

ASPECTOS MICROSCÓPICOS DO TECIDO MUSCULAR CARDÍACO

R. Trindade dos Anjos

Departamento de Histologia e Embriologia da Faculdade de Ciências Médicas do Lisboa,
Universidade Nova do Lisboa

SUMÁRIO

O miocárdio é formado por células musculares estriadas, envolvidas por um fino tecido conjuntivo, com uma extensa rede capilar. As células musculares cardíacas são ramificadas, com os núcleos localizados no centro da célula. O sarcoplasma contém miofibrilhas, com estriação transversal semelhante a do músculo esquelético. Tal como neste, a estriação é determinada pela organização dos miofilamentos, verificando-se igualmente a existência de bandas A, bandas I e Linhas Z. Feixes de filamentos de uma miofibrilha tornam-se por vezes confluentes com os de outra, não existindo portanto no músculo cardíaco uma demarcação tão bem definida entre as miofibrilhas como no músculo esquelético. As miofibrilhas divergem na proximidade do núcleo, deixando zonas livres de sarcoplasma em cada um dos polos nucleares, extremamente ricas em mitocôndrias. Estas distribuem-se igualmente ao longo das miofibrilhas, formando filas contínuas. O retículo sarcoplasmático, de disposição longitudinal, é menos complexo do que o do músculo esquelético. As invaginações tubulares da membrana plasmática, ou sistema T, (menos numerosas mas de maiores dimensões do que as do sistema análogo do músculo esquelético), distribuem-se transversalmente ao longo da linha Z. As células musculares cardíacas estão unidas entre si pelos discos intercalares, junções complexas que podem adoptar a forma de macula ou fascia quer do tipo “adherens” quer do tipo “occludens”. As junções do tipo “occludens” constituem os chamados “nexus”, com um estreito espaço intercelular, pelo que são por vezes descritas como “gap junctions”. Estes últimos são locais de baixa resistência eléctrica, que constituem a base estrutural da transmissão eléctrica intercelular.

Palavras-chave: Músculo, miofibrilha, discos intercalares

O tecido muscular cardíaco é constituído por células estriadas, de forma cilíndrica, com duas ou mais ramificações. Reúnem-se entre si por junções intercelulares especializadas, adiante descritas.

Cada célula muscular cardíaca tem cerca de 100 μm de comprimento por 15 μm de diâmetro. A membrana celular ou sarcolema é revestida por uma membrana basal, tal como no músculo esquelético. Também no músculo cardíaco as células apresentam miofibrilhas com uma distribuição semelhante (embora sejam de assinalar algumas diferenças) (1).

As miofibrilhas são mantidas relativamente alinhadas no sarcoplasma através de filamentos e microtúbulos do citoesqueleto, que estabelecem ligações entre as linhas Z de miofibrilhas adjacentes (2). Estas linhas, que delimitam os sarcómeros, constituem o local onde terminam e se interdigitam os filamentos finos das bandas I adjacentes. Nas linhas Z existem elementos filamentosos secundários que reúnem entre si os miofilamentos finos (3).

Tal como no músculo esquelético, as bandas A, de densidade elevada, possuem filamentos espessos que se cruzam na sua porção mais extrema com filamentos finos, de modo que cada filamento espesso se encontra rodeado de seis filamentos finos, emitindo na sua direcção pequenas projecções filamentosas (cabeças do filamento espesso) (4). No centro da banda A observa-se também uma zona de menor densidade, a banda H, e na sua porção média uma linha M, que reúne os filamentos espessos.

No músculo cardíaco ao contrário do músculo esquelético, as miofibrilhas têm disposição mais irregular, ramificando-se frequentemente de tal forma que feixes de miofibrilhas ou mesmo sarcómeros inteiros de uma miofibrilha se tornam confluentes com os de outra miofibrilha adjacente (5).

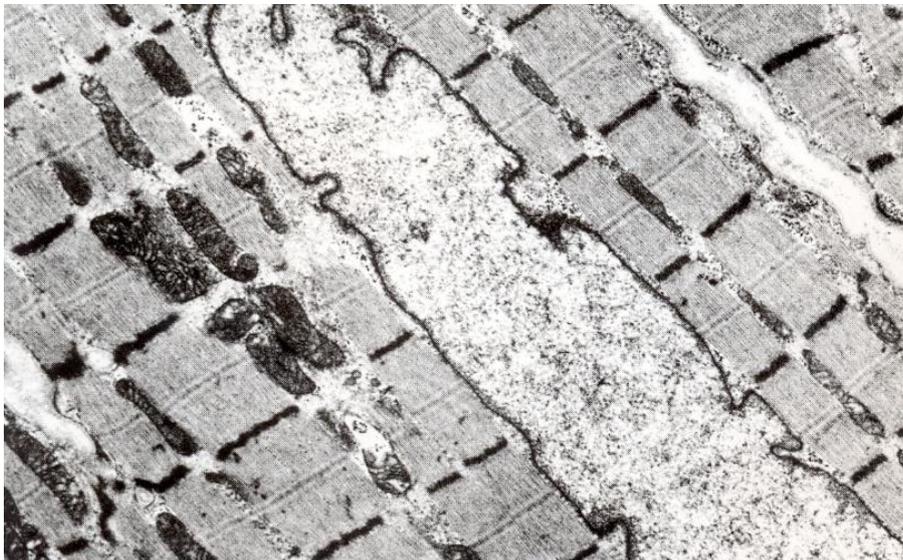


FIGURA 1

Secção longitudinal de músculo cardíaco. O núcleo encontra-se em posição central. As miofibrilhas estão organizadas em sarcómeros, e o citoplasma contém grande número de mitocôndrias. (X 12.000). Retirado do Ferrans (2).

O núcleo celular apresenta uma localização central característica, entre as miofibrilhas. Tem um diâmetro variável, que por vezes chega a alcançar metade da largura da célula. O núcleo está delimitado pela membrana nuclear (com um folheto interno e um folheto externo) interrompida por alguns poros nucleares, e que está directamente relacionada com as estruturas tubulares do retículo sarcoplasmático. A forma do núcleo varia consoante o estado contrátil da célula, e durante a contracção as membranas nucleares tornam-se irregulares, com invaginações (6). As membranas nucleares ligam-se através de filamentos do citoesqueleto às linhas Z das miofibrilhas, e estão envolvidas por uma rede de microtúbulos do sarcoplasma (7). Todas estas estruturas tendem a manter o núcleo na sua posição, e levam a alteração da sua forma, com as modificações do estado contráctil.

As mitocôndrias são ovóides ou alongadas, em número maior do que nos outros tipos de células musculares e apresentam numerosas cristas e grânulos densos no seu interior. Encontram-se sobretudo ao longo das miofibrilhas, mas também adjacentes ao sarcolema e na zona perinuclear.

Em cada pólo nuclear existe uma zona de citoplasma livre de miofibrilhas. Para além do grande número de mitocôndrias, esta região possui um aparelho do Golgi de pequenas dimensões, partículas do glicogénio, gotículas lipídicas e lisossomas (8). Com a idade, acumulam-se progressivamente grânulos de lipofuscina.

Os túbulos T são invaginações da membrana plasmática, dispostas a nível da linha Z, entrando profundamente na célula, para se relacionarem com estruturas do retículo sarcoplasmático. Embora menos numerosos do que no músculo esquelético, os túbulos T são muito mais largos no coração, permitindo mesmo que a lâmina basal da superfície celular penetre no seu interior e revestindo a sua superfície interna.

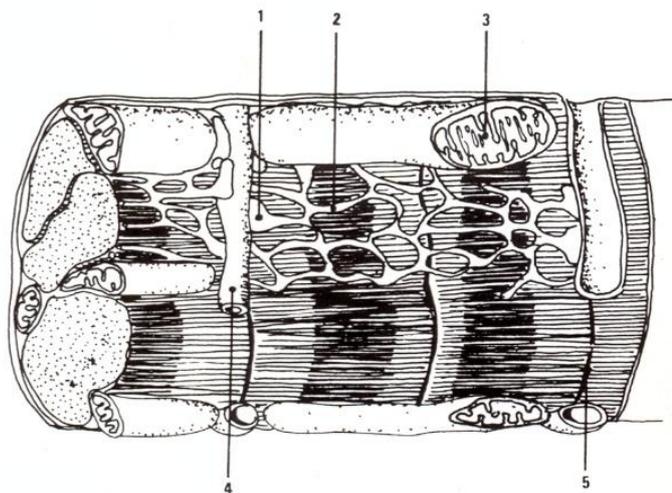


FIGURA II

Representação esquemática de uma célula muscular cardíaca. Estão indicados:
1- cisterna terminal; 2- retículo livre; 3- mitocôndria; 4- túbulo T; 5- linha Z.

O retículo sarcoplásmico, menos abundante e elaborado do que no músculo esquelético, é composto sobretudo por retículo liso, não associado a ribossomas. Foram descritos três componentes distintos: o retículo sarcoplásmico livre, funcional e funcional alargado (9). O retículo livre forma uma rede extensa que se anastomosa ao longo de todo o sarcómero, o não apenas a nível da linha M (10). O retículo funcional é composto de dilatações saculares, as cisternas terminais, que possuem um conteúdo granular electrónico-denso. O retículo funcional relaciona-se intimamente com o sarcolema, quer a nível da superfície celular quer ao nível dos túbulos T. A associação destes últimos túbulos com uma cisterna terminal constitui as chamadas 'díades'. O retículo funcional alargado é constituído por estruturas que embora possuam as características do retículo funcional não estão em contacto com o sarcolema ou os seus prolongamentos.

O músculo auricular apresenta as mesmas características gerais do músculo ventricular, descrito anteriormente. No entanto as células auriculares possuem menor diâmetro, contendo maior número de mitocôndrias. Os túbulos T a nível auricular são raros, e podem mesmo não existir, sendo nestas células preponderante o retículo funcional alargado. Nas células auriculares há ainda grânulos de elevada densidade, dispersos no citoplasma em número variável, contendo a chamada hormona auricular natriurética.

As células musculares cardíacas estão unidas entre si por junções intercelulares particulares, denominadas discos intercalares. Nestes locais existem especializações quer da membrana quer do sarcoplasma adjacente. Os discos dispõem-se entre duas fibras segundo um padrão em degrau, com porções transversais e longitudinais sucessivas. Nas zonas transversais, a membrana apresenta um aspecto ondulado, e o sarcoplasma adjacente contém zonas densas do material filamentososo, semelhante às linhas Z, onde se vão inserir as porções terminais das miofibrilhas (11). As junções intercelulares a este nível são do tipo "macula adhaerens" ou desmossomas, e quando mais extensas constituem as "fascia adhaerens". No seu conjunto estas junções são responsáveis pela firme coesão intercelular do músculo cardíaco. As porções longitudinais dos discos intercalares apresentam junções intercelulares do tipo "zónula occludens" ou "macula occludens". Estes dois tipos de junções constituem os chamados nexus, ou 'gap junctions', por apresentarem um estreito espaço intercelular, do 18 a 40 Å (12). Possuem resistência eléctrica muito baixa, e constituem a base estrutural de transmissão eléctrica intercelular.

Entre as células musculares existe um tecido conjuntivo rico de fibras reticulares e de colagénico, e que corresponde ao endomísio do músculo esquelético, embora mais irregular, dado o padrão complexo de anastomoses intercelulares. Envolvendo feixes de células musculares há tecido conjuntivo com fibras elásticas, formando o equivalente ao perimísio esquelético. Estes tecidos apresentam um extenso plexo dos capilares sanguíneos, além dos ramos das artérias coronárias e veias cardíacas. Aí existem também pequenos ramos nervosos, provenientes do sistema vegetativo. Ao nível da junção atrioventricular o tecido conjuntivo é particularmente denso, formando o chamado esqueleto fibroso do coração.

As células do tecido cardio-necto são células cardíacas com características particulares (13). As células nodais são pequenas, mas as do feixe atrioventricular possuem habitualmente grandes dimensões. Estas últimas, também designadas células de Purkinje, não possuem túbulos T e têm grandes quantidades de glicogénio no seu sarcoplasma. As miofibrilhas dispõem-se à periferia da célula e são pouco numerosas (14).

BIBLIOGRAFIA

1. INTERNATIONAL ERWIN RIESCH SYMPOSIUM, MARCH 1984. Adult heart muscle cells. Isolation, properties and applications. *Bas Res Card* 80 (1):1-166,1985.
2. FERRANS V J. Normal Myocardial Ultrastructure. In *Electron Microscopy in Human Medicine*, McGRAW-HYLL, 1980, vol 5, 4-7.
3. GOLDSTEIN MA, SCHROETER JP and SASS RL. Optical diffraction of the Z lattice in canine cardiac muscle. *J Cell Biol*, 75, 818, 1977.
4. WEISS L and GREEP R. *HISTOLOGY*. McGraw Hill Book Company, New York, 1977.
5. PAGE E and McCALLISTER LP. Quantitative electron microscopic description of heart muscle cells: Application to normal, hypertrophied and thyroxin-stimulated hearts. *Am J Cardiol*, 31, 172, 1973.
6. BLOOM S. Structural changes in nuclear envelopes during elongation of heart muscle cells. *J Cell Biol*, 44:218, 1970.
7. FERRANS,VJ. Intermyoibrillar and nuclear-myoibrillar connections in human and camyne myocardium. An ultrastructural study. *J Mol. Cell Cardiol*, 5: 247, 1973.
8. HAN 5 and HOLMSTED J. *Human Microscopic Anatomy*. McGRAW HILL Book Company , 1981.
9. BOOK PJ, FERRANS VJ, JONES M, et al. Tubuloreticular structures in myocardium. An ultrastructural study. *J Mol Cell Cardiol*, 11: 967-976, 1986.
10. SOMMER JR and WANGH RA. The ultrascture of the mammalian cardiac muscle - with special emphasis on the tubular membrane systems. *Am J Pathol* 82: 191-232, 1976.
11. FAWCETT DW and McNUTT NS. The ultrastructure of the cat myocardium. I ventricular papillary muscle. *J Cell Biol*, 42:1, 1969.
12. Mc NUTT NS. Ultrastructure of intercellular junctions in adult and developing cardiac muscle. *Am J Cardiol*, 25:169, 1970.
13. SOMMER JR, et al. Geometry of cell and bundle appositions in cardiac muscle: light microscopy. *Am J Physiol* 248:792-803, 1985.
14. JAMES TN, SHERI L and URTHALER F. Fine structure of the bundle -branches. *Br. Heart J* 36:1-18, 1974.