apresentam-se fusiformes e semelhantes a miofibroblastos, isto é, apresentam características comuns a fibroblastos e a fibras musculares lisas; o núcleo é de contorno irregular e o citoplasma tem proeminentes feixes de microfilamentos, provavelmente filamentos intermédios, de 10 nm, que poderão estar implicados na erupção dentária. Entre os fibroblastos têm sido descritas junções intercelulares, sendo a mais frequente o desmossoma pontual e, ocasionalmente, a junção de hiato (“gap junction”) e a junção apertada (“tight junction”).

2. Cimentoblastos

Do ponto de vista histológico, o cimento é semelhante ao osso, apresentando uma matriz calcificada; o cimento estende-se da região do colo dentário ao ápice radicular sendo, no terço superior da raiz, acelular. Nos dois terços inferiores e na região imediatamente adjacente à dentina, observam-se os cimentócitos incluídos em lacunas e os cimentoblastos dispostos em fiada contínua, ao longo da matriz do cimento em formação. Ao contrário do osso, o cimento não

apresenta sistemas de Havers com vascularização; o cimento é, pois, avascular. Todavia, em indivíduos idosos, pode ocorrer vascularização, sobretudo no ápice radicular. Os cimentoblastos do LPD são células semelhantes aos osteoblastos mas apresentam contorno mais irregular, dependente do seu estado funcional.

3. Osteoblastos

Os osteoblastos são células formadoras de osso dispendo-se ao longo da superfície óssea onde se processa a formação activa de osso alveolar. Morfologicamente, são células que raramente apresentam figuras de mitose e possuem citoplasma basófilo, com numerosos prolongamentos. A nível ultraestrutural, o núcleo é geralmente redondo e proeminente; o aparelho de Golgi e o rer são mais desenvolvidos que nos cimentoblastos. Os osteoblastos contactam entre si por desmossomas ou junções apertadas.

4. Células mesenquimatosas indiferenciadas

As células mesenquimatosas indiferenciadas têm normalmente disposição perivascular, são de pequenas dimensões e têm citoplasma escasso. Admite-se que tenham a potencialidade de se diferenciar em qualquer tipo de célula de tecido conjuntivo e, daí, a sua importância na constituição celular total do ligamento.

5. Células de defesa

5.1. Macrófagos

Os macrófagos, derivados de monócitos sanguíneos, têm uma estrutura variável consoante o seu estado funcional. A sua principal característica é a presença de grande quantidade de lisossomas e de vesículas de densidade variável; são dotados de abundantes prolongamentos finos, em relação com a capacidade de fagocitose.

5.2. Mastócitos

Os mastócitos localizam-se frequentemente na vizinhança de vasos sanguíneos; apresentam a típica estrutura do mastócito, com grande quanti-

dade de granulações metacromáticas, para além de outros organelos citoplasmáticos (Fig. 3).

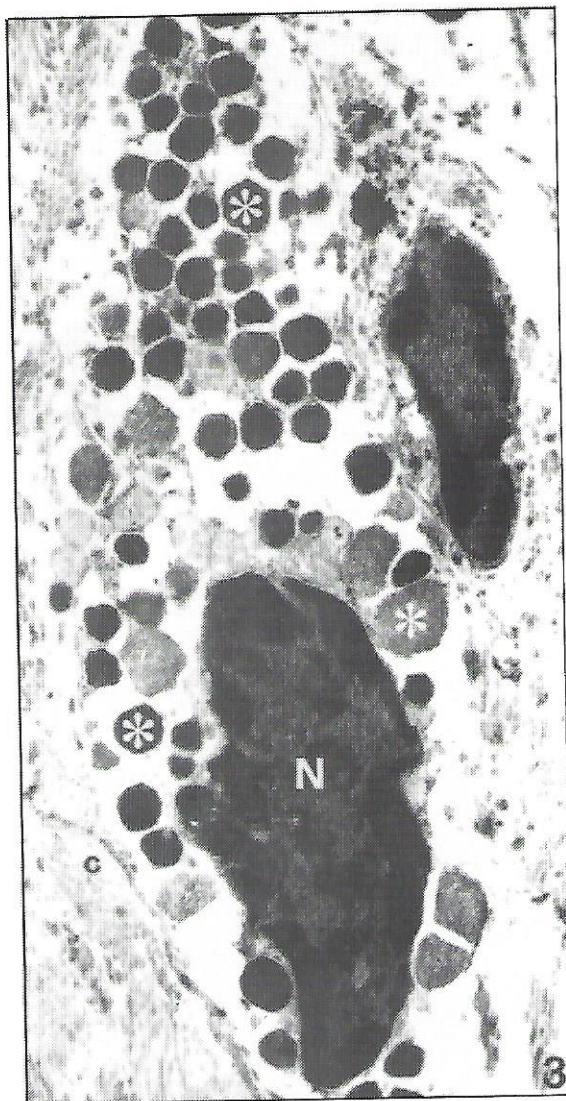


Fig. 3 — Ultraestrutura de um mastócito de ligamento periodontal humano. Observar o elevado número de grânulos intracitoplasmáticos (*). $\times 19.800$

5.3. Eosinófilos

Os eosinófilos aparecem ocasionalmente no LPD; apresentam os típicos grânulos citoplasmáticos com estrutura cristalóides, que coram intensamente pelos corantes ácidos; o seu núcleo pode apresentar-se bilobado.

6. Células epiteliais

Agregados de células epiteliais, vulgarmente designados por restos de Malassez (Fig. 4), são achados frequentes no LPD; trata-se de resíduos de células epiteliais, provenientes da bainha radicular epitelial de Hertwig, aquando da formação da raiz e localizam-se, por via de regra, junto ao cimento. No Homem parecem variar com a idade, em número e em topografia. Estas células distinguem-se das do tecido conjuntivo por se apresentarem geralmente em grupos e corarem mais intensamente que as células circundantes. Possuem membrana basal, por vezes fragmentada, e o seu núcleo é de contorno irregular. O significado funcional das células epiteliais é ainda desconhecido.

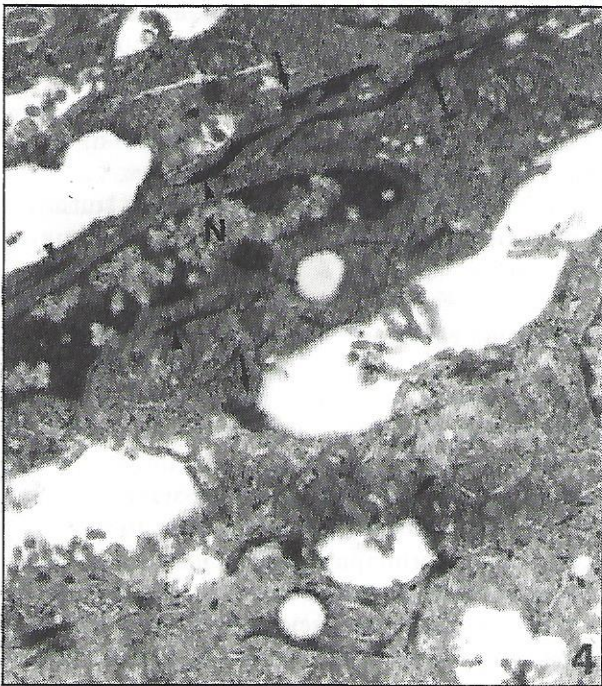


Fig. 4 — Célula epitelial de ligamento periodontal humano (restos epiteliais de Malassez). Observar os demossomas (seta) e os tonofilamentos (cabeça de seta). $\times 17.500$

7. Osteoclastos

Os osteoclastos são células gigantes multinucleadas; localizam-se nas zonas onde ocorre reabsorção óssea, em invaginações, designadas por

lacunas de Howship; o seu citoplasma acidófilo tem muitas vezes um aspecto esponjoso. Em microscopia de luz, o osteoclasto apresenta aspecto estriado, semelhante à bordadura em escova ("ruffled border"). A nível ultraestutural, a sua superfície tem numerosas invaginações e no citoplasma observa-se o complexo de Golgi, mitocôndrias, grânulos escassos, vacúolos e cisternas de rer.

Fibras

São essencialmente constituídas por colagénio (aproximadamente 90%), embora se encontrem pequenas quantidades de fibras oxitalânicas (componente microfibrillar das fibras do sistema elástico) e, em algumas espécies, fibras elásticas (Fig. 5).



Fig. 5 — Ultraestrutura das fibras do ligamento periodontal humano. Observam-se fibras de colagénio em corte longitudinal com estrias transversais típicas (seta pequena) e um feixe de colagénio em corte transversal (c). Notar as fibras oxitalânicas cortadas longitudinalmente (seta grande) constituídas por microfibrilas. $\times 45.000$

1. Colagénio

A maior parte do colagénio que se encontra no LPD é de tipo I, embora cerca de 20% seja de tipo III, abundante nos tecidos fetais (2,16). Ambos são colagénios fibrilares, isto é, organizam-se em fibrilas de colagénio. Recentemente, foi descrita no LPD a

presença de colagénio de tipo XII (forma não fibrilar), cujo significado funcional é desconhecido (21); o colagénio deste tipo, também designado FACIT (fibril associated collagens with interrupted triple helices), situa-se geralmente na vizinhança dos colagénios tipo I e III, com os quais se pode ligar. A quantidade total de colagénio no LPD, em termos de peso sêco, é da ordem dos 50% do tecido.

A molécula de colagénio é composta por três cadeias polipeptídicas alfa (α), tendo cada uma composição aminoacídica característica: cerca de 33% é constituída por glicina, 10% por prolina e 10% por hidroxiprolina; a hidroxilisina e a alanina perfazem os aminoácidos restantes. Estes aminoácidos são facilmente degradados pela collagenase bacteriana. O colagénio de tipo I é composto por duas cadeias α_1 idênticas e uma cadeia α_2 diferente; é relativamente pobre em hidroxilisina e hidroxilisina glicosilada. O colagénio de tipo III é composto por três cadeias α_1 idênticas; tem um conteúdo elevado de hidroxiprolina e baixo de hidroxilisina; contém ainda cisteína e glicídeos.

As fibras de colagénio estão agrupadas em feixes, denominados feixes principais, os quais compreendem dois grupos: o grupo gengival e o grupo dento-alveolar. Este compreende os feixes apical (V), oblíquo (IV), horizontal (III) e dentogengival (II). O grupo gengival compreende os feixes alveolo-gengival (VII) e circular (VIII). Descrevem-se ainda os feixes interradiculares (VI) e interdentário (I) (Esquema 1). Entre os grupos de fibras fica o designado espaço intersticial onde se localizam vasos sanguíneos, linfáticos e nervos. Estes feixes parece serem mais numerosos e de menor diâmetro (3-10 μm) junto ao cimento e menos numerosos mas de maior diâmetro (10-20 μm), junto à parede alveolar (40,51). A maioria dos restantes feixes de colagénio têm um diâmetro de 1 - 4 μm . O colagénio de tipo III não ocupa zonas específicas, encontrando-se disperso por todo o ligamento. As fibras dos feixes principais inseridas no cimento e no osso alveolar são denominadas fibras de Sharpey. Estas fibras apresentam por vezes ondulações, cujo significado é ainda desconhecido. Para alguns autores, tratar-se-ia de um aspecto artefactual, resultante da técnica histológica utilizada; para outros, tratar-se-ia de um aspecto real, com implicações importantes nas propriedades biomecânicas do ligamento e, conseqüentemente, no mecanismo de suporte do dente.

Apesar da taxa de "turnover" do colagénio periodontal ser contínua e rápida, como foi demons-

trado por estudos bioquímicos e autoradiográficos, não parece haver aumento no diâmetro das fibrilas de colagénio no LPD humano, quer em relação com a idade quer com a função. Limeback e Sodek (31) demonstraram que os fibroblastos periodontais *in vitro* sintetizam colagénio de tipo I a um ritmo semelhante ao que acontece *in vivo*. A elevada taxa de "turnover" do colagénio no LPD poderá estar relacionada com a necessidade de adaptação rápida do tecido aos movimentos dentários e às forças mastigatórias ("stress" oclusal). Todavia, ligamentos de dentes sujeitos a forças mastigatórias reduzidas não mostraram taxas de "turnover" diferentes, relativamente a dentes sujeitos a forças mastigatórias normais (4,42,55,56). Também o LPD de dentes de erupção rápida não tem taxas de "turnover" diferentes das dos ligamentos de dentes completamente erupcionados (6,30). Curiosamente, a taxa de "turnover" parece ser mais elevada no ápice radicular (30,34,52). Estudos recentes sugerem que as taxas de "turnover" observadas nos estudos referidos, podem não traduzir o "turnover" proteico total, admitindo poder haver diferentes "tipos" de proteínas com taxas de "turnover" diferentes, cada uma contribuindo de modo particular para o "turnover" proteico total do ligamento.

2. Sistema elástico

Consoante as espécies, o LPD pode conter fibras oxitalânicas e/ou fibras elásticas. No homem, o LPD contém sobretudo fibras oxitalânicas. Estas são caracterizadas por serem constituídas apenas por microfibrilhas de 10 nm, cujo componente principal é a proteína fibrilina, e por corarem pela fucsina-resorcina de Weigert, só após oxidação pelo ácido paracético. Estas fibras, ao contrário das fibras elásticas, não contêm elastina no seu centro (24,38) e associam-se muitas vezes a moléculas diversas tais como a fibronectina, a trombospondina, o componente P da substância amiloide e a decorina (17).

As fibras oxitalânicas têm uma distribuição idêntica à das fibras elásticas noutras espécies, sendo geralmente paralelas à superfície da raiz (23,25); formam uma rede tridimensional, que se estende desde o cimento até aos vasos sanguíneos e nervos periféricos (45,47,48) e apresentam uma direcção preferencialmente axial. Não se observam fibras oxitalânicas com direcção transversal

— dente-osso alveolar — tendo Bowling e Rygh (10) observado não haver ligação destas fibras ao cimento na região da crista. As fibras oxitalânicas, no rato, ocupam cerca de 0,3% do volume da matriz extracelular (43) e, no Homem, aproximadamente 3% (29).

As funções propostas para as fibras oxitalânicas, fibras que não tendo elasticidade resistem à tracção (6), têm sido diversas: suporte do dente, aumento da rigidez do ligamento (29), orientação da migração celular durante a erupção (3), participação activa no sistema mecanoreceptor que modula o comportamento dos vasos no ligamento (46,49,50), entre outras. Todavia, ainda hoje a função das fibras oxitalânicas no LPD humano permanece desconhecida, como desconhecido é o seu padrão de organização molecular.

Substância Fundamental

Os componentes da substância fundamental do LPD têm sido recentemente alvo de grande atenção da parte dos investigadores, devido ao facto de se reconhecer que a integridade metabólica da substância fundamental tem um papel muito importante no funcionamento do ligamento em geral. No entanto, devido à sua inacessibilidade relativa e à sua natureza bioquímica complexa, muito pouca informação detalhada ainda subsiste.

O LPD, como tecido conjuntivo que é, tem substância fundamental constituída essencialmente de proteoglicanos e glicoproteínas. Os proteoglicanos pertencem ao grupo das mucosubstâncias que inclui também as glicoproteínas. São constituídos por unidades dissacarídicas repetitivas (GAGs — de glicose-amino-glicanos), contendo uma ose aminada (glucosamina ou galactosamina), ligada a proteínas. As glicoproteínas têm cadeias laterais glucídicas curtas e ramificadas, estando também ligadas a proteínas; todavia, ao contrário dos proteoglicanos em que a porção glucídica — glicanos — é preponderante, nas glicoproteínas a porção proteica é a porção mais importante. Um dos açúcares das unidades dissacarídicas dos proteoglicanos tem carga negativa, grupo carboxílico ou grupo sulfato. Os proteoglicanos são metacromáticos, coram pelo azul de Alcian e pelo ferro coloidal; as glicoproteínas são PAS +. Nos tecidos conjuntivos, predominam os proteoglicanos que sendo hidrofílicos, atraem água e formam um gel hidratado que permite a difusão de moléculas

hidrossolúveis e a regulação da migração celular. Os proteoglicanos preponderantes nos tecidos conjuntivos são: — a) o ácido hialurónico; b) os condroitino-sulfatos (A e C); c) o sulfato de dermatano (B); d) o sulfato de queratano; e) o sulfato de heparano e f) a heparina.

O ácido hialurónico, não sulfatado, contribui para a viscosidade do líquido intersticial limitando a propagação bacteriana e é importante na migração celular durante a cicatrização. O sulfato de heparano liga-se ao factor de crescimento do fibroblasto. Os proteoglicanos predominantes no LPD são o sulfato em 4 de condroitina (condroitino-sulfato A) e o sulfato de dermatano (condroitino-sulfato B).

De entre as glicoproteínas presentes no LPD e fazendo parte da designada matriz fibrosa adesiva (para se distinguir da matriz fibrosa estrutural, constituída pelas fibras de colagénio, oxitalânicas e elásticas), destacamos a fibronectina que é um dímero com domínios ligados a receptores da membrana do fibroblasto, ao colagénio ou à heparina. Por conseguinte, produz a adesão de células a substratos, contribuindo noutros sistemas para a migração celular.

Estudos de imunofluorescência em microscopia de luz revelaram que a fibronectina está uniformemente distribuída por todo o ligamento, em dentes totalmente erupcionados (19,53). A nível ultraestrutural, a fibronectina foi localizada sobre as fibras de colagénio (37). A presença constante de fibronectina no LPD pode traduzir a sua "imaturidade", pois por via de regra, no fim da maturação das matrizes extracelulares, verifica-se a sua ausência (28). Connor et al. (18) verificaram que 99% das células do LPD, *in vitro*, sintetizam fibronectina e colagénio de tipo I, enquanto as restantes (1%) sintetizam apenas fibronectina.

Recentemente, foi demonstrada a presença de tenascina no LPD, uma glicoproteína da matriz extracelular que parece estar envolvida na morfogénese dos órgãos epiteliais. Ao contrário da fibronectina, que está distribuída uniformemente por todo o ligamento, a tenascina ocupa locais electivos, como a localização justa alveolar e justa cimentar. No LPD, o papel desta glicoproteína é ainda desconhecido.

Vascularização

Apesar de ser um tecido conjuntivo fibroso o

LPD é todavia muito vascularizado. Os vasos principais derivam de ramificações da artéria maxilar: na maxila, as artérias alveolares superiores; na mandíbula, as artérias alveolares inferiores. Aparte esta vascularização, designada de primária, o LPD, a nível maxilar, recebe ainda ramos da artéria palatina anterior, via gengiva lingual e ramos das artérias labial superior, facial e infraorbitária. A nível mandibular, recebe ramos sublinguais da artéria lingual e ramos das artérias bucal, labial inferior, masseterica e mentoniana (20). Uma rica vascularização acessória pode ainda provir do compartimento ósseo e do periósseo. A densidade vascular é maior nos dentes de localização posterior e inferior, quando comparada com os de localização anterior e superior. Em dentes uniradiculares, os terços gengival e apical são os mais vascularizados (54). A drenagem venosa da mandíbula faz-se para as veias jugulares e a da maxila para a veia facial (anteriormente) ou para o plexo venoso pterigoideu (posteriormente). Os vasos, por via de regra, correm paralelamente ao eixo maior do dente. Têm sido descritos no ligamento do Homem "shunts" arteriovenosos, que os antigos consideravam semelhantes a "glomérulos". Também um sistema linfático, embora de reduzida dimensões, tem sido descrito em várias espécies.

A principal função da vascularização seria a oxigenação-nutrição, embora alguns autores admitam um papel importante nos mecanismos da erupção e de suporte dentário (22,35,36); baseiam-se para isso no facto de se tratar de vasos de paredes finas que respeitam normalmente o maior eixo da estrutura dentária, e no aspecto reticulado da vascularização semelhante ao observado em estruturas glandulares e na mucosa intestinal. Para alguns autores (20,24), o retículo vascular poderia ser uma consequência dos fenómenos da erupção dentária.

Enervação

São raros os estudos detalhados e sistemáticos da enervação do periodonto e por conseguinte do LPD, quando comparados com os da polpa e dentina. Há terminações livres indiscutíveis, mas a natureza exacta destas terminações não é inteiramente clara, mesmo a nível ultraestrutural. A distribuição das fibras nervosas dentro do ligamento não é homogénea. Os nervos provêm directamente do nervo alveolar ou do nervo dental,

podendo também penetrar no ligamento nervos perfurantes alveolares.

Têm sido descritos mecanorreceptores com os corpos celulares no núcleo mesencefálico do trigémio (Mes V) e mecanorreceptores com os corpos celulares no gânglio do trigémio, o que provavelmente significará que terão papel funcional diferente (32). No molar do rato foram descritas seis categorias de receptores (12), entre os quais nociceptores (que exibem terminações simples semelhantes a receptores de Ruffini) e mecanossensitivos. Segundo o autor, o LPD teria nociceptores delta — A, bem como fibras — C. Os axónios Mes V formariam mecanorreceptores Ruffini-like não capsulados. Estas estruturas nervosas responderiam às forças de pressão exercidas sobre a estrutura dentária utilizando duas vias: neurónios mecanossensitivos de adaptação rápida e neurónios sensitivos de adaptação lenta (33). Estes últimos englobam ainda neurónios com actividade espontânea e aparentemente independentes de estímulos directos como a pressão ou a deslocação dentária. A localização destes dois tipos de mecanorreceptores é no lado labial da raiz do dente (15).

Admite-se que as forças de pressão e deslocação dentárias constituem os principais factores estimulantes dos mecanorreceptores do LPD. Em ambos os casos, os corpos celulares desses receptores nervosos que se localizam nas duas áreas anatomicamente distintas — o núcleo mesencefálico e o gânglio trigémico (11,13,37,57) — despolarizam quer de forma rápida quer de forma lenta em resposta ao estímulo e contribuem, através dos aferentes trigémicos, para o controlo reflexo da secreção salivar (1), ampliando assim o papel dos nervos facial e glossofaríngeo, sensíveis ao estímulo gustativo (56).

BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSON DJ, HECTOR MP, LINDEN RWA. The possible relation between mastication and parotid secretion in the rabbit. *J Physiol*, 1985; 364:19-29.
2. BARNES MJ *et al.* Presence of type III collagen in guinea-pig dermal scar. *Bioch J*, 1976; 157:263-266.
3. BEERTSEN W, EVERTS V, VAN DAN HOOF A. Fine structure of fibroblasts in the periodontal ligament of the rat incisor and their possible role in tooth eruption. *Arch Oral Biol*, 1974; 19:1087-1098.
4. BEERTSEN W, EVERTS V. Site of remodelling of

- collagen in periodontal ligament of mouse incisor. *Anat Rec*, 1977; 189:479-498.
5. BELLOWS CG, MELCHER AH, AUBIN JE. Association between tension and orientation of periodontal ligament fibroblasts and exogenous collagen fibres in collagen gels *in vitro*. *J Cell Science*, 1982a; 58:125-138.
 6. BERKOVITZ BKB, SHORE RC, MOXHAM BJ. Ultrastructural studies on the developing periodontal ligament. In: Ruch JV, Belcourt AB, eds. *Tooth morphogenesis and differentiation. Colloquium of the Institut Nationale De La Sante Et de La Recherche Médicale*, 1984; 125:545-556.
 7. BERKOVITZ BKB. Some structural and functional aspects of periodontal ligament fibroblasts. In: Lisney SJW, MatheWs B, eds. *Current Topics in oral biology*. University of Bristol Press, Bristol, 1985:51-72.
 8. BERKOVITZ BKB. The structure of the periodontal ligament: an update. *Europ J Orthod*, 1990; 12:51-76.
 9. BERKOVITZ BKB, HOLLAND GR, MOXHAM BJ. *A Colour Atlas and Textbook of Oral Anatomy, Histology and Embriology*, 2 nd ed. Wolfe Publishing Ltd, 1992.
 10. BOWLING K, RYGH P. A quantitative study of oxytalan fibres in the transeptal region and tension zones of rat molars following orthodontic movement. *Europ J Orthod*, 1988; 10:13-26.
 11. BYERS MR, MATTHEWS B. Autoradiographic demonstration of ipsilateral and contralateral sensory nerve endings in cat dentine, pulp and periodontium. *Anat Rec*, 1981; 201:249-260.
 12. BYERS MR. Sensory innervation of periodontal ligament of rat molars consists of unencapsulated Ruffini-like mechanoreceptors and free nerve endings. *J Comp Neurol*, 1985; 231:500-518.
 13. BYERS MR *et al.* Mesencephalic trigeminal sensory neurones of cat. Axon pathways and structure of mechanoreceptive endings in periodontal ligament. *J Comp Neurol*, 1986; 250:181-191.
 14. BRITISH STANDARDS. British standards glossary of dental terms. In: *Periodontium*. British Standards Institute, London, 1983:4-III.
 15. CASH RM, LINDEN RWA. The distribution of mechanoreceptors in the periodontal ligament of the mandibular canine tooth of the cat. *J Physiol*, 1982; 330:439-447.
 16. CHUNG E, MILLER EJ. Collagen polymorphism — characterisation of molecules with chain composition [I (III) 3] in human tissues. *Science*, 1974; 183:1200-1201.
 17. CIDADÃO, AJSC. *Contribuição Morfológica para o Estudo da Organização e Modulação Hormonal da Matriz Extracelular*. Tese de Doutoramento, Lisboa, 1992.
 18. CONNOR NS, AUBIN JE, SODEK J. Independent expression of type I collagen and fibronectin by normal fibroblast-like cells. *J Cell Sci*, 1983; 63:233-244.
 19. CONNOR NS, AUBIN JE, MELCHER AH. The distribution of fibronectin in rat tooth and periodontal tissues. An immunofluorescence study using monoclonal antibody. *J Histochem Cytochem*, 1984; 32:565-572.
 20. CORPRON KE *et al.* Ultrastructure of capillaries in mouse periodontium. *J Dent Res*, 1976; 55:551.
 21. DUBLET B *et al.* Bovine type XII collagen: aminoacid sequence of a 10 kDa pepsin fragment from periodontal ligament reveals a high degree of homology with the chicken ³⁵S (XII) sequence. *Federation of European Biochemical Societies*, 1988; 233:177-180.
 22. EDWALL LGA. The vasculature of the periodontal ligament. In: Berkovitz BKB, Moxham BJ, Newman HN, eds. *The Periodontal Ligament in Health and Disease*. Pergamon Press, Oxford, 1982:151-171.
 23. FULLMER HM. A comparative histochemical study of elastic, pre-elastic and oxytalan connective tissue fibres. *J Histochem Cytochem*, 1960; 8:290-295.
 24. FULLMER HM. Connective tissue components of the periodontium. In: Miles AEW, ed. *Structure and chemical organization of the teeth*. Academic Press, London, 1967; 2:349-414.
 25. FULLMER HM, SHEETZ JH, NARKATES AJ. Oxytalan connective tissue fibres. A review. *J Oral Pathol*, 1974; 3:291-316.
 26. GARANT PR, CHO M-I. Cytoplasmic polarisation of periodontal ligament fibroblasts. Implications for cell migration and collagen secretion. *J Period Res*, 1979; 14:95-106.
 27. GOTTIEB S, TAYLOR A BOSLEY MA. The distribution of afferent neurones in the mesencephalic nucleus of the fifth nerve in the cat. *J Comp Neurol*, 1984; 228:273-283.
 28. HASSALL JR. Changes in cell surface proteins during normal and vitamin A-inhibited chondrogenesis *in vitro*. *Annals of the New York Academy of Science*, 1978; 312:406-409.
 29. JONAS IE, RIEDE UN. Reaction of oxytalan fibres in human periodontium to mechanical stress. *J Histochem and Cytochem*, 1980; 28:211-216.
 30. KANOZA RJJ *et al.* A biochemical analysis of the effect of hypofunction on collagen metabolism in the rat molar periodontal ligament. *Arch Oral Biol*, 1980; 25:663-668.
 31. LIMBACK HF, SODEK J. Procollagen synthesis and processing in periodontal ligament *in vivo* and *in vitro*. A comparative study using slab-gel fluorography. *Europ J Biochem*, 1979; 100:541-550.
 32. LINDEN RWA, MILLAR BJ. The effect of vibration on the discharge of periodontal ligament mechanoreceptors to controlled loading of the cat canine tooth. *Arch Oral Biol*, 1989; 34:275-281.
 33. LINDEN R. An update on the innervation of the periodontal ligament. *Europ J Orthod* 1990; 12:91-100.
 34. MELCHER AH, CORREIA MA. Remodelling of periodontal ligament in erupting molars of mature rats. *J Period Res*, 1971; 6:118-125.
 35. MOXHAM BJ, BERKOVITZ BKB. The periodontal

- ligament and physiological tooth movements: In: Berkovitz BKB, Moxham BJ, Newman HN, eds. The Periodontal ligament in Health and Disease. Pergamon Press, Oxford, 1982; a:215-247.
36. MOXHAM BJ, BERKOVITZ BKB. The effect of external forces on the periodontal ligament: the response to axial loads. In: Berkovitz BKB, Moxham BJ, Newman HN, eds. The periodontal ligament in health and disease. Pergamon Press, Oxford, 1982; b:247-267.
 37. PITARU S *et al.* Immunoelectron microscopic studies on the distribution of fibronectin and actin in a cellular dense connective tissue: the periodontal ligament of the rat. *J Period Res*, 1987; 22:64-74.
 38. RANNIE I. Observations on the oxytalan fibres of the periodontal membrane. *Transactions of the European Orthodontic Society*, 1963; 39:127-136.
 39. ROBERTS WE, CHAMBERLAIN JG. Scanning electron microscopy of the cellular elements of rat periodontal ligament. *Arch Oral Biol*, 1978; 23:587-589.
 40. SHACKLEFORD JM. Scanning electron microscopy of the dog periodontium. *J Period Res*, 1971; 6:45-54.
 41. SHORE RC, BERKOVITZ BKB. An ultrastructural study of periodontal ligament fibroblasts in relation to their possible role in tooth eruption and intracellular collagen degradation in the rat. *Arch Oral Biol*, 1979; 24:155-164.
 42. SHORE RC, MOXHAM BJ, BERKOVITZ BKB. A quantitative comparison of the ultrastructure of the periodontal ligaments of impeded and unimpeded rat incisors. *Arch Oral Biol*, 1982; 27:423-430.
 43. SHORE RC, MOXHAM BJ, BERKOVITZ BKB. Oxytalan fibres in the periodontal ligament. In: Ruch JV and Belcourt AB, eds. Tooth morphogenesis and differentiation. *Colloquium of the Institut De La Santé Et De La Recherche Médicale*, 1984; 125:565-572.
 44. SHUTTLEWORTH CA, SMALLEY JW. Periodontal ligament. *Int Rev Connec Tissue Res*, 1986; 10:211-247.
 45. SIMPSON HE. A three dimensional approach to the microscopy of the periodontal membrane. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 1967; 60:537-542.
 46. SIMS MR. An oxytalan fibre system of molars in the mouse mandible. *J Dent Res*, 1973; 52:197-802.
 47. SIMS MR. Oxytalan vascular relationships observed in histological examination of the periodontal ligament of man and mouse. *Arch Oral Biol*, 1975; 20:713-716.
 48. SIMS MR. Reconstruction of the human oxytalan system during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*, 1976; 70:38-58.
 49. SIMS MR. Oxytalan meshwork associations observed histologically in the periodontium of the mouse mandible. *Arch Oral Biol*, 1977; 22:605-611.
 50. SIMS MR. Electron microscopic affiliations of oxytalan fibres, nerves and the macrovascular bed in the mouse periodontal ligament. *Arch Oral Biol*, 1983; 28:1017-1024.
 51. SLOAN P. Structure organisation of the fibres of the periodontal ligament. In: Berkovitz BKB, Moxham BJ, Newman HN, eds. The periodontal ligament in health and disease. Pergamon Press, Oxford, 1982; 3:51-72.
 52. STALLARD RE. The utilization of ^3H — proline by the connective tissue elements of the periodontium. *Periodontics*, 1963; 1:185-188.
 53. TAKITA K *et al.* Immunofluorescence localization of type I and type III collagen and fibronectin in mouse dental tissues in late development and during eruption. *Arch Oral Biol*, 1987; 32:273-279.
 54. TEN CATE AR. *Oral Histology: Development, Structure and Function*. 2nd Ed. CV Mosby Company, 1985.
 55. VAN DEN BOS T, TONINO GJM. Composition and metabolism of the extracellular matrix in the periodontal ligament of impeded and unimpeded rat incisors. *Arch Oral Biol*, 1984; 29:893-897.
 56. WATANABE S, DAWES C. A comparison of the effects of tasting and chewing foods on the flow rate of whole saliva in man. *Arch Oral Biol*, 1988; 33:761-764.
 57. WEILL R, BENSADOUN R, de Tourniel F. Demonstration autoradiographique de l'innervation de la dente et du parodonte. *Comptes Rendues de l'Academie de Sciences de Paris, Series D*, 1975; 281:647-650.
 58. YAMASAKI A *et al.* Ultrastructural and morphometric analysis of human cementoblasts and periodontal fibroblasts. *J Period*, 1987; 58:192-201.