



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências da Saúde

Metodologias ativas para o ensino da Histologia no curso de Medicina

Alexandrina Florbela Futi Matondo Nlolo

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências Biomédicas
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Manuel Vico
Co-orientador: Prof^a. Doutora Mafalda Fonseca

Covilhã, outubro de 2018

Dedicatória

Ao meu esposo, à minha mãe e meus irmãos, aos meus sogros, meus filhos, por estarem sempre comigo, pelo apoio incondicional e todo amor, alegria e paz que transmitiram para mim, por enxugarem minhas lágrimas e tornarem possível esta realidade.

Sem vocês não seria possível!

Agradecimentos

Com grande satisfação e regozijo que termino mais uma etapa da minha carreira. Foi uma fase boa de adaptação contante a nova realidade, novo país, tive momentos de alegria e conquistas, mas houve obstáculos por ultrapassar, mas com empenho, dedicação , muito apoio e motivação foi possível superar. Por este motivo expresso o meu sincero e profundo agradecimento a todos que sempre estiveram comigo ao longo deste percurso, pois não cheguei aqui sozinha.

Quero agradecer ao meu orientador Prof.Doutor Manuel Vico, a minha co-orientadora Prof^a. Doutora Mafalda Fonseca, pela disponibilidade e pelo incentivo desde o início, e pela paciência que tiveram comigo ao longo deste processo,que levaram a concretização deste trabalho.

Um bem-haja à Faculdade de Ciências de Saúde, à coordenação do curso de Ciências Biomédicas, aos professores e a todos os funcionários pela participação especial durante a minha formação, que me qualificou a realização deste trabalho.

Um obrigado especial:

Aos meus colegas de luta,antes eramos estranhos e hoje nos tornamos irmãos por sempre estiveram comigo confortando nos momentos mais difíceis de adaptação, pela preocupação carinho.

À minha família: mesmo a distância poder ouvir a vossa voz o vosso incentivo e amor foi uma base muito forte para me manter em pé e seguir em frente todos os dias. Minha mãe mulher forte que é minha inspiração, por nunca desistir de mim, por me educar e fazer ser o que sou hoje. Aos meus sogros que são para mim um pai e uma mãe por vossa preocupação e amor.Aos meus queridos irmãos o vosso sorriso e a vontade de me ver crescer.

Ao meu querido esposo, por apostares em mim e abrires mão de muito para a concretização desta etapa, teu amor atenção dedicação e incentivo, aos meus filhos João e Miguel meus pequenos motivo de alegria, e de coragem.

À Deus, pela vida e força por me acordares todas as manhãs, por colocares todas as pessoas especiais que eu acabei de citar na minha vida , pela oportunidade que deste-me de dar mais um passo na minha vida, a Ti meu grande amor um especial muito obrigado.

Prefácio

Lá ao longe estão as minhas mais altas aspirações. Talvez nunca as alcance mas posso olhar para o alto e ver como são belas, e acreditar...

Lousa May Alcott (1832-1888)

Resumo

A Histologia no curso de Medicina usualmente é dada no ciclo básico durante os primeiros 2 anos. Ela estuda os detalhes microscópicos e estruturas das células e tecidos biológicos usando o microscópio, e nos últimos dias ela passou a ser uma disciplina que procura resolver os problemas médicos, mediante a criação de tecidos biológicos artificiais o que é conhecido como engenharia de tecidos. A educação médica ao longo da História sofreu muitas reformas, e entre elas destaca-se a introdução de metodologias ativas, que estimulam a reflexão do estudante, propiciam pensamento criativo e crítico, aprendizagem mais profunda e são bastante úteis para a qualidade da educação médica, dentre elas com maior destaque neste trabalho está a aprendizagem baseada em equipa.

O presente trabalho consiste no estudo de metodologias ativas no estudo de Histologia, com enfoque na aprendizagem baseada em equipa, através de um projeto pedagógico no intuito de aplica-se futuramente na faculdade de Medicina de Cabinda, este método de ensino é muito importante pois permite que os estudante tenham um melhor desempenho, que aumente o raciocínio crítico, habilidades interpessoais como comunicação trabalho em equipa e liderança.

Espera-se que este trabalho seja um recurso útil para os professores de Histologia da faculdade de Medicina de Cabinda, para que possam empregá-lo e obter melhores resultados no processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave

Histologia, aprendizagem ativa, educação médica, aprendizagem baseada em equipas.

Abstract

Usually, Histology in the medical school is given in the basic cycle during the first 2 years. It studies the microscopic details and structures of biological cells and tissues using the microscope, and in recent days it has become a science that seeks to solve medical problems, through the creation of artificial biological tissues what is known as tissue engineering. Medical education throughout history has undergone many reforms, among them the introduction of active methodologies that stimulate student reflection, provide creative and critical thinking, deep learning and are quite useful for the quality of medical education, among them with more emphasis in this work is team-based learning.

The present work consists in the study of active methodologies used in the teaching of Histology, with a focus on team-based learning, through a pedagogical project in order to be applied in the future of Cabinda's medical school, this method of teaching is very important because it allows that the students perform better, that they increase critical thinking, interpersonal skills such as teamwork communication and leadership.

It is hoped that this work will be a useful resource for the Histology teachers of the Cabinda Medical School, so that they can employ it and obtain better results in the teaching and learning process.

Keywords

Histology, active learning, medical education, team-based learning.

Índice

Dedicatória.....	iii
Agradecimentos	v
Prefácio.....	vii
Abstract.....	xi
Lista de Figuras.....	xv
Lista de Tabelas.....	xvii
Lista de Acrónimos.....	xix
Capítulo 1	1
1. Introdução	1
1.1 Surgimento da Histologia.....	2
1.2 Enquadramento da Histologia na educação médica	3
1.3 Histologia na Universidade 11 de Novembro	4
Capítulo 2	7
2. Metodos pedagógicos no ensino da Histologia (Educação Médica)	7
2.1 Marcos de educação médica ao longo da História.....	7
2.2 Metodologias tradicionais de ensino da Histologia	10
2.3 Metodologias ativas e a Histologia	11
2.4 Aprendizagem baseada em equipa.....	13
2.5 Impacto do uso de metodologias activas	16
Capítulo 3	19
3. Projeto pedagógico	19
3.1 Necessidades de aprendizagem	19
3.2 Competências do final do processo de aprendizagem.....	19
3.3 Conteúdos de histologia e objetivos de aprendizagem.....	20
3.4 Metodologias pedagógicas	22
3.5 Materiais pedagógicos para aprendizagem	24
3.6 Sistema de avaliação	24
3.6.1 Critérios de avaliação e feedback	24
3.6.2 Instrumentos de avaliação.....	25
3.7 Planificação de aula (modelo)	26
Conclusão	27

Perpectivas futuras.....	29
Referências	30
Anexos	33
Anexo 1: exemplo de um teste	33
<i>Individual and team reading assurance test</i>	33
Exercício de Aplicação	35
Anexo 2: Exemplo de material de estudo	37
Material complementar para as aulas.....	37

Lista de Figuras

Figura 1. – Faculdade de Medicina de Cabinda.....	4
Figura 2. – Estudantes do primeiro ano de Medicina no laboratório.....	5
Figura 3. – Fases do TB	14
Figura 4. – Modelos de laboratórios de Histologia	15

Lista de Tabelas

Tabela 1.1 – Sequência semanal das atividades oferecidas a cada grupo no estudo ...17

Lista de Acrónimos

TBL	Team-Based Learning
RAT	Readiness Assurance Test
IRAT	Individual Readiness Assurance Test
TRAT	Team Readiness Assurance Test
GPEP	General Professional Education of the Physician
ASS	África subsariana
EUA	Estados Unidos da América

Capítulo 1

1. Introdução

Poucos alunos durante o ensino secundário foram previamente expostos à histologia. No curriculum de Medicina geralmente aprendem histologia durante a fase inicial o que representa vários desafios únicos para os novos alunos, pois a interpretação de imagens microscópicas requer algumas habilidades visuais perceptivas e analíticas. Como resultado, vários alunos consideram os conteúdos difíceis de aprender e precisam de mais tempo e apoio didático para desenvolver uma estratégia de estudo bem-sucedida(1).

Para um médico ser competente é preciso uma ter boa preparação em ciências básicas da medicina, e vários estudos demonstraram que os médicos usam frequentemente os conhecimentos obtidos nas ciências básicas para o diagnóstico e comunicação com os seus pacientes (2). Os estudantes de medicina nem sempre percebem que as ciências básicas, aprendidas na fase pré-clínica como sendo especialmente relevantes na sua formação como futuros médicos (3).

É por isso necessário que os estudantes se apercebam da importância das ciências básicas e que tenham mais interesse na sua aprendizagem. Para isto é necessário um desenho adequado do currículo introduzindo metodologias que permitam alcançar estes objetivos.

Pretende-se com este trabalho elaborar uma revisão bibliográfica sobre metodologias pedagógicas usadas na histologia com os seguintes objetivos:

- a) Descrever as principais metodologias pedagógicas que ao longo dos anos têm sido utilizadas no ensino da histologia.
- b) Comparar as metodologias tradicionais em comparação com as ativas, o seu impacto no processo ensino-aprendizagem.
- c) Identificar as metodologias ativas que podem ser usadas no ensino da histologia e o seu enquadramento.
- d) Elaborar um projeto pedagógico baseado em metodologias ativas no ensino da histologia.

Recorreu-se a uma revisão bibliográfica através dos motores de busca Pubmed, Embase, Cochrane, e Google Scholar. As palavras chave foram as seguintes: histology education, active learning, medical education, histology, methodological strategies for teaching-learning, team based learning.

O presente trabalho está organizado em 3 capítulos:

O primeiro capítulo aborda a Histologia na educação médica, desde o seu surgimento, enquadramento no currículo e a Histologia na Faculdade de medicina de Cabinda.

O segundo capítulo aborda sobre os principais métodos pedagógicos utilizados no ensino da histologia, tanto tradicionais como ativos, enfatizando também as metodologias ativas e o seu impacto.

Por fim, no 3º e último capítulo está a elaboração de um projeto pedagógico em Histologia, onde se descreve as competências, os conteúdos, metodologias ativas usadas bem como os materiais pedagógicos e o sistema e os instrumentos de avaliação. Neste capítulo há também apresentação de uma aula modelo, baseado em Aprendizagem Baseada em Equipes. Neste capítulo apresento um documento da minha autoria que servirá de base para os estudantes bem como as diferentes etapas que decorrerão durante a aula.

1.1 Surgimento da Histologia

A Histologia é o estudo dos detalhes microscópicos e estruturas de células e tecidos biológicos, usando microscópios de luz, fluorescência ou eletrônicos, examinando uma fatia fina (chamada de “seção”) de tecidos, que foram previamente preparados usando processos apropriados chamados “técnicas histológicas”. " O primeiro microscópio foi construído em 1591, mas teve vários problemas ópticos. Em 1673, Anton Van Leeuwenhoek desenvolveu um microscópio simples com uma única lente, mas com ampliação e resolução(4).

Marcello Malpighi (1628-1694), médico, anatomista, botânico, histologista e biólogo italiano desenvolveram métodos para estudar coisas vivas usando o microscópio recém-inventado para fazer uma série de importantes descobertas sobre tecidos e estruturas vivos, e iniciou a ciência da anatomia microscópica. Por quase 40 anos ele usou o microscópio para descrever os principais tipos de estruturas vegetais e animais e, ao fazê-lo, descobriu grandes áreas de pesquisa em botânica, embriologia, anatomia humana e patologia para futuras gerações de biólogos. Ele, de fato, forneceu a base anatômica para uma eventual compreensão das trocas fisiológicas humanas(5).

A Histologia dentro do laboratório médico é a área mais antiga e talvez menos compreendida, evidente e apreciada, com características peculiares e únicas, todas devido às suas origens e à maneira como as histotecas foram vistas ao longo dos anos(6), o primeiro micrótomo adequado para seccionar tecidos animais foi construído em 1848(5).

A Histologia é uma ciência jovem do século XIX, e seu status na medicina não foi reconhecido logo no início(7). Walther Flemming alegou de que a histologia tinha muito a contribuir para a medicina prática, o que era obviamente uma posição minoritária entre profissionais médicos

em 1878. Para seus oponentes, as disciplinas especializadas como a anatomia microscópica eram irrelevantes para a prática médica quotidiana. De fato, a ideia de que a descrição meticulosa das estruturas era uma chave para entender as funções das células, tecidos e órgãos era de pouco interesse não apenas para os médicos praticantes. Também foi rejeitado - como inadequado ao invés de supérfluo - por uma crescente escola de investigadores acadêmicos que contavam com manipulação experimental para elucidar os mistérios da matéria viva (7).

A Histologia é também a área que se desenvolveu mais primordialmente, tanto que só na segunda metade do século XX começaram a surgir novas técnicas amplamente utilizadas hoje, como por exemplo os testes imunológicos. Em meados do século XIX, os patologistas pioneiros estavam estabelecendo as bases da “anatomia microscópica” e da histopatologia, e a maioria deles desenvolveu os seus próprios procedimentos e preparavam as suas lâminas ou às vezes contratavam alguns estudantes de medicina para ajudar - eles foram os histotecos originais(6).

Nos dias de hoje, a Histologia passou de ser uma ciência descritiva a uma disciplina que procura resolver os problemas médicos, mediante a criação de tecidos biológicos artificiais, constituindo o que hoje é conhecido como Engenharia de tecidos.

1.2 Enquadramento da Histologia na educação médica

O ensino da Histologia no início de programas educacionais permite o conhecimento de células e tecidos e sua estrutura, como base para a subsequente aplicação e compreensão por exemplo, durante o treino clínico(8).

A Histologia é uma divisão morfológica padrão da anatomia dentro dos currículos das ciências médicas. Na educação médica, o ensino prático em Histologia é baseado no estudo microscópico de seções normais de tecido (9). É uma unidade curricular que faz parte das ciências básicas pré-clínicas de medicina normalmente lecionada nos primeiros dois anos de medicina. Ela pode estar integrada com outras disciplinas tais como: embriologia, anatomia, fisiologia ou estar isolada(10). Nesta disciplina incluem-se conteúdos (teóricos e práticos) de bases moleculares e celulares dos processos normais, da estrutura e função da estrutura normal dos tecidos, órgãos, sistemas e aparelhos. Assim sendo, o programa integra os diferentes órgãos e sistemas, mostrando a implicação da histologia na área clínica (11).

As atividades normalmente têm componente teórica e prática, na teórica geralmente transmitida através de palestras e a prática é feita no laboratório por intermédio de microscópio ou imagens virtuais(10). Também podem incluir outros métodos tais como discussão de casos em pequenos e grandes grupos(10). Deste modo, os alunos ganham habilidades muito úteis como de comunicação, análise e interpretação, síntese, trabalho em

equipa que os faz estarem melhor preparados para o ciclo clínico mas também para a carreira como médicos(2).

1.3 Histologia na Universidade 11 de Novembro

A faculdade de Medicina de Cabinda encontra-se na província de Cabinda que se localiza mais a norte de Angola e foi fundada em 2008 (Fig. 1). A duração do curso é de seis anos (12 semestres), nos quais dois deles constituem o ciclo básico, 3 o ciclo clínico e um ano de estágio. Atualmente conta com docentes Cubanos, no futuro espera-se que sejam os Angolanos a tomarem conta desta nobre tarefa de ensinar os futuros médicos (36).



Figura 1: Faculdade de Medicina de Cabinda, Universidade 11 de Novembro
(www.facultadmedicinacabinda.wordpress.com/)

O currículo dentro desta faculdade é dado por disciplinas isoladas, e Histologia é repartida em 3 partes I, II e III. Os pré-requisitos para assistir as aulas de Histologia são que o estudante tenha conhecimentos de Biologia, Química e Física ou os diferentes cursos de Ciências de Técnicas de Saúde e que passe também no teste de admissão da faculdade (37).

O processo de ensino é composto por aulas teóricas, seminários e aulas práticas (figura 2)

A Histologia I lecionada no primeiro semestre do primeiro ano, em 15 semanas, 48h no total, sendo 16h de aulas teóricas, 6h de seminários e 22h de aulas práticas. Está dividida em 2 módulos: o primeiro é sobre a célula, as suas generalidades bem como os métodos e técnicas de estudo e o segundo sobre os tecidos básicos e suas variedades (37).

A Histologia II lecionada no segundo semestre do primeiro ano, 30h no total, sendo 6h de aulas teóricas, 8h de seminários e 16h de aulas práticas. Esta disciplina está dividida em 2 módulos, em que o primeiro aborda o sistema nervoso e o segundo os sistemas endócrino e reprodutor(37).

A Histologia III decorre no primeiro semestre do segundo ano em 15 semanas, 46h no total, sendo 16h de aulas teóricas, 8h de seminários e 22h de aulas práticas. Organiza-se em 2 módulos, o primeiro aborda o sangue, a medula óssea, o sistema cardiovascular, imunitário e respiratório e o segundo foca-se nos sistemas urinário, digestivo e tegumentar (37).

As avaliações são atribuídas numa escala de de 0-20 valores.



Figura 2: Estudantes do primeiro ano de medicina, observando imagens histológicas virtuais através de computadores.

Capítulo 2

2. Metodos pedagógicos no ensino da Histologia (Educação Médica)

Os métodos pedagógicos são os métodos utilizados no processo de ensino e aprendizagem, falar-se ha neste capítulo sobre como evoluiu a educação médica ao longo dos anos e os métodos mais utilizados no ensino da Histologia, com enfoque principar no Team-based Learning (*TBL*) .

2.1 Marcos de educação médica ao longo da História

Durante a última década do século XX e a primeira década do século XXI, a reforma curricular tem sido um tema popular, e constituiu um grande marco para o avanço de educação médica atual. De fato, a reforma na escala atual não ocorreu desde o início dos anos 1900, quando Abraham Flexner divulgou seu famoso relatório "Educação Médica nos Estados Unidos e no Canadá". Seu relatório, sugeriu grandes mudanças na forma como os médicos eram educados, tornou-se uma norma e poucas mudanças ocorreram até o último quarto do século XX. Durante esse período, o aumento das demandas nos currículos das escolas de medicina devido à explosão de conhecimento em ciências biomédicas e a pressão para acrescentar mais experiências clínicas aumentaram a necessidade de introdução de reformas curriculares. Entre os principais itens para as reformas pode-se destacar o valor da integração, maior uso de formatos de aprendizagem ativa, mais aprendizagem autodirigida, melhor comunicação, habilidades e aumento das atividades de resolução de problemas (12).

Antes da publicação do relatório Flexner em 1910 (Flexner, 1910), a educação médica nos Estados Unidos era tudo menos uniforme. Sofria de falta de padrões comuns, da ausência de qualquer tipo de certificação que precisasse ser obtida antes de poder ver e tratar os doentes e, em geral, não havia nenhum tipo de ensino pós-graduação. Além disso, havia muitas escolas médicas, e muitas tinham sido estabelecidas por motivos puramente comerciais, e as faculdades de medicina que existiam tinham padrões de admissão fracos e variados. Por exemplo, alguns requeriam um diploma universitário, alguns apenas um diploma do ensino secundário e algumas atividades equivalentes e ensino sem diploma ou diploma formal. Finalmente, houve disparidades significativas no que estava sendo ensinado nas várias faculdades de medicina sem uniformidade curricular (12).

Abraham Flexner foi um educador que, depois de se formar na Universidade Johns Hopkins aos 19 anos, retornou a Louisville (Kentucky) e fundou uma escola para testar ideias sobre educação que incluiu turmas pequenas, atenção pessoal e ensino prático. A sua escola foi muito bem-sucedida e seus graduados atraíram muito interesse das principais faculdades. Anos mais tarde, Flexner fez estudos de pós-graduação na Universidade de Harvard e em Berlim, o que influenciou muito seu pensamento. Em 1908, publicou seu primeiro livro, *The American College* (Flexner, 1908), que criticava o ensino superior americano e chamou a atenção do presidente da Fundação Carnegie, Henry Pritchett. Impressionado por este jovem estudioso de educação, Pritchett pediu Flexner para liderar o estudo de fundações da educação médica americana (12).

O relatório de Flexner, “*Medical Education nos Estados Unidos*” e no Canadá, foi lançado em 1910 e teve profundos efeitos sobre a educação dos futuros médicos (Flexner, 1910). As suas principais conclusões básicas foram que as escolas de medicina deveriam adotar como currículo universitário, o currículo da Escola de Medicina da Universidade Johns Hopkins e este deveria servir como um padrão, e que, em geral, as escolas de medicina deveriam ter programas educacionais fortes e padrões de alta qualidade(12).

A partir dessas conclusões, Flexner fez as seguintes recomendações: (i) as faculdades de medicina deveriam ser afiliadas a universidades; (ii) padrões de admissão deveriam ser melhorados; (iii) as ciências são fundamentais para a medicina e essa premissa deve-se refletir no ensino; (iv) um modelo acadêmico de educação deve ser seguido; (v) as escolas médicas devem esforçar-se por ter professores de melhor qualidade e melhores ambientes / instalações de aprendizagem; e (vi) a formação clínica deve ser estruturada e ter metas e objetivos específicos(12).

Reforma curricular

Houve também um interesse crescente em aumentar a integração nos primeiros anos da faculdade de medicina entre as ciências básicas e a aplicação clínica. Finalmente, os métodos de ensino começaram a ser mais exigentes e a considerar os métodos educacionais relacionados mais com o modo como as pessoas aprendem *versus* como ensinamos. Assim, com a mudança no horizonte, dois relatórios apareceram na década de 1980 e um na década de 1990, que pode ter iniciado o movimento de reforma curricular(12).

Surgiram vários relatórios entre os quais falaremos de dois: O Relatório do Painel sobre a Formação Profissional Geral do Médico (*GPEP*) que recomendou o uso de formatos de aprendizagem ativa que promovam a aprendizagem auto-dirigida e a resolução de problemas. O segundo é o relatório de Carnegie que na conclusão do estudo, os autores estabeleceram quatro metas para a educação médica. Em primeiro lugar, deve haver uma padronização dos resultados de aprendizagem (avaliação baseada em competências) e individualização do

processo de aprendizagem (ajuste para atender às necessidades de aprendizado dos alunos). Em segundo lugar, é preciso haver integração de conhecimento e experiência clínica em todos os níveis. Em terceiro lugar, os médicos em treinamento precisam hábitos de desenvolvimento de inquérito e inovação. Finalmente, a formação de identidade profissional deve representar um foco importante durante a educação médica (12).

Algumas das razões atuais para fazer mudanças são: reduzir as horas de aula, passar de uma abordagem centrada no professor para uma abordagem mais centrada no aluno, aumentar o tempo disponível para a aprendizagem auto-dirigida, reduzir a redundância desnecessária entre oferecer cursos, e testes menos compartimentados e promover a integração de tópicos. E, embora esses objetivos sejam dignos, esses tipos de mudanças desafiam todos os envolvidos (12).

A educação médica em África

Os educadores médicos têm um papel fundamental a desempenhar na redução das desigualdades na saúde global, podendo assim dar resposta a escassez de médicos em algumas regiões de acordo com as necessidades de cada local. Essa escassez é mais severa na África Subariana (ASS)(14).

A educação médica na ASS sofreu sua primeira expansão significativa quando estados africanos recém-independentes surgiram do domínio das potências coloniais: apenas cinco escolas médicas existiam em toda a região antes de 1960, mas em 1980 esse número cresceu para 47, e a fome nos anos seguintes corroe estes desenvolvimentos promissores e a falta generalizada de recursos. Pouco antes da virada do século, um renascimento da educação médica começou na ASS e uma segunda era de expansão continuou até o presente. A literatura científica sobre educação médica na ASS também expandiu nas últimas duas décadas. Infelizmente, a vontade política levou ao declínio ou ao fecho de muitas escolas de medicina nos anos 80 e no início dos anos 90. Os programas de macroeconomia e de ajuste estrutural para descentralizar os gastos do governo também reduziram efetivamente a força de trabalho de assistência médica da ASS durante esse período, exacerbando ainda mais a escassez existente(14).

Os desenvolvimentos na educação médica na ASS nos últimos 100 anos foram caracterizados pela história única do continente. Durante a primeira metade do século XX, os europeus instalaram efetivamente a educação médica em suas colônias africanas. Os anos 1950 a 1960 foram distinguidos por movimentos bem-sucedidos de independência, com novos governos que deram prioridade à educação médica. Em 1980, havia 51 escolas de medicina na ASS. O período de 1975 a 1990 foi problemático política e economicamente para a ASS, e as escolas médicas não escaparam das dificuldades gerais. Guerra, corrupção, dívidas nacionais crescentes e instabilidade política foram características desse período. Em muitos países,

manter os ativos das escolas de medicina - membros do corpo docente, edifícios, laboratórios, bibliotecas- tornou-se difícil e a emigração tornou-se o objetivo de muitos profissionais de saúde. Em contraste, os últimos 20 anos viram um rápido crescimento no número de escolas de medicina na ASS. O crescimento económico e a estabilidade política na maioria dos países da ASS são bons para o investimento no fortalecimento dos sistemas de saúde e na educação médica. (15)

O século XX foi uma época de colonialismo e de luta pela independência, durante a qual a educação médica não avançou tão rápida ou amplamente como em outras regiões do mundo. O século XXI promete uma história diferente, uma de crescimento rápido na educação médica, levando a melhores cuidados e melhor saúde para os povos da África(15).

Em Angola tal como nos outros países africanos tem faculdade de medicina desde os tempos coloniais. Desde a independência, eles produziram médicos que atendem parcialmente às necessidades de um sistema socialista de saúde exclusivamente público. Em 2009, em Angola, seis novas escolas médicas públicas foram criadas fora de Luanda, onde também existe uma escola de medicina privada(16).

Estas novas universidades têm parceria com o Cuba e os docentes são Cubanos, que contribuíram muito para a formação de médicos com o objetivo de atender e dar resposta aos problemas de saúde local(17).

Desafios atuais na educação médica

Ao longo do século passado, a educação médica passou por uma transformação louvável, resultando no aumento da especialização e eficiência de profissionais de saúde. O alinhamento dos currículos médicos com as necessidades nacionais de saúde deram lugar a abordagem baseada em resultados isto é, "basear o que fazemos institucionalmente nos resultados que queremos alcançar". Essa abordagem foi adotada por vários países, incluindo o Reino Unido, os Estados Unidos de América (EUA), o Canadá e muitos estados latino-americanos. No entanto, embora muitos considerem que a educação médica hoje está na sua "era de ouro", há lacunas crescentes entre o ensino médico e competências, de um lado, e necessidades de saúde da população, de outro. Esforços contínuos são necessários para garantir que os avanços na educação médica continuem focados na produção de profissionais de saúde que não são apenas especialistas e eficientes, mas capazes de abordar as prioridades de saúde de suas comunidades locais e de sua nação como um todo (18).

2.2 Metodologias tradicionais de ensino da Histologia

No ensino universitário tradicional emprega-se práticas pedagógicas conservadoras em que os professores são considerados agentes principal do processo ensino-aprendizagem, e o ensino é

assente na reprodução de conhecimento onde os alunos têm que escutar, ler, decorar e repetir (11). Na educação médica tradicional, os estudantes são expostos aos dois tipos diferentes de conhecimento em diferentes momentos e em diferentes contextos. O conteúdo era tipicamente ensinado em cursos baseados em palestras e, mais tarde (alguns anos depois), os alunos aprenderam a usar o conteúdo durante seu tempo em rotações clínicas. Este procedimento atrasa a oportunidade dos alunos aprenderem a usar o conteúdo aprendido(19).

O ensino tradicional incluiu estratégias de ensino tais como: ensino centrado no professor, orientado à informação, baseado em disciplina, baseado em hospital, uniforme e oportunista(20).

Este tipo de metodologias também podem ser chamadas por métodos passivos, onde a maior parte do tempo em sala de aula é destinada a fornecer informações, as avaliações são projetadas para identificar as habilidades dos alunos de recordar informações memorizadas. A falta de estratégias para garantir o pensamento crítico e a participação ativa na obtenção e avaliação de informações é uma das principais fraquezas deste sistema educacional (21).

2.3 Metodologias ativas e a Histologia

Existem duas realidades importantes para qualquer médico, uma é a de ser capaz de descrever todas as diferenças de uma determinada doença e a outra é a capacidade de diagnosticar rapidamente a forma correta daquela doença sofrida por um doente real. Os estudantes de medicina devem dominar ambos tipos de conhecimento (19).

A aprendizagem ativa é geralmente definida como qualquer estratégia de ensino que envolve os alunos e estimula a reflexão. Tem estratégias tais como: ser centrada no aluno, baseada em problemas, integrada ou interprofissional, baseada na comunidade, abordagem sistemática(20). Em muitas escolas médicas os formatos de aprendizagem ativa, como salas de aula invertidas, aprendizagem baseada em problemas ou aprendizagem baseada em equipas, representam uma proporção crescente de tempo curricular. A aprendizagem ativa é cada vez mais considerada como um componente central da educação médica de qualidade (22). Como resultado, os educadores médicos usam várias estratégias para permitir que os alunos conectem mais de perto o conteúdo e a aquisição de conceitos com sua aplicação (19).

O uso de metodologias ativas tem sido utilizado no ensino da histologia trazendo consigo resultados positivos para o ensino. A base teórica da aprendizagem ativa é bem estabelecida, e evidências crescentes apoiam resultados positivos no envolvimento do aluno, motivação, aprendizagem duradoura e aspectos do desenvolvimento profissional(22).

Por outro lado as metodologias ativas são centradas no estudante, no qual o docente é facilitador da aprendizagem, impulsionando a uma prática reflexiva que propicia pensamento criativo e crítico por parte do estudante(11).

Com uma pedagogia de aprendizagem ativa, a importância da instrução é deslocada de fornecer conhecimento na forma de uma palestra abrangente para estabelecer estratégias que promovam o pensamento crítico e a capacidade de procurar e aplicar o conhecimento. De fato, a eficácia de uma metodologia de aprendizagem baseia-se no envolvimento dos alunos e no seu compromisso em aprender(21).

Vários estudos têm comprovado que o uso de metodologias ativas permitem ao estudante ter uma aprendizagem profunda, aumentando a motivação e interesse (23) . A aprendizagem ativa é amplamente utilizada na educação em saúde. Neste cenário, os alunos são estimulados a se envolverem, a terem pensamento crítico e a aprenderem habilidades necessárias para a prática baseada em evidências, em vez de apenas ouvirem passivamente palestras(21). Os estudos das percepções e atitudes dos estudantes têm se concentrado em estratégias de pequenos grupos, como a aprendizagem baseada em problemas, a aprendizagem em equipa e a aprendizagem baseada em casos(22).

Estudos feitos com o intuito de avaliar a satisfação dos estudantes, relataram terem uma boa experiência com a aprendizagem ativa, referindo que o sistema de avaliação muitas vezes não permite que tenham notas elevadas. É imperativo que a aprendizagem ativa seja percebida pelos alunos como um componente importante da preparação para todas as avaliações, incluindo exames nacionais, bem como para a prática profissional de longo prazo. (22). E é muito importante para a obtenção de resultados positivos um desenho adequado do currículo com objetivos claros (22).

Apesar de haver estudos que demonstram que os estudantes de medicina tinham pouco interesse em relação as ciências básicas(3); nem sempre é assim como demonstra um estudo feito através de um questionário anônimo a 900 estudantes do 1º e 6º anos de estudo na Escola de Medicina de Belgrado, Sérvia. Este estudo tinha o objetivo de examinar as atitudes do estudante de medicina em relação à relevância da histologia e na sua prática médica pré-clínica e clínica, e os estudantes do 1º ano responderam ao questionário no final do segundo semestre e os do 6º ano no 11º semestre. Os resultados do estudo sugerem que os estudantes de medicina têm uma atitude positiva em relação a histologia. Esta evidência pode ser usada como um motivo adicional para o desenvolvimento de cursos de histologia, com ênfase especial na aplicação prática do conhecimento em ambiente clinicamente orientado(24).

Estudar histologia é um desafio para os estudantes, e para o fim de compreender adequadamente e obter uma visão adequada sobre a sua importância para a educação médica e prática clínica(24).

2.4 Aprendizagem baseada em equipa

A aprendizagem baseada em equipa (*Team-based learning* em inglês -TBL) foi inicialmente desenvolvida pelo professor Larry Michaelsen, na escola de negócios de Michael F. Price da Universidade de Oklahoma, (EUA) em 1970 (25,26) . Desde então, cresceu e tornou-se uma estratégia instrucional popular e eficaz usada em vários ambientes educacionais(26). O TBL é baseado em quatro princípios essenciais: “Os grupos devem ser adequadamente formados e geridos; os estudantes devem ser responsabilizados por seu trabalho individual e em grupo; as atribuições de grupo devem promover a aprendizagem e o desenvolvimento de equipas; e os alunos devem ter feedback de desempenho frequente e oportuno (27).

Na aprendizagem baseada em equipa, é gasto algum tempo de sala de aula para garantir que os alunos dominam o conteúdo do curso. No entanto, o ênfase principal é na aplicação de conceitos, e os processos pelos quais os alunos aprendem tanto o conteúdo quanto as atividades práticas que são projetadas especificamente para que os grupos de alunos se desenvolvam em equipas de aprendizagem autogeridas. Como resultado, um único instrutor pode esclarecer o conteúdo e supervisionar os esforços de aprendizagem de uma turma inteira (19). Resumindo, A aprendizagem baseada em equipa é uma estratégia de aprendizagem colaborativa que, na sua forma autêntica, substitui as palestras pelo autoestudo e pelos exercícios em grupo que visam aplicar o conhecimento assim obtido através da resolução de problemas(25).

Várias áreas do saber demonstraram interesse em adotar a metodologia e por tal motivo criou-se uma comunidade colaborativa de TBL, um *website* onde pode-se encontrar materiais de leitura, vídeos entre outros recursos (www.teambasedlearning.org/).

Para um curso com o TBL como parte de suas atividades de aprendizagem, o conteúdo do curso é organizado em unidades principais (normalmente de cinco a sete)(19) . Os alunos são colocados em equipas de 5 a 7 alunos estrategicamente organizados em grupos permanentes (19).

Os elementos básicos do TBL incluem formação de equipas, teste de garantia de prontidão, feedback imediato, continuidade da atividade em sala de aula, resolução de problemas, estrutura motivacional, exercícios de aplicação de equipa e avaliação por pares (28) .

O processo TBL é composto de três fases: A primeira fase é a preparatória, onde os alunos recebem material para estudar antes de irem para a aula (26), as atividades de aprendizagem podem incluir leituras, vídeos, laboratórios, tutoriais, palestras entre outras (29). A segunda é o teste de garantia de prontidão (*Readiness Assurance Test* em inglês RAT), onde os alunos

fazem um teste individual (*Individual Readiness Assurance Test* em inglês IRAT) e um teste de equipa (*Team Readiness Assurance Test* em inglês TRAT) para avaliar a compreensão dos conteúdos dados antes da aula (26) . A terceira fase é a de aplicação, onde os alunos aplicam o que aprenderam de forma significativa através de exercícios baseados em casos (figura 3). Durante esta fase os alunos são convidados a trabalhar em equipas para aplicar o conhecimento formalmente avaliado durante a fase de garantia de prontidão (IRAT / TRAT) (26).

Teste de garantia de prontidão consiste em um pequeno teste (sobre os principais conteúdos e conceitos das leituras ou outras atividades) que os alunos primeiro completam de forma individual (IRAT) com um conjunto (10-20) de perguntas de múltipla escolha (28,29). Depois então fazem exatamente o mesmo teste em equipa (TRAT), chegando a um consenso sobre cada questão(19) .

A atividade de aplicação do grupo que exige que os alunos apliquem o material da tarefa de preparação a um cenário do “mundo real”(19,27), e nesse caso resolverão um problema relacionado com os conteúdos estudados com correlação clínica. Na turma / equipa, os grupos receberão o mesmo exercício que deve partir também de conteúdos do estudo e deve incluir altos níveis cognitivos (28).

Depois disto, os membros de cada equipa terão de justificar as razões para a escolha das respostas baseando-se no conteúdo estudado anteriormente e posteriormente preencherão um formulário sobre suas respostas incorretas (28).

A presença do facilitador é essencial na etapa de discussão, pois fornece feedback que ajudará mais ainda nas discussões em grupo (28).

No final das sessões de aprendizagem em equipa devem ser feitas avaliações por pares (28). A avaliação por pares é essencial no processo avaliativo, com ela é possível reconhecer as contribuições dadas por cada um dos membros da equipa para o sucesso da mesma e também muito útil durante a avaliação formativa sendo que o estudante vai conhecer-se melhor e a estar melhor preparado para a avaliação sumativa(30).

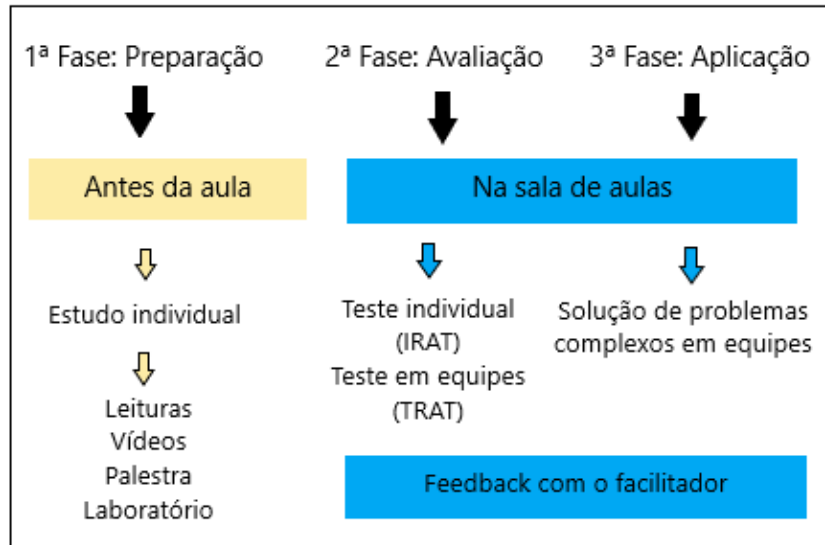


Figura 3: Fases do TBL

Um estudo feito na universidade de Tulane (University School of Medicine, New Orleans, Louisiana) nos EUA, procurou alinhar o propósito e a experiência no laboratório de histologia com o objetivo de aplicar o conhecimento adquirido à prática médica em equipa na Faculdade de Medicina da Universidade de Tulane. O estudo foi realizado de 2011 a 2015 a 711 estudantes de medicina, sendo divididos em 2 grupos, um dos grupos teve histologia tradicional baseada em laboratório (353) e o outro histologia integrada baseada em equipas (358), com metodologias ativas em laboratório. A principal diferença estava na componente de laboratório do curso integrado - conferências de mesa interativa em histologia - durante as quais os alunos desenvolveram novas competências trabalhando em equipa, revendo imagens, solucionando problemas aplicando conceitos de histologia e compartilhando as aprendizagens. O conteúdo, e os recursos *online* para microscopia foram os mesmos em ambos os grupos (8).

No grupo integrado, re-desenhou-se também a componente laboratorial da histologia com o objetivo principal de criar uma experiência de aprendizagem baseada em equipa, e aprendizagem baseada em problemas. As equipas eram formadas por 5 a 6 membros, tendo dois ou 3 microscópios por mesa, os estudantes trabalhavam olhando para os outros membros da equipa. Eles deviam identificar tecidos, tinham microscópio virtual e manual microscópio optico, e eram encorajados a usar o microscópio manual. A integração da aprendizagem foi feita por meio de seminários integradores, com cenários. A classificação do exame do curso em conjunto em 2011-2013 foi semelhante à nota do grupo de 2013-2015; mas relativamente à percentagem de respostas corretas ou taxa de aprovação percentual, houve uma melhoria significativa no desempenho dos alunos nos grupo de histologia integrada em relação ao curso tradicional ($P < 0,0001$) (8).

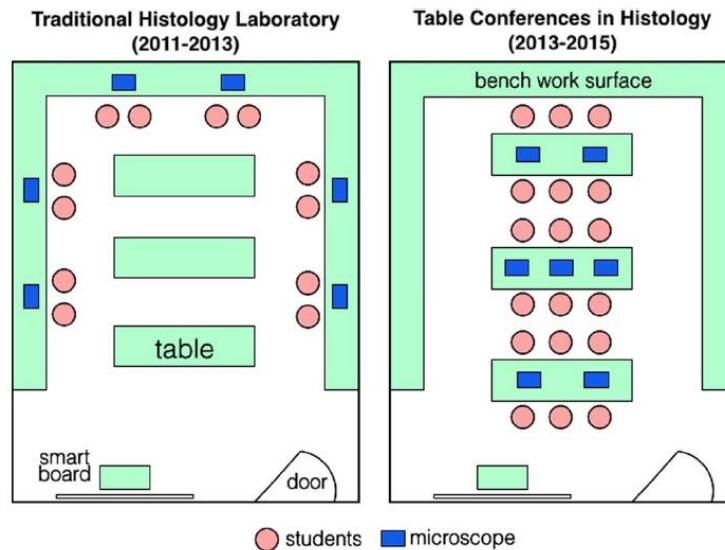


Figura 4: Os estudantes trabalharam em pares durante os laboratórios de histologia tradicionais (esquerda) e em equipas de seis pessoas ao redor da mesa durante as sessões do ITCH (direita). Introduções de laboratório pelo corpo docente foram apresentadas pelo corpo docente usando quadros interativos. Fonte: Adaptada de Ettarh, 2016.

Estudos publicados sugerem que essa abordagem instrucional é capaz de expandir o conhecimento conceitual e procedimental dos alunos, o que contribui para um melhor desempenho, melhor raciocínio crítico e habilidades de solução de problemas e, ao mesmo tempo, melhoria nas habilidades interpessoais, como comunicação, trabalho em equipa e habilidades de liderança(31). Fornece assim várias vantagens tanto para a instituição como para os estudante, entre outras competências que são necessárias para os estudantes de medicina(28). Por outro lado, para implementar-se o TBL não há necessidade de ter um local específico para cada um dos grupos, ou aumentar o número de professores pois apenas um professor pode orientar uma turma grande de mais de 100 estudantes (28).

2.5 Impacto do uso de metodologias activas

Os estudantes de medicina devem adquirir uma grande quantidade de conhecimento durante a fase pré-clínica de sua graduação em educação médica. Como esse conhecimento forma-se a base para o ensino clínico que se segue, e é imperativo que os estudantes o retenham ao longo do tempo dos cursos pré-clínicos para as rotações clínicas correspondentes, um período que pode variar de semanas a anos. Correspondentemente, estudos demonstraram que uma parcela substancial do conhecimento básico aprendido na educação médica é esquecida a longo prazo (32).

A fim de alcançar o objetivo de facilitar a retenção de informações a longo prazo (entre outros objetivos educacionais), a educação médica começou a se distanciar do método pedagógico tradicional da palestra didática para incorporar estratégias de aprendizagem

ativas. Em vez de tratar os alunos como receptores passivos de conhecimento, a aprendizagem ativa envolve- os em tarefas cognitivas de alto nível que lhes permitem construir seus próprios conhecimentos de maneira significativa (32).

A aprendizagem centrada no estudante é geralmente definida como um método institucional que desperta o estudante para uma aprendizagem ativa e pensamento crítico. Frequentemente os alunos vêm preparados com os conteúdos aprendidos ao concluir a tarefa preparatória em grupos de trabalho pré-determinados, nos quais os problemas foram resolvidos por meio de uma boa comunicação entre os membros do grupo a aprendizagem centrada no aluno tem várias vantagens, como fornecer um ambiente informal para melhor articular a teoria com exercícios, melhorar competências de comunicação e pensamento crítico, aumentando a motivação intrínseca e facilitando a comunicação entre os estudantes, o que favorece o respeitar do ponto de vista dos seus colegas. A aprendizagem baseada no aluno muda o foco do ensino para a aprendizagem (33).

Um estudo feito na China baseado na aprendizagem ativa baseada no estudante teve como objetivo descrever a implementação desta estratégia nas aulas de laboratório de fisiopatologia, para melhorar a compreensão geral dos estudantes, o pensamento crítico e a aplicação dos conceitos de fisiopatologia. Para alcançarem estes objetivos, eles desenvolveram atividades de aprendizagem voluntária, tais como: discussão em pequenos grupos, pesquisa para apresentação oral e tempo livre para pergunta e resposta (Tabela 1). Essas atividades deram aos estudantes a oportunidade de se expressarem por eles mesmos, tanto verbalmente, como por escrito e oferecer um feedback como parte da avaliação formativa. Esta investigação permitiu aos estudantes conhecerem-se a si mesmos, tanto nas suas fraquezas como os seus pontos fortes, melhorando assim a sua habilidade de combinar a teoria com os procedimentos laboratoriais e reforçar o estudo independente. O uso deste método foi bem recebido tanto pelos alunos como pelos professores, e reportou-se aumento da aprendizagem ativa, o desenvolvimento de habilidades, e a retenção dos conteúdos. A pontuação média dos testes foi relativamente alta no método centrado no estudante em comparação com o método tradicional de ensino (33).

Tabela 1: Sequência semanal das atividades oferecidas a cada grupo no estudo (33) :

<i>in the study</i>		
Activity	Control group	Treatment group
Lecture	Yes	Yes
Experimental design.	No	Yes
Oral research presentation	No	Yes
Free question	No	Yes
Small group discussion	No	Yes
Laboratory exercise	Yes	Yes
Laboratory report	Yes	Yes
Research paper	No	Yes
Quiz	Yes	Yes

O ensino centrado no estudante é completamente diferente do tradicional. Cada vez mais estudos têm ilustrado a necessidade de fomentar nos estudantes de medicina competências e atitudes que podem estimular a aprendizagem ao longo da vida. Atualmente a importância dada ao ensino por métodos que podem promover aprendizagem ativa e pensamento crítico tem vindo a aumentar (33).

Numerosos estudos em uma ampla gama de disciplinas e ambientes educacionais demonstraram que a aprendizagem ativa melhora uma variedade de resultados de aprendizagem, incluindo retenção, pensamento crítico, comunicação e ensino entre pares (22).

Capítulo 3

3. Projeto pedagógico

Este capítulo está ligado diretamente com o ensino da Histologia, com enfoque na Histologia I através da elaboração de um projeto pedagógico com o uso de TBL como método ativo de ensino, com o objetivo de o aplicar na faculdade de medicina de Cabinda/Angola.

3.1 Necessidades de aprendizagem

Uma vez que os estudantes vêm do ensino secundário sem qualquer base sobre o uso de microscópio, chega-se a conclusão que as necessidades de aprendizagem dos formandos é sobretudo a nível da prática:

- Manipulação correta do microscópio para identificação das diferentes células e tecidos.
- Interação e trabalho em equipa.
- Dar ênfase à importância da Histologia na Medicina.

3.2 Competências do final do processo de aprendizagem

No final do curso, o aluno deverá ser capaz de:

- Descrever a origem e as características dos tecidos, bem como, a histogénese por meio da morfofunção celular.
- Diferenciar e classificar as estruturas de ligação e especializações da superfície celular presentes nos tecidos.
- Descrever a estrutura histológica dos diferentes órgãos.
- Identificar os diferentes tecidos e órgãos ao microscópio ótico.
- Desenvolver competências para uma compreensão racional do significado da perspectiva macroscópica, microscópica e molecular assente em bases histofisiológicas de tecidos e órgãos.

- Identificar os constituintes histológicos, recorrendo essencialmente a equipamentos microscópicos, que constituem os diferentes tecidos.
- Desenvolver a capacidade individual e autónoma de formação e análise crítica, estimulando a aprendizagem e atualização permanentes.

3.3 Conteúdos de histologia e objetivos de aprendizagem

Modulo I -A célula,Métodos e técnicas de estudo

Objetivos de aprendizagem:

- Explicar a importância da Histologia no estudo dos níveis de organização da matéria no organismo humano.
- Enumerar os diferentes tipos de microscópios e sua utilidade.
- Empregar o microscópio ótico de campo brilhante para a observação de preparações histológicas.
- Mencionar a importância das principais técnicas para o estudo de células e tecidos ao microscópio.
- Explicar as principais características e propriedades fisiológicas do citosol.
- Valorizar a importância e consequências da diferenciação, especialização e potencialidade celular.
- Descrever o ciclo celular e a sua importância.
- Descrever as principais características morfológicas e funcionais das células estudadas ao microscópio ótico e ao microscópio eletrónico.

Conteúdos do módulo I:

- Histologia e os seus métodos de estudo . Conceito de Histologia. Importância da Histologia no estudo do corpo humano.

- Microscópios. Tipos. Utilidade de cada um. Poder de amplificação e poder de resolução.
- Técnicas para preparação de lâminas histológicas. Técnicas para a observação de células e tecidos vivos. Técnicas para a conservação, preparação e observação de células e tecidos mortos. Técnica de Parafina toma da amostra, fixação, inclusão, corte e coloração de células e tecidos. Coloração com hematoxilina e Eusina. Acidofilia. Basofilia. Metacromasia. Argirofilia. Sudanofilia. Técnicas histoquímicas. Reacção de PAS. Reacções enzimáticas. Imunohistoquímica. Autorradiografia. Importância de cada técnica.
- Níveis de organização da matéria. Protoplasma. Composição química e propriedade fisiológicas. Estados de sol e gel.
- A célula. Conceito. Características gerais. Técnica celular. Ciclo celular.
- A célula eucariota e os seus componentes. Compartimentação celular. Diferenciação. Especialização. Potencialidade. Proliferação celular. Morte celular.
- Características morfológicas e funcionais dos componentes citoplasmáticos da célula eucariota. Características morfológicas e funcionais do núcleo. Ciclo celular. Modelos celulares.
- Identificar em imagens histológicas os principais componentes das células eucariotas.

Modulo II. Tecidos básicos e suas variedades

Objetivos de aprendizagem:

- Definir o conceito de tecido e as bases para a sua classificação.
- Relacionar as características estruturais de cada tecido básico e de cada variedade de tecido com a sua função no organismo.
- Identificar e comparar imagens histológicas das diferentes variedades de tecidos, apoiando-se em modelos celulares e utilizando lâminas histológicas para observar mediante o microscópio óptico.
- Relacionar os distintos modelos funcionais de células (absortiva, secretora, fagocítica muscular e nervosa) com as suas funções nos tecidos.

- Interpretar mediante o emprego de lâminas histológicas, fotomicrografias e esquemas vistos anteriormente a estrutura de células e tecidos estudados, assinalando suas características fundamentais.
- Utilizar o microscópio óptico de campo brilhante para a observação das preparações histológicas.

Conteúdos do módulo II:

- Conceito de tecido. Componentes gerais. Células. Matriz extracelular. Líquido tissular. Variedades ou tipos de tecidos. Bases para a classificação dos tecidos. Aplicação de modelos celulares.
- Tecidos básicos: Características gerais de cada um em relação com as suas funções.
- Tecido conjuntivo. Variedades. Tecido conjuntivo propriamente dito ou geral. Células e matriz extracelular. Características morfológicas e funcionais do tecido conjuntivo frouxo e o denso.
- Célula fagocítica.
- Tecidos conjuntivos especiais: variedades. Características morfológicas e funcionais. Tecido cartilaginoso e tecido ósseo: Variedades e características morfológicas e funcionais de cada um.
- Tecido epitelial: Características gerais. Variedades e bases para sua classificação. Aplicação de modelos celulares.
- Características morfológicas e funcionais dos epitélios de revestimento. Célula Absortiva.
- Epitélios glandulares. Características morfológicas e funcionais das glandulas exócrina. Classificação e variedades. Célula secretora.
- Tecido muscular: Variedades e bases para a sua classificação. Características morfológicas e funcionais. Células contrácteis. Mecanismo de contracção. Regeneração.
- Tecido nervoso: Características morfológicas e funcionais. Neurónios e neuroglia. Sinapse: componente e tipos. Célula excitável.

3.4 Metodologias pedagógicas

O ensino da faculdade de medicina da Universidade 11 de Novembro é baseado em disciplinas.

Este programa será feito com base: aprendizagem baseada em equipa.

Uma vez que são 30 estudantes, os estudantes serão divididos em grupos permanentes de 5, totalizando 6 grupos na sala de aulas.

Em cada aula os estudantes receberão materiais que serão estudados por eles de forma individual ou em grupo para a aula seguinte. Assim sendo o método será aplicado da seguinte forma:

1-Preparação antes da sessão presencial do TBL: documento para lerem com os objetivos de aprendizagem, imagens, e bibliografia, e exercícios (19,27).

2-Durante a aula: a) Testes de garantia de prontidão individuais e em grupo consistindo nas mesmas perguntas de escolha múltipla, nesse caso 10 perguntas (19,27), que enfocam os conceitos que precisam ser dominados para resolver problemas de aplicação de equipa (29). Este é o mesmo conjunto de perguntas que cada aluno respondeu individualmente e que posteriormente a equipa deve respondê-las por meio de uma discussão sobre para chegarem a um consenso (29).

No final destes testes fazem as respostas são discutidas dentro da classe e o professor fornece explicações adicionais e conclui o que foi aprendido, dando feedback (31).

3- Aplicação: Uma atividade de aplicação em grupo que exige que os alunos apliquem o material da tarefa de preparação a um cenário do “mundo real”(19,27), e resolverão um problema relacionado com os conteúdos estudados com correlação clínica.

Nas aulas práticas será usado o mesmo método, os alunos do mesmo grupo estarão sentados com computadores, olhando uns para os outros, receberão antes da aula imagens com os tecidos em estudo e as principais estruturas que os compõem, e o teste de garantia de prontidão. Terão o teste, em papel com perguntas sobre imagens de tecido e estruturas e também uma imagem para identificar através do microscópio. Resolverão o mesmo em grupo e no final deverão resolver um problema de aplicação.

Ter-se há em conta o tempo: deve haver discussão depois do IRAT e do TRAT (25 min para os testes e 25 para a discussão), e a aplicação vai durar 25 min e a discussão 25 minutos. O tempo de discussão deve ser a metade do tempo total. Por isso é necessário ter em conta a quantidade de perguntas, para depois não correr o risco de frustrar os estudantes e não ter tempo suficiente de discutir as perguntas.

3.5 Materiais pedagógicos para aprendizagem

- **Mescher, Anthony L.** Junqueira's Basic Histology Text and Atlas. 14th. New York: McGraw-Hill Education, 2016.
- Discos de histologia com lâminas, exercícios e vídeos.

O Plano de aulas e a indicação da bibliografia serão disponibilizados no correio eletrónico de cada estudante.

3.6 Sistema de avaliação

Durante a unidade curricular faremos três tipos de avaliação:

Avaliação diagnóstica: com o objetivo de avaliar conhecimentos de base no início das aulas, não conta para a nota.

Avaliação formativa: faz-se ao longo da unidade curricular com o objetivo de melhorar a aprendizagem do estudante e permite com que o estudante tenha um bom feedback de si mesmo em relação aos seus pontos fortes e fracos (34). Esta avaliação será feita durante as sessões de TBL.

A avaliação sumativa: é feita no final e permite medir a aprendizagem do aluno no final do período de aprendizagem(34). Será feita através de 3 frequências escritas, uma por cada módulo e um exame prático no final.

Nos pontos a seguir descrevem-se os critérios de avaliação e os instrumentos de avaliação

3.6.1 Critérios de avaliação e feedback

Os testes da equipa durante as sessões TBL têm um formato semelhante aos exames na fase de aplicação). Os exames em equipa ajudam os alunos a se sentirem mais confiantes nos conhecimentos e estarem mais preparados para fazer uma avaliação sumativa (21).

O estudante com nota superior a 9,5 valores nas frequências está aprovado e não precisa ir a exame escrito.

Para aprovar ao exame prático, o aluno deverá ter uma nota superior a 9,5 valores. No exame prático serão avaliadas as habilidades práticas dos estudantes através da observação de lâminas histológicas ao microscópio, com algumas perguntas para identificar tecidos.

Os estudantes deverão ter assistência de 80% as aulas teóricas e 90% práticas para terem acesso às frequências e exames.

O feedback será dado em todas aulas depois de cada sessão de TBL e depois das frequências também haverá uma aula para o feedback.

- Assiduidade por parte do aluno: 5%, 2,5% para cada item.

-Avaliação formativa 25%: 5% para as discussões em grupo (avaliação feita por pares) e 20% para o desempenho individual.

-Avaliação sumativa teórica e prática 70%: teórica 30% (sendo 10% para cada frequência) e prática 40%.

Fórmula de avaliação:

Nota final= Frequências x (0,30) + Avaliação prática x (0,40) + Avaliação formativa x (0,25) + Assiduidade x (0,05)

3.6.2 Instrumentos de avaliação

Segundo um estudo feito a um curso de farmácia, para haver consistência com os exames individuais, as perguntas foram feitas em vários formatos, incluindo resposta curta, redação, correspondência e múltipla escolha. As perguntas foram projetadas para ter uma única melhor resposta e testaram principalmente o nível de compreensão e aplicação da Taxonomia de Bloom (21).

Para este trabalho os instrumentos de avaliação serão os seguintes:

- a) A avaliação formativa será feita através de trabalho em grupo e individual durante as sessões TBL. O instrumento de avaliação será uma grelha de observação, que avaliará as atitudes dos estudantes durante as discussões em grupo, será avaliado pelos colegas de grupo. Tanto os testes individuais como os feitos em equipa terão perguntas de escolha múltipla.
- b) As frequências teóricas serão elaboradas com perguntas de escolha múltipla, resposta curta, e de correspondência.
- c) O exame prático será avaliado usando uma grelha de observação que avaliará competência dos estudantes a nível prático: correto uso de microscópio, e identificação de imagens histológicas.
- d)

3.7 Planificação de aula (modelo)

Modulo II: Tecidos básicos e suas variedades

Aula: Tecido muscular: Variedades. Características morfológicas e funcionais. Células contrácteis.

Preparação prévia: Ler o capítulo 10 do livro Histologia Básica Junqueira e Carneiro, e o material de apoio para a aula dado pelo corpo docente.

Objetivos da aula TBL:

- Descrever as características celulares únicas do músculo esquelético, músculo cardíaco e músculo liso, e ser capaz de distinguir os três no microscópio.
- Descrever como os filamentos de actina e miosina estão organizados no músculo estriado e ser capazes de explicar por que o padrão de bandas muda com o estado contrátil.
- Explicar como os músculos esquelético, cardíaco e liso são inervados, como o impulso para contração é propagado e como o íão cálcio está envolvido no mecanismo contrátil.
- Explicar como os três tipos de fibras musculares crescem e se regeneram.
- Interpretar dados clínicos relevantes que refletem a disfunção do tecido muscular.

Objetivos da aula prática:

- Distinguir os 3 tipos de músculos ao microscópio óptico.
- Descrever como os tecidos diferem uns dos outros em estrutura e função.

Conclusão

Em suma podemos concluir que é muito importante que os estudantes tenham contacto com a Histologia desde muito cedo, e que apesar de ainda haver o uso de métodos tradicionais de ensino, o uso de métodos ativos tem vindo a crescer. Entre eles o TBL é um dos mais usados no ensino da Histologia e ajuda no processo de ensino e aprendizagem, pois capacita ao futuro médico, a ter uma maior retenção dos conteúdos e facultar-lhe habilidades que o ajudarão na sua vida profissional.

As metodologias tradicionais nas quais os professores eram o centro do processo de ensino e aprendizagem, consideradas como passivas devido a acção do estudante que era de ouvir, memorizar e reproduzir, este procedimento condicionava a oportunidade dos alunos aprenderem a usar o conteúdo aprendido. A falta de estratégias para garantir o pensamento crítico e a participação ativa na obtenção e avaliação de informações é uma das principais fraquezas deste sistema educacional

As metodologias ativas têm como o centro de atenção o estudante. Estimulam a reflexão, baseia-se em problemas permitindo com que haja mais motivação, propiciando assim o pensamento criativo e crítico por parte do estudante e uma aprendizagem duradoura.

Conclui-se ainda que a elaboração de um projeto que visa a implementação de metodologias ativas no ensino da Histologia na faculdade de medicina de Cabinda seria uma mais valia para elevar a qualidade de formação médica nesta instituição.

Perpectivas futuras

Futuramente pretende-se implementar este projeto na faculdade de Medicina de Cabinda, e posteriormente avaliar o impacto, do uso das metodologias ativas no ensino da Histologia.

Espera-se que este trabalho seja um recurso de pesquisa útil para os Professores de histologia da Faculdade de Medicina de Cabinda, que possam empregar as metodologias e obter os melhores resultados no processo ensino-aprendizagem.

Referências

1. Selvig D, Holaday LW, Purkiss J, Hortsch M. Correlating students' educational background, study habits, and resource usage with learning success in medical histology. *Anat Sci Educ.* 2015;8(1):1-11.
2. Nivala M, Lehtinen E, Helle L, Kronqvist P, Paranko J, Säljö R. Histological knowledge as a predictor of medical students' performance in diagnostic pathology. *Anat Sci Educ.* 2013;6(6):361-7.
3. Bloodgood RA. Active learning: A small group h1. Bloodgood RA. Active learning: A small group histology laboratory exercise in a whole class setting utilizing virtual slides and peer education. *Anat Sci Educ.* 2012;5(6):367-73. istology laboratory exercise in a whole cl. *Anat Sci Educ.* 2012;5(6):367-73.
4. Musumeci G. Past, present and future: overview on histology and histopathology. *J Histol Histopathol.* 2014;1(1):5.
5. Romero Reverón R. Marcello Malpighi (1628-1694), Founder of Microanatomy. *Int J Morphol.* 2011 Jun;29(2):399-402.
6. Buesa RJ. Histology aging workforce and what to do about it. *Ann Diagn Pathol.* 2009;13(3):176-84.
7. Hardy PA, Zacharias H. Walther Flemming on histology in medicine 1878: A newly discovered letter to his father. *Ann Anat.* 2009;191(2):171-85.
8. Ettarh R. A practical hybrid model of application, integration, and competencies at interactive table conferences in histology (ITCH). *Anat Sci Educ.* 2016;9(3):286-94.
9. Mione S, Valcke M, Cornelissen M. Remote histology learning from static versus dynamic microscopic images. *Anat Sci Educ.* 2016;9(3):222-30.
10. Khalil MK, Williams SE, Gregory Hawkins H. Learning and study strategies correlate with medical students' performance in anatomical sciences. *Anat Sci Educ.* 2018;11(3):236-42.
11. Bardini VSS, Spalding M. Práticas pedagógicas no ensino de histologia: estratégias para incentivar o aluno na consolidação dos conhecimentos. *Rev Bras Ensino Super.* 2017;2(4):15-21.
12. Drake RL. A retrospective and prospective look at medical education in the United States: Trends shaping anatomical sciences education. *J Anat.* 2014;224(3):256-60.
13. Loukas M, Hanna M, Alsaiegh N, Shoja MM, Tubbs RS. Clinical anatomy as practiced by

- ancient Egyptians. *Clin Anat.* 2011;24(4):409-15.
14. Greysen SR, Dovlo D, Olapade-Olaopa EO, Jacobs M, Sewankambo N, Mullan F. Medical education in sub-Saharan Africa: A literature review. *Med Educ.* 2011;45(10):973-86.
 15. Monekosso GL. A brief history of medical education in Sub-Saharan Africa. *Acad Med.* 2014;89(8 SUPPL.):11-5.
 16. Ferrinho P, Sidat M, Fresta MJ, Rodrigues A, Fronteira I, da Silva F, et al. The training and professional expectations of medical students in Angola, Guinea-Bissau and Mozambique. *Hum Resour Health.* 2011;9:1-5.
 17. Cole C, Luis J, Fabio D, Squires N. Cuban Medical Education: 1959 to 2017. *J Med Educ Train.* 2018;2(033).
 18. Nair M, Fellmeth G. Current efforts in medical education to incorporate national health priorities. *Med Educ.* 2018;52(1):24-33.
 19. Parmelee DX, Michaelsen LK. Twelve tips for doing effective Team-Based Learning (TBL). *Med Teach.* 2010;32(2):118-22.
 20. A. E Sefton, M F. Problem Based Learning. A Practical Guide for Medical Teachers. 2013. 166-173 p.
 21. Khansari PS, Coyne L. An innovative addition to team-based-learning pedagogy to enhance teaching and learning: Students' perceptions of team exams. *Curr Pharm Teach Learn.* 2018;10(1):90-5.
 22. Walling A, Istas K, Bonaminio GA, Paolo AM, Fontes JD, Davis N, et al. Medical Student Perspectives of Active Learning: A Focus Group Study. *Teach Learn Med.* 2017;29(2):173-80.
 23. Kotzé SH, Mole CG. Making large class basic histology lectures more interactive: The use of draw-along mapping techniques and associated educational activities. *Anat Sci Educ.* 2015;8(5):463-70.
 24. Zaletel I, Marić G, Gazibara T, Rakočević J, Labudović Borović M, Puškaš N, et al. Relevance and attitudes toward histology and embryology course through the eyes of freshmen and senior medical students: Experience from Serbia. *Ann Anat.* 2016;208:217-21.
 25. Zgheib NK, Dimassi Z, Bou Akl I, Badr KF, Sabra R. The long-term impact of team-based learning on medical students' team performance scores and on their peer evaluation scores. *Med Teach.* 2016;38(10):1017-24.
 26. Gullo C, Ha TC, Cook S. Twelve tips for facilitating team-based learning. *Med Teach.* 2015;37(9):819-24.
 27. Reimschisel T, Herring AL, Huang J, Minor TJ. A systematic review of the published literature on team-based learning in health professions education. *Med Teach.*

2017;39(12):1227-37.

28. Keshmiri F, Rahmati A, Amin AG, Faezi T. Validating and assessing the reaction of medical students toward team-based learning. *Acta Med Iran.* 2016;54(12):806-11.
29. Parmelee D, Michaelsen LK, Cook S, Hudes PD. Team-based learning: A practical guide: AMEE Guide No. 65. *Med Teach.* 2012;34(5):275-88.
30. Fete MG, Haight RC, Clapp P, McCollum M. Peer evaluation instrument development, administration, and assessment in a team-based learning curriculum. *Am J Pharm Educ.* 2017;81(4).
31. Ahn HS, Rotgans JI, Rajalingam P, Lee JJR, Koh YYJ, Low-Beer N. Assessing How Students Learn in Team-Based Learning: Validation of the Knowledge Re-Consolidation Inventory. *Heal Prof Educ.* 2017;3(2):118-27.
32. Emke AR, Butler AC, Larsen DP. Effects of Team-Based Learning on short-term and long-term retention of factual knowledge. *Med Teach.* 2016;38(3):306-11.
33. Chen J, Zhou J, Sun L, Wu Q, Lu H, Tian J. A new approach for laboratory exercise of pathophysiology in China based on student-centered learning. *Adv Physiol Educ.* 2015;39(2):116-9.
34. Azzi AJ, Ramnanan CJ, Smith J, Dionne É, Jalali A. To quiz or not to quiz: Formative tests help detect students at risk of failing the clinical anatomy course. *Anat Sci Educ.* 2015;8(5):413-20.

Anexos

Anexo 1: exemplo de um teste

Individual and team reading assurance test Teste de garantia de prontidão individual e em grupo

Leia com atenção e responda as seguintes questões sobre o tecido muscular, marcando com um círculo a resposta correta.

1. Quais são características próprias do músculo estriado esquelético?
 - a) Apresentam células cilíndricas alongadas e ramificadas
 - b) Apresentam células multinucleadas com núcleos no centro
 - c) Apresentam células cilíndricas com um ou dois núcleos.
 - d) Apresentam células alongadas com e multinucleadas.
 - e) Apresentam células fusiformes com núcleo na periferia.

2. A lâmina basal de uma fibra muscular é parte de qual estrutura?
 - a) Perimísio
 - b) Epimísio
 - c) Perimísio
 - d) Endomísio
 - e) Retículo sarcoplasmático

3. No músculo estriado, o Ca^{++} se liga a qual das seguintes moléculas para iniciar a contração?
 - a) Troponina
 - b) Calmodulina
 - c) α -actinina
 - d) Tropomiosina
 - e) ATP

4. Qual característica é exclusiva do músculo cardíaco?
 - a) Núcleos localizados centralmente
 - b) Estriações transversais
 - c) Frequentemente ramificada
 - d) Células multinucleadas
 - e) Falta de túbulos T

5. Qual dos seguintes tipos de músculo retém a capacidade de crescimento por hiperplasia?
 - a) Todos os músculos
 - b) Os músculos estriados
 - c) O músculo esquelético
 - d) O músculo cardíaco
 - e) O músculo liso

6. Onde localiza-se os túbulos T no músculo estriado esquelético?
 - a) Na junção entre a banda H e a banda A
 - b) Ao nível da linha Z
 - c) Na junção entre a banda I e a banda A
 - d) Ao nível da linha M
 - e) Na junção entre a banda I e a banda H

7. Em relação ao padrão contractil das bandas, o que acontece durante a contração?
 - a) A banda I aumenta de tamanho.
 - b) Filamentos finos se sobrepõem aos grossos
 - c) Os filamentos de actina penetram na banda I
 - d) A fibra muscular aumenta de tamanho
 - e) A banda A e os seus filamentos finos reduz-se

8. Como ocorre o mecanismo de contração no músculo liso?
 - a) De maneira lenta, rítmica e voluntária
 - b) Os iões de Ca^{2+} combina-se com troponina C
 - c) Há deslizamento de actina sobre miosina II
 - d) Por células especializadas em gerar impulso
 - e) Voluntária sob acção do sistema nervoso autónomo

9. Como ocorre o crescimento e regeneração dos diferentes tipos de músculo?
 - a) O músculo cardíaco regenera-se por acção das células satélites

- b) No músculo esquelético não ocorre mitose, forma-se cicatrises no tecido
- c) O músculo esquelético entra em mitose quando submetido a exercício
- d) No músculo liso ocorre mitose, podendo aumentar de volume por hiperplasia
- e) No músculo esquelético apenas ocorre mitose, não ocorre hiperplasia.

10. Qual característica é única para o músculo liso?

- a) Túbulos-T encontram-se através das linhas Z
- b) Cada filamento grosso é cercado por seis filamentos finos
- c) Filamentos finos se ligam a corpos densos
- d) As células são multinucleadas e fusiformes
- e) As células têm núcleos localizados centralmente

Exercício de Aplicação

1. Ca^{++} desempenha um papel criticamente importante na contração muscular. Em qual das seguintes afirmações o papel do Ca^{++} está corretamente descrito?

- a) O Ca^{++} passa do líquido extracelular para o citoplasma das células musculares lisas através dos túbulos-T, e depois se liga à calmodulina em um complexo com a cinase de cadeia leve da miosina.
- b) O Ca^{++} é libertado da proteína de ligação à calsequestrina contida nas cisternas terminais das células do músculo esquelético, passando depois para os túbulos-T.
- c) O Ca^{++} é liberado do retículo sarcoplasmático das células musculares cardíacas, e então se liga à tropomiosina em um complexo com actina e miosina.
- d) O Ca^{++} passa do líquido extracelular para o citoplasma das células do músculo esquelético através dos túbulos T, e depois se liga à troponina C em um complexo com actina e miosina.
- e) O Ca^{++} passa do líquido extracelular para os terminais do axônio, onde induz a exocitose da acetilcolina para a fenda sináptica.

2. Um homem de 66 anos que vive sozinho tem um enfarte agudo do miocárdio e morre durante a noite. O médico legista é chamado na manhã seguinte e descreve o corpo do homem como estando em rigor mortis. Este estado de rigor mortis é devido a qual dos seguintes fenômenos?

- a) Inibição do vazamento de Ca^{2+} do líquido extracelular e retículo sarcoplasmático

- b) Recuperação aprimorada de Ca^{2+} pelo retículo sarcoplasmático
 - c) Falha ao desengatar tropomiosina e troponina dos sítios activos da miosina
 - d) Ausência de ATP impedindo o descolamento das cabeças de miosina da actina
 - e) Aumento da produção de ácido láctico
3. Um menino de cinco anos sofre uma pequena lesão no músculo gastronêmio quando ele está envolvido em um acidente de bicicleta. A Regeneração do músculo ocorrerá através de qual dos seguintes mecanismos?
- a) Desdiferenciação de células musculares em mioblastos
 - b) Diferenciação de células satélites musculares
 - c) Fusão de miofibras danificadas para formar novos miotubos
 - d) Hiperplasia das fibras musculares existentes
 - e) Diferenciação de fibroblastos para formar mioblastos

Anexo 2: Exemplo de material de estudo

Material complementar para as aulas

Este material complementar para as aulas, tanto o texto como as imagens foram elaborados com base no livro de texto, **Mescher, Anthony L. *Junqueira's Basic Histology Text and Atlas***. 14th. New York : McGraw-Hill Education, 2016. pp. 193-214.

O tecido muscular é constituído por células alongadas, que contêm grande quantidade de filamentos citoplasmáticos de proteínas contráteis, as quais, por sua vez, geram as forças necessárias para a contração desse tecido, utilizando a energia contida nas moléculas de ATP.

As células musculares têm origem mesodérmica, e sua diferenciação ocorre pela síntese de proteínas filamentosas, concomitantemente ao alongamento das células. De acordo com suas características morfológicas e funcionais, distinguem-se três tipos de tecido muscular: o músculo estriado esquelético, o músculo estriado cardíaco e o músculo liso.

O músculo estriado esquelético é formado por feixes de células cilíndricas muito longas e multinucleadas, que apresentam estriações transversais. Essas células, ou fibras, têm contração rápida e vigorosa e estão sujeitas ao controle voluntário.

O músculo estriado cardíaco, cujas células também apresentam estrias transversais, é formado por células alongadas e ramificadas, que se unem por meio dos discos intercalares, estruturas encontradas exclusivamente no músculo cardíaco. A contração das células musculares cardíacas é involuntária, vigorosa e rítmica.

O músculo liso é formado por aglomerados de células fusiformes que não têm estrias transversais. No músculo liso, o processo de contração é lento e involuntário.

Determinados componentes das células musculares receberam nomes especiais. A membrana celular é chamada de sarcolema; o citosol, de sarcoplasma, e o retículo endoplasmático liso, de retículo sarcoplasmático.

Musculo estriado esquelético

O tecido muscular esquelético é formado por feixes de células muito longas (até 30 cm), cilíndricas, multinucleadas e que contêm muitos filamentos, as miofibrilas. O diâmetro das fibras musculares estriadas esqueléticas varia de 10 a 100 μm . Essas fibras se originam no embrião pela fusão de células alongadas, os mioblastos. Nas fibras musculares esqueléticas os numerosos núcleos se localizam na periferia das fibras, nas proximidades do sarcolema. Essa localização nuclear característica ajuda a distinguir o músculo esquelético do músculo cardíaco, ambos com estriações transversais, uma vez que, no músculo cardíaco, os núcleos são centrais. Uma pequena população de células progenitoras de reserva, denominadas células musculares satélites, permanece adjacente à maioria das fibras do músculo esquelético diferenciado.

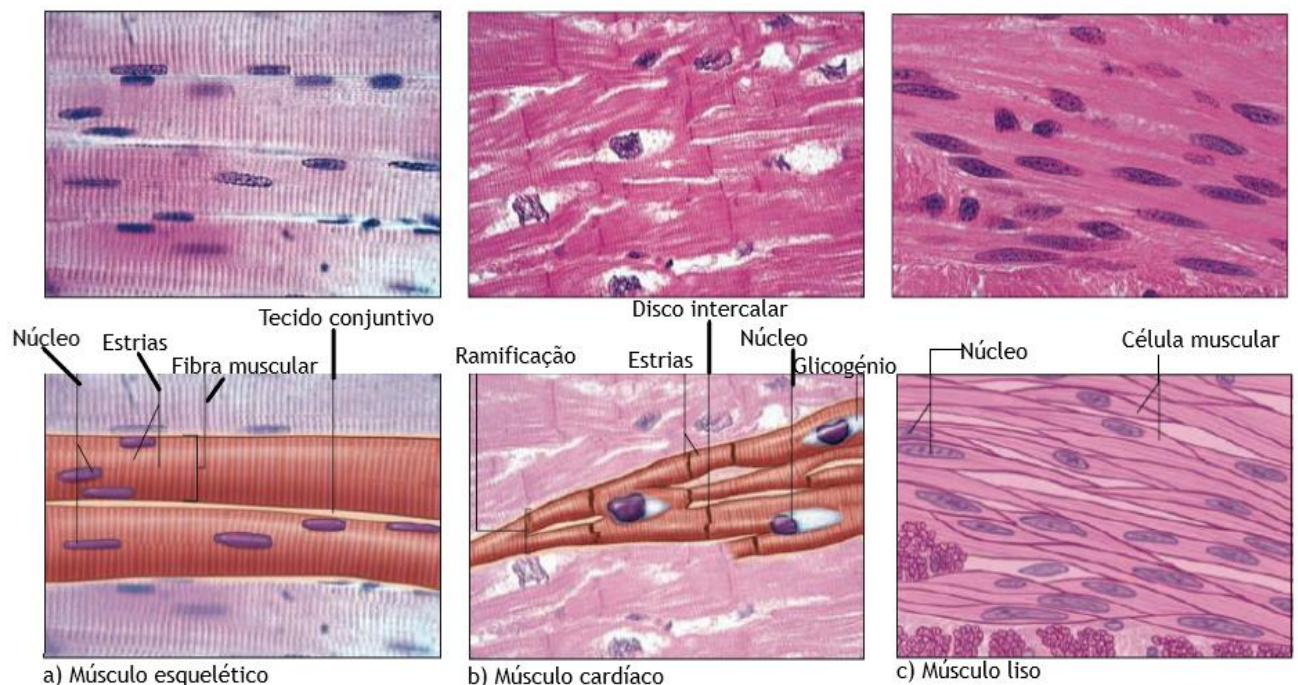


Figura 1- Tipos de músculos. Micrografias de luz de cada tipo, acompanhadas de desenhos rotulados. (a) O músculo esquelético é composto por fibras grandes, alongadas e multinucleadas que mostram contrações fortes, rápidas e voluntárias. (b) O músculo cardíaco é composto de células ramificadas irregulares, unidas longitudinalmente por discos intercalados e mostra fortes contrações involuntárias. (c) O músculo liso é composto de células fusiformes agrupadas com contrações involuntárias fracas. Todos (H & E)

Organização do músculo esquelético

Camadas finas de tecido conectivo envolvem e organizam as fibras contráteis em todos os três tipos de músculos, e essas camadas são vistas particularmente bem no músculo esquelético, organizando as fibras musculares em grupos de feixes.

O **epimísio**, camada externa de tecido conjuntivo que cobre o músculo inteiro e envolve o conjunto de feixes, se estendem para dentro e transportam os grandes vasos sanguíneos e linfáticos do músculo.

O **perimísio**, são septos finos de tecido conjuntivo que partem do epimísio que se dirigem no interior do músculo, separando os feixes. Assim, o perimísio envolve os feixes de fibras. Cada fascículo de fibras musculares constitui uma unidade funcional em que as fibras trabalham juntas. Nervos, vasos sanguíneos e linfáticos penetram no perimísio para suprir cada feixe.

O **endomísio**, é uma camada muito fina e delicada de fibras reticulares e fibroblastos dispersos que envolve individualmente cada fibra muscular, formado pela lâmina basal externa da fibra muscular. Além das fibras nervosas, os capilares formam uma rica rede no endomísio, levando o O₂ às fibras musculares.

O tecido conjuntivo mantém as fibras musculares unidas, possibilitando que a força de contração gerada por cada fibra individualmente atue sobre o músculo inteiro. Além disso, a força da contração do músculo pode ser regulada pela variação do número de fibras estimuladas pelos nervos.

É ainda por meio do tecido conjuntivo que a força de contração do músculo se transmite a outras estruturas, como tendões e ossos.

Todas as três camadas, além do denso tecido conjuntivo irregular da fáscia profunda que recobre o epimísio, são contínuas com o tecido conjuntivo rígido de um tendão nas **junçõesmiotendinosas** que unem o músculo ao osso, pele ou outro músculo. Estudos ultraestruturais mostram que, nessas regiões transicionais, as fibras de colágeno do tendão se inserem entre as fibras musculares e se associam diretamente a complexas dobras de sarcolema e assim se transmite a força de contração do músculo a outras estruturas.

Organização das fibras musculares esqueléticas

Quando observadas ao microscópio óptico num corte longitudinal, as fibras musculares esqueléticas mostram estriações transversais, pela alternância de faixas claras e escuras. As bandas escuras nas miofibrilas são chamadas bandas A (anisotrópicas ou birrefringentes em microscopia de luz polarizada); as bandas claras são chamadas de bandas I (isotrópicas, não alteram a luz polarizada). No centro de cada banda I nota-se uma linha transversal escura - a linha Z.

A estriação da miofibrila se deve à repetição de unidades iguais, chamadas sarcômeros. Cada sarcômero, que mede cerca de 2,5 µ.m, é formado pela parte da miofibrila que fica entre duas linhas Z sucessivas e contém uma banda A separando duas semibandas I. A banda A

apresenta uma zona mais clara no seu centro, a banda H correspondendo a uma região com apenas as porções em forma de bastão da molécula de miosina e sem filamentos finos.

Cada fibra muscular contém muitos feixes cilíndricos de filamentos, as miofibrilas, que medem l a 2 μ ,m de diâmetro, são paralelas ao eixo maior da fibra muscular e consistem no arranjo repetitivo de sarcômeros, mitocôndrias e retículo sarcoplásmico encontram-se entre as miofibrilas.

O microscópio eletrônico revela a existência de filamentos finos de F-actina e filamentos grossos de miosina dispostos longitudinalmente nas miofibrilas e organizados em uma distribuição simétrica e paralela. Essa organização dos filamentos miofibrilares é mantida por diversas proteínas, como, por exemplo, filamentos intermediários de desmina, que ligam as miofibrilas umas às outras. O conjunto de miofibrilas (actina e miosina) é, por sua vez, preso à membrana plasmática da célula muscular por meio de diversas proteínas que têm afinidade pelos miofilamentos e por proteínas da membrana plasmática. Uma dessas proteínas, chamada distrofina, liga os filamentos de actina a proteínas do sarcolema.

Da linha Z, partem os filamentos finos (actina) que vão até a borda externa da zona H. Os filamentos grossos (miosina) ocupam a região central do sarcômero.

Como resultado dessa disposição, a banda I é formada somente por filamentos finos, por este motivo é mais clara que a banda A, que por sua vez é formada por filamentos finos e grossos, e a banda H, somente por filamentos grossos. Na região lateral da banda A, os filamentos finos e grossos se interdigitam.

As miofibrilas do músculo estriado contêm quatro proteínas principais: miosina, actina, tropomiosina e troponina. Os filamentos grossos são formados de miosina e as outras três proteínas são encontradas nos filamentos finos. A miosina e a actina, juntas, representam 55% do total das proteínas do músculo estriado.

A actina apresenta-se sob a forma de polímeros longos (actina F) formados por duas cadeias de monômeros globulares (actina G) torcidas uma sobre a outra, em hélice dupla. As moléculas de actina G são assimétricas (um lado é diferente do outro). Quando esses monômeros se polimerizam para formar a actina F. Cada monômero globular de actina G tem uma região que interage com a miosina.

Os filamentos finos têm duas proteínas reguladoras fortemente associadas:

A tropomiosina é uma molécula longa e fina, com cerca de 40 nm de comprimento, constituída por duas cadeias polipeptídicas uma enrolada na outra. As moléculas de

tropomiosina unem-se umas às outras pelas extremidades, para formar filamentos que se localizam ao longo do sulco existente entre os dois filamentos de actina F.

A troponina é um complexo de três subunidades: TnT, que se liga fortemente à tropomiosina, TnC, que tem grande afinidade pelos íons cálcio, e TnI, que cobre o sítio ativo da actina, no qual ocorre a interação da actina com a miosina. Cada molécula de tropomiosina tem um local específico em que se prende um complexo (três subunidades) de troponina.

A molécula de miosina é grande (massa molecular de 500 kDa). Tem forma de bastão com 20 nm de comprimento e 2 a 3 nm de diâmetro, sendo formada por dois peptídios enrolados em hélice. Em uma de suas extremidades a miosina apresenta uma saliência globular ou cabeça, que contém locais específicos para combinação com ATP e é dotada de atividade ATPásica.

É nesta parte da molécula que ocorre a hidrólise de ATP para liberar a energia utilizada na contração. Nesta parte também se encontra o local de combinação com a actina. Quando submetida a ligeira proteólise, a molécula de miosina pode ser dividida em dois fragmentos: meromiosina leve e meromiosina pesada. A parte central do sarcômero, que corresponde à banda H, representa uma região de sobreposição da miosina constituída exclusivamente da parte em bastão das moléculas. No centro da zona H encontra-se a linha M, que corresponde a ligações laterais entre filamentos grossos adjacentes. A principal proteína da linha M é a creatinoquinase. Esta enzima catalisa a transferência de um grupamento fosfato da fosfocreatinina (uma forma de armazenamento de radicais fosfato ricos em energia) para adenosina difosfato (ADP), fornecendo adenosina trifosfato (ATP) para as contrações musculares. A atividade ATPásica observada nas cabeças da miosina participa diretamente na transdução da energia química do ATP em energia mecânica, durante a contração muscular.

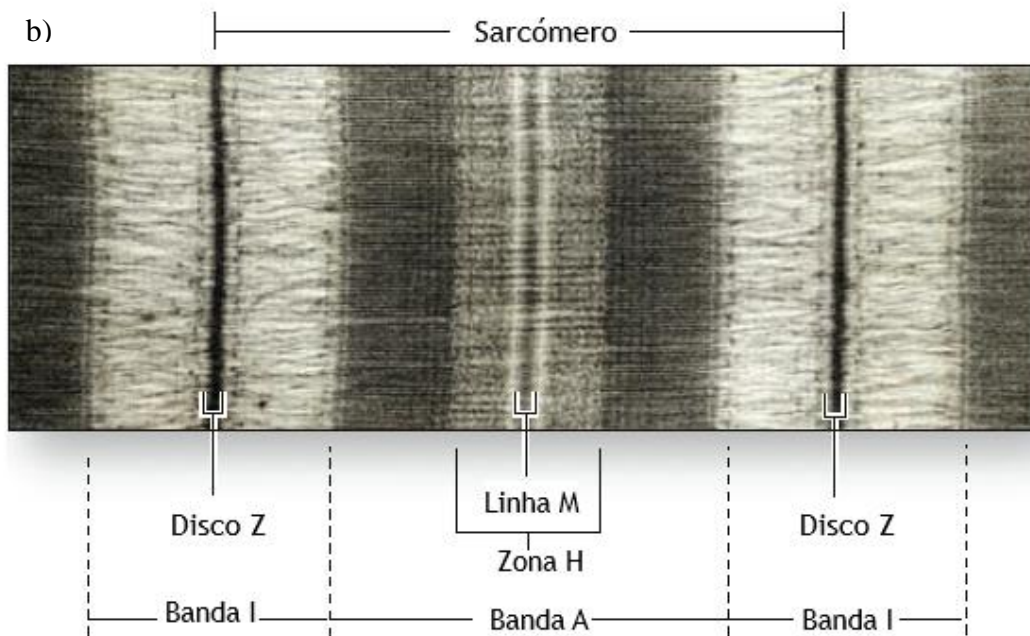
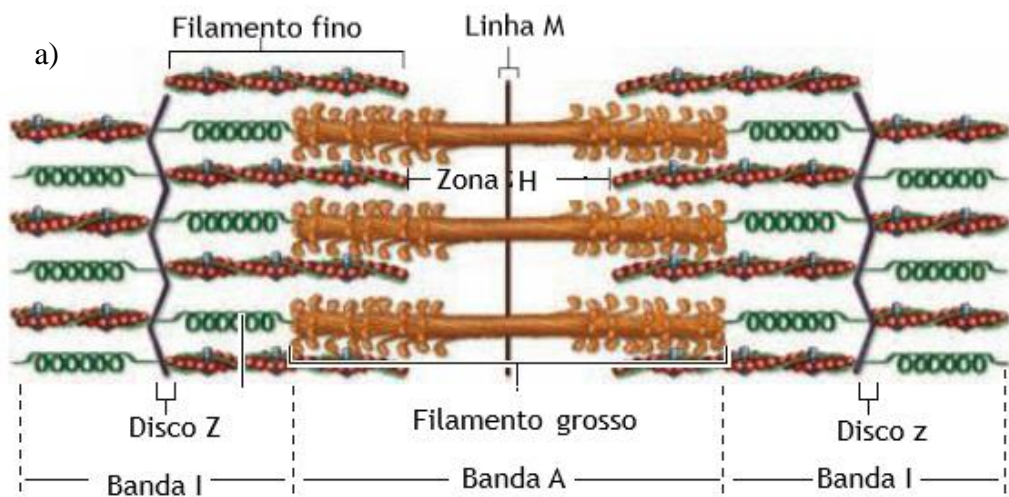


Figura 2: Estrutura da miofibrila- Sarcômero. a) Filamentos finos são filamentos de actina com uma extremidade ligada no disco Z. Filamentos grossos são feixes de miosina, que abrangem toda a banda A e estão ligados a proteínas da linha M e ao disco Z. b) A organização molecular dos sarcômeros produz diferenças de coloração que causam as bandas de coloração escura e clara vistas pela microscopia de luz .

Retículo sarcoplasmático e sistema de túbulos transversais

A contração muscular depende da disponibilidade de íons Ca^{2+} , e o músculo relaxa quando o teor desse íon se reduz no sarcoplasma. O retículo sarcoplasmático armazena e regula o fluxo de íons Ca^{2+} . Esse retículo é uma rede de cisternas do retículo endoplasmático liso, que envolve grupos de miofilamentos, separando-os em feixes cilíndricos. Quando a membrana do

retículo sarcoplasmático é despolarizada pelo estímulo nervoso, os canais de Ca^{2+} se abrem, e esses íons, que estavam depositados nas cisternas do retículo, difundem-se passivamente (sem gasto de energia), atuando na troponina, possibilitando a formação de pontes entre a actina e a miosina. Quando cessa a despolarização, a membrana do retículo sarcoplasmático, por processo ativo (que consome energia), transfere Ca^{2+} para o interior das cisternas, o que interrompe a atividade contrátil.

O sistema de túbulos transversais ou sistema T é responsável pela contração uniforme de cada fibra muscular esquelética. Esse sistema é constituído por uma rede de invaginações tubulares da membrana plasmática (sarcolema) da fibra muscular, cujos ramos irão envolver as junções das bandas A e I de cada sarcômero.

Em cada lado de cada túbulo T existe uma expansão ou cisterna terminal do retículo sarcoplasmático. Este complexo, formado por um túbulo T e duas expansões do retículo sarcoplasmático, é conhecido como tríade. Na tríade, a despolarização dos túbulos T, derivados do sarcolema, é transmitida ao retículo sarcoplasmático.

Mecanismo de contração

A contração deve-se ao deslizamento dos filamentos uns sobre os outros, o que aumenta o tamanho da zona de sobreposição entre os filamentos e diminui o tamanho do sarcômero. A contração se inicia na faixa A, na qual os filamentos finos e grossos se sobrepõem. Durante o ciclo de contração a actina e a miosina interagem da seguinte maneira: durante o repouso, ATP liga-se à ATPase das cabeças da miosina. Para atacar a molécula de ATP e libertar energia, a miosina necessita da actina, que atua como cofator. No músculo em repouso a miosina não pode associar-se à actina, devido à repressão do local de ligação pelo complexo troponina-tropomiosina fixado sobre o filamento de actina. Em contrapartida, quando há disponibilidade de íons Ca^{2+} , estes combinam-se com a unidade TnC da troponina, o que muda a configuração espacial das três subunidades de troponina e empurra a molécula de tropomiosina mais para dentro do sulco da hélice de actina. Em consequência, tornam-se expostos os locais de ligação da actina com a miosina, ocorrendo interação das cabeças da miosina com a actina. A combinação dos íons cálcio com a subunidade TnC corresponde à fase em que o complexo miosina-ATP é ativado. Como resultado da ponte entre a cabeça da miosina e a subunidade de actina, o ATP libera ADP, Pi (fosfato inorgânico) e energia. Ocorre uma deformação da cabeça e de parte do bastão da miosina, aumentando a curvatura da cabeça. Como a actina está combinada com a miosina, o movimento da cabeça da miosina empurra o filamento da actina, promovendo seu deslizamento sobre o filamento de miosina.

Não existindo ATP, o complexo actina-miosina torna-se estável, o que explica a rigidez muscular que ocorre logo após a morte (rigor mortis) que ocorre quando a atividade mitocondrial para após a morte.

Uma única contração muscular é o resultado de centenas de ciclos de formação e destruição de pontes de actinmiosina. A atividade contrátil, que leva a uma sobreposição completa entre os filamentos finos e grossos, continua até que os íons Ca^{2+} sejam removidos e o complexo de troponina-tropomiosina cubra novamente o local de combinação da actina com a miosina.

Durante a contração a banda I diminui de tamanho, porque os filamentos de actina penetram a banda A. Ao mesmo tempo, a banda H - parte da banda A contendo somente filamentos grossos - também se reduz, à medida que os filamentos finos se sobrepõem completamente aos grossos. Como resultado, cada sarcômero e, em consequência, a fibra muscular inteira sofrem encurtamento.

Inervação

A contração das fibras musculares esqueléticas é comandada por nervos motores que se ramificam no tecido conjuntivo do perimísio, onde cada nervo dá origem a vários ramos terminais não mielinizados que passam pelo endomísio e formam sinapses com fibras musculares individuais. As células de Schwann envolvem os pequenos ramos do axônio e cobrem seus pontos de contato com as células musculares; a lâmina externa da célula de Schwann funde-se com a do sarcolema. Cada ramo axonal forma uma terminação dilatada situada dentro de um vale na superfície da célula muscular, que são parte das sinapses denominadas junções neuromusculares, ou placas terminais motrizes (MEP). Essa estrutura chama-se placa motora ou junção mioneural.

Quando uma fibra do nervo motor recebe um impulso nervoso, o terminal axônico libera acetilcolina, que se difunde através da fenda sináptica e prende-se aos receptores situados no sarcolema das dobras juncionais. A ligação com o neurotransmissor faz com que o sarcolema torne-se mais permeável ao sódio, o que resulta na despolarização do sarcolema. O excesso de acetilcolina é hidrolisado pela colinesterase encontrada na fenda sináptica. A destruição da acetilcolina é necessária para evitar o contato prolongado do neurotransmissor com os receptores do sarcolema.

A despolarização iniciada na placa motora propaga-se ao longo da membrana da fibra muscular e penetra a profundidade da fibra através do sistema de túbulos transversais. Em cada tríade o sinal despolarizador passa para o retículo sarcoplasmático e resulta na liberação de Ca^{2+} , que inicia o ciclo de contração. Quando a despolarização termina, o Ca^{2+} é transportado ativamente de volta para as cisternas do retículo sarcoplasmático, e a fibra muscular relaxa.

Fusos musculares e corpúsculos tendíneos de Golgi

Todos os músculos estriados esqueléticos contêm receptores que captam modificações no próprio músculo (proprioceptores) denominados fusos musculares, fornecendo ao sistema nervoso central, dados do sistema músculo-esquelético. Essas estruturas são constituídas por uma cápsula de tecido conjuntivo modificado(perímísio) que delimita um espaço que contém fluido e fibras musculares achatadas, denominadas fibras intrafusais, umas longas e espessas e outras menores e mais delgadas. Neste órgão são ativados diversos mecanismos reflexos de complexidade variável que atuam sobre determinados grupos musculares. participando do mecanismo de controle da postura e da coordenação de músculos opostos durante as atividades motoras, como caminhar ou correr, por exemplo.

Nas proximidades da inserção muscular, os tendões (junção miotendinosa) apresentam feixes de fibras colágenas encapsuladas, nas quais penetram fibras nervosas sensoriais, constituindo os corpúsculos tendíneos de Golgi. Estas estruturas são proprioceptivas (captam estímulos gerados no próprio organismo) e respondem às diferenças tensionais exercidas pelos músculos sobre os tendões. Essas informações são transmitidas ao sistema nervoso central e participam do controle das forças necessárias aos diversos movimentos.

Sistema de produção de energia

A célula muscular esquelética é adaptada para a produção de trabalho mecânico intenso e descontínuo, necessitando de depósitos de compostos ricos em energia. A energia que pode ser mobilizada com mais facilidade é a acumulada em ATP e fosfocreatina, ambos compostos ricos em energia nas ligações fosfato, que são armazenados na célula muscular. Existe também energia nos depósitos sarcoplasmáticos de glicogênio. O tecido muscular obtém energia para formar ATP e fosfocreatina a partir dos ácidos graxos e da glicose.

Os músculos esqueléticos, como os que movem os olhos e as pálpebras, precisam se contrair rapidamente, enquanto outros, como os da postura corporal, precisam manter a tensão por períodos mais longos, resistindo à fadiga. Essas diferenças metabólicas são possíveis por causa da expressão variada nas fibras musculares das isoformas de proteínas contráteis ou reguladoras e outros fatores que afetam o fornecimento e o uso de oxigênio.

De acordo com sua estrutura e composição molecular, as fibras musculares esqueléticas podem ser identificadas como tipo I, ou fibras lentas, e tipo II, ou fibras rápidas:

As fibras do tipo I, são vermelho-escuras e ricas em sarcoplasma contendo mioglobina são adaptadas para contrações lentas e contínuas, durante longos períodos sem fadiga, tendo muitas mitocôndrias, muitos capilares circunvizinhos e muita mioglobina. Sua energia é obtida principalmente dos ácidos graxos que são metabolizados nas mitocôndrias.

As fibras do tipo II, são adaptadas para contrações rápidas e descontínuas. Elas contêm pouca mioglobina e, por isso, são vermelho-claras. As fibras do tipo II podem ser subdivididas nos tipos IIA, IIB e IIC, de acordo com suas características funcionais e bioquímicas.

O sarcoplasma contém grânulos de glicogênio que constituem 0,5 a 1% do peso do músculo e servem como depósito de energia. Outro componente do sarcoplasma é a mioglobina, uma proteína parecida com a hemoglobina e que é responsável pela cor vermelho escura de algumas fibras musculares. A mioglobina serve de depósito de oxigênio.

Aplicação médica da Histologia

As variações no diâmetro das fibras musculares esqueléticas dependem de vários fatores como: músculo considerado, idade, sexo, estado de nutrição e treinamento físico. O aumento da musculatura por meio do exercício se deve à formação de novas miofibrilas, com aumento do diâmetro das fibras musculares. Esse processo, caracterizado pelo aumento de volume das células, chama-se **hipertrofia**, enquanto o crescimento decorrente da proliferação das células chama-se **hiperplasia**. A hiperplasia é comum em outros tecidos, mas não nos músculos esquelético e cardíaco. Em contrapartida, o músculo liso é dotado da capacidade de multiplicação celular, podendo aumentar de volume por hiperplasia.

A distrofia muscular de Duchenne é uma miopatia hereditária, ligada ao cromossomo X, que causa lesões progressivas das fibras musculares e, frequentemente, leva à morte prematura. No músculo esquelético desses doentes, nota-se que a distrofina é inexistente ou então sua molécula é defeituosa. A distrofina é uma grande proteína de ligação à actina localizada dentro do sarcolema das fibras musculares esqueléticas, que está envolvida na organização funcional das miofibrilas. Pesquisas sobre a distrofia muscular de Duchenne revelaram que mutações no gene da distrofina podem levar a ligações defeituosas entre o citoesqueleto e a matriz extracelular (MEC). As contrações musculares podem romper essas ligações fracas, causando a atrofia das fibras musculares típicas desta doença.

A myasthenia gravis (miastenia) é uma doença autoimune caracterizada por fraqueza muscular progressiva, deve-se à redução da quantidade e, sobretudo, da eficiência dos receptores para acetilcolina localizados no sarcoplasma das junções mioneurais (placas motoras). A ineficiência dos receptores para acetilcolina é causada por anticorpos circulantes no sangue que se ligam a esses receptores, impossibilitando a comunicação entre o nervo e a fibra muscular. Os músculos extra-oculares dos olhos são comumente os primeiros afetados.

Músculo cardíaco

O músculo do coração é constituído por células alongadas e ramificadas, com aproximadamente 15 mm de diâmetro por 85 a 120 µm de comprimento, que se prendem por

meio de junções intercelulares complexas. Essas células apresentam estriações transversais semelhantes às do músculo esquelético mas, ao contrário das fibras esqueléticas que são multinucleadas, as fibras cardíacas contêm apenas um ou dois núcleos localizados centralmente. As fibras cardíacas são circundadas por uma delicada bainha de tecido conjuntivo, equivalente ao endomísio do músculo esquelético, que contém abundante rede de capilares sanguíneos. Um perimísio mais espesso separa feixes e camadas de fibras musculares e, em áreas específicas, forma maiores massas de tecido conjuntivo fibroso que compõem o “esqueleto cardíaco”.

Uma característica exclusiva do músculo cardíaco são as linhas transversais fortemente coráveis que aparecem em intervalos irregulares ao longo da célula. São discos intercalares que consistem em complexos juncionais encontrados na interface de células musculares adjacentes. Nos discos intercalares encontram-se três especializações juncionais principais: zônula de adesão, desmossomos e junções comunicantes. As zônulas de adesão representam a principal especialização da membrana da parte transversal do disco, são encontradas também nas partes laterais e servem para ancorar os filamentos de actina dos sarcômeros terminais. Os desmossomos unem as células musculares cardíacas, impossibilitando que elas se separem durante a atividade contrátil. Nas partes laterais dos discos encontram-se junções comunicantes responsáveis pela continuidade iônica entre células musculares adjacentes. Do ponto de vista funcional, a passagem de íons permite que cadeias de células musculares se comportem como se fossem um sincício, pois o sinal para a contração passa como uma onda de uma célula para a outra. Essas regiões servem como “sinapses elétricas”, promovendo a rápida condução de impulsos através de muitas células musculares cardíacas simultaneamente e a contração de muitas células adjacentes como uma unidade.

A estrutura e a função das proteínas contráteis das células musculares cardíacas são praticamente as mesmas descritas para o músculo esquelético. Todavia, no músculo cardíaco o sistema T e o retículo sarcoplasmático não são tão bem organizados como no músculo esquelético. Na musculatura dos ventrículos os túbulos T são maiores do que no músculo esquelético. Os túbulos T cardíacos se localizam na altura da banda Z e não na junção das bandas A e I, como acontece no músculo esquelético. Por isso músculo cardíaco existe apenas uma expansão de túbulo T por sarcômero e não duas, como ocorre no músculo esquelético. O retículo sarcoplasmático não é tão desenvolvido e distribui-se irregularmente entre os miofilamentos.

Ao microscópio eletrônico, uma das características do músculo cardíaco são os achados de díades, constituídas por um túbulo T e uma cisterna do retículo sarcoplasmático. As tríades do músculo esquelético são constituídas por um túbulo T e duas cisternas do retículo sarcoplasmático.

O músculo cardíaco contém numerosas mitocôndrias, que ocupam aproximadamente 40% do volume citoplasmático, o que reflete o intenso metabolismo aeróbio desse tecido. Em comparação, no músculo esquelético as mitocôndrias ocupam apenas cerca de 2% do volume do citoplasma. Os ácidos graxos, o principal combustível do coração, são armazenados como triglicerídeos em pequenas gotículas lipídicas.

As células musculares cardíacas podem apresentar grânulos de lipofuscina, localizados principalmente próximo às extremidades dos núcleos celulares. A lipofuscina é um pigmento que aparece nas células que não se multiplicam e têm vida longa.

As fibras cardíacas apresentam grânulos secretores recobertos por membrana, medindo 0,2 a 0,3 µm e localizados próximo aos núcleos celulares, na região do aparelho de Golgi. Esses grânulos são mais abundantes nas células musculares do átrio esquerdo. São grânulos que contêm a molécula precursora do hormônio ou peptídeo atrial natriurético (ANP, atrial natriuretic peptide). Este hormônio atua nos rins, aumentando a eliminação de sódio (natriurese) e água (diurese) pela urina. Enquanto a aldosterona aumenta a pressão arterial, o hormônio natriurético tem efeito contrário, fazendo baixar a pressão arterial. As células contráteis dos átrios do coração, portanto, também têm uma função endócrina.

No coração existe uma rede de células musculares cardíacas modificadas, acopladas às outras células musculares do órgão, que têm papel importante na geração e condução do estímulo cardíaco. As células do sistema gerador e condutor do impulso do coração estão funcionalmente conectadas por junções do tipo comunicante.

A contração das fibras musculares cardíacas é intrínseca e espontânea, evidenciada pela contração continuada das células na cultura de tecidos. Impulsos para a contração rítmica (ou batimentos cardíacos) são iniciados, regulados e coordenados localmente por nós de fibras miocárdicas únicas especializadas para geração e condução de impulsos. Tal como acontece com as fibras musculares esqueléticas, a contração das fibras miocárdicas individuais é tudo ou nada. A taxa de contração é modificada pela inervação autônoma nos nódulos das células condutoras, com o suprimento nervoso simpático acelerando e o suprimento parassimpático diminuindo a frequência dos impulsos.

Aplicação médica da Histologia

A lesão mais comum sofrida pelo músculo cardíaco é devido à isquemia, ou dano tecidual devido à falta de oxigênio quando as artérias coronárias são ocluídas por doença cardíaca. Na ausência de células satélites musculares, o músculo cardíaco de mamíferos adultos tem pouco potencial para se regenerar após a lesão.

Músculo liso

O músculo liso é especializado em contrações lentas e estáveis sob a influência de nervos autônomos e vários hormônios. Este tipo de músculo é um componente importante dos vasos sanguíneos e dos tratos digestivo, respiratório, urinário e reprodutivo e seus órgãos associados. As fibras do músculo liso (também chamadas de músculo visceral) são células alongadas, mais espessas no centro e afilando-se nas extremidades, com núcleo único alongado e central, cada uma das quais é envolvida por uma lâmina externa e uma rede de fibras de colágeno do tipo I e do tipo III que compõem o endomísio. O tamanho da célula muscular lisa pode variar de 20 µm na parede dos pequenos vasos sanguíneos até 500 µm no útero gravídico.

As células musculares lisas são revestidas por lâmina basal e mantidas unidas por uma rede muito delicada de fibras reticulares. Essas fibras amarram as células musculares lisas umas às outras, de tal maneira que a contração simultânea de apenas algumas ou de muitas células se transforma na contração do músculo inteiro. As células musculares lisas vasculares, principalmente em arteríolas e pequenas artérias, são frequentemente conectadas por junções comunicantes (gap).

O sarcolema dessas células apresenta grande quantidade de depressões com o aspecto e as dimensões das vesículas de pinocitose, denominadas cavéolas. As cavéolas contêm íons Ca^{2+} que serão utilizados para dar início ao processo de contração. Frequentemente, duas células musculares lisas adjacentes formam junções comunicantes, que participam da transmissão do impulso de uma célula para a outra. A região justanuclear do sarcoplasma apresenta algumas mitocôndrias, cisternas do retículo endoplasmático granuloso, grânulos de glicogênio e o complexo de Golgi pouco desenvolvido. As células musculares lisas apresentam os corpos densos, estruturas densas aos elétrons que aparecem escuras nas micrografias eletrônicas. Os corpos densos se localizam principalmente na membrana dessas células, porém existem também no citoplasma.

Os corpos densos sub-membranares incluem caderinas de desmossomos ligando as células musculares lisas adjacentes. Os corpos densos nas células musculares lisas, portanto, servem como pontos para transmitir a força contrátil não apenas dentro das células, mas também entre as células adjacentes. O endomísio e outras camadas de tecido conjuntivo ajudam a combinar a força gerada pelas fibras musculares lisas em uma ação combinada, por exemplo peristalse no intestino.

As fibras têm retículo sarcoplasmático rudimentar, mas não possuem túbulos T; sua função é desnecessária nessas células menores e afiladas, com muitas junções comunicantes. As caveolas de células musculares lisas contêm os principais canais iônicos que controlam a liberação de Ca^{2+} das cisternas sarcoplasmáticas nas miofibrilas, o que inicia a contração. A atividade contrátil característica do músculo liso é gerada por arranjos miofibrilares de actina e miosina organizados de maneira um pouco diferente daqueles do músculo estriado. Nas

células musculares lisas, feixes de miofilamentos finos e espessos cruzam o sarcoplasma obliquamente.

Os filamentos de miosina têm um arranjo menos regular entre os filamentos finos e menos pontes cruzadas do que no músculo estriado. Além disso, os filamentos de actina do músculo liso não estão associados à troponina e tropomiosina, usando em vez disso calmodulina e quinase de cadeia leve de miosina sensível ao Ca^{2+} (MLCK) para produzir contração. O mecanismo de contração, no entanto, é basicamente semelhante ao do músculo estriado.

Os filamentos de miosina só se formam no momento da contração. Essas células musculares contêm miosina II, cujas moléculas se conservam enrodilhadas, exceto quando combinadas com um radical fosfato, quando se estiram em filamento. Nos outros tecidos musculares a miosina é do tipo I e existe permanentemente estirada, constituindo os filamentos grossos

O músculo liso não está sob controle motor voluntário e suas fibras tipicamente não possuem junções neuromusculares bem definidas. A contração é mais comumente estimulada pelos nervos autônomos, mas no trato gastrointestinal o músculo liso também é controlado por várias secreções parácrinas e no útero pela ocitocina da glândula pituitária. Os axônios dos nervos autônomos que passam pela musculatura lisa apresentam inchaços ou varicosidades periódicas que se encontram em contato próximo com as fibras musculares. Vesículas sinápticas nas varicosidades liberam um neurotransmissor, geralmente acetilcolina ou norepinefrina, que se difunde e se liga a receptores no sarcolema de numerosas células musculares. Há pouca ou nenhuma estrutura especializada para tais junções. Tal como no músculo cardíaco, a estimulação é propagada para fibras mais distantes através de junções comunicantes que permitem que todas as células do músculo liso se contraem de forma síncrona ou coordenada.

A contração nas células musculares lisas ocorre da seguinte maneira: sob o estímulo do sistema nervoso autônomo, íons Ca^{2+} migram do meio extracelular para o sarcoplasma (citossol) através de canais da membrana plasmática especializados para o transporte desses íons. No músculo liso não existe retículo sarcoplasmático, que é um depósito de cálcio nos outros dois tipos de tecido muscular.

- Os íons Ca^{2+} combinam-se com as moléculas de calmodulina, uma proteína com afinidade para estes íons. O complexo calmodulina- Ca^{2+} ativa a enzima quinase da cadeia leve da miosina II. A enzima ativada fosforila as moléculas de miosina II. Uma vez fosforiladas, essas moléculas se distendem, tomando a forma filamentosa, deixam descobertos os sítios que têm atividade de ATPase e se combinam com a actina. Essa combinação libera energia do ATP, que promove a deformação da cabeça da molécula de miosina II e o deslizamento dos filamentos de actina e de miosina II uns sobre os outros, como ocorre nos dois outros tipos de tecido muscular.

Estas proteínas motoras (actina e miosina II) estão ligadas a filamentos intermediários de desmina e de vimentina que, por sua vez, prendem-se aos corpos densos da membrana da célula. Isso provoca a contração da célula como um todo.

Outros fatores além dos íons cálcio ativam a quinase da cadeia leve da miosina II e assim estimulam a contração das células musculares lisas. A contração pode ser promovida pelo aumento sarcoplasmático de AMP-cíclico (cAMP), que ativa a quinase da cadeia leve da miosina II e a fosforilação dessa miosina. Alguns hormônios sexuais atuam dessa maneira sobre o músculo liso do útero. Os estrógenos, combinando-se com receptores específicos, aumentam o teor de cAMP nas células musculares lisas do útero, estimulando a contração, enquanto a progesterona tem efeito oposto: ativa receptores que diminuem o teor de cAMP e relaxa o músculo liso do útero.

A célula muscular lisa, além da sua capacidade contrátil, pode também sintetizar colágeno do tipo III (fibras reticulares), fibras elásticas e proteoglicanos.

O músculo liso recebe fibras do sistema nervoso simpático e do parassimpático, porém não exhibe as junções neuromusculares elaboradas (placas motoras) que ocorrem apenas no músculo esquelético.

Aplicação médica da Histologia

Os tumores benignos chamados leiomiomas geralmente se desenvolvem a partir de fibras musculares lisas, mas raramente são problemáticos. Eles ocorrem mais freqüentemente na parede do útero, onde são mais comumente chamados de miomas e onde podem se tornar suficientemente grandes para produzir pressão dolorosa e sangramento inesperado.

Regeneração do tecido muscular

O músculo cardíaco não possui células satélites e mostra pouca capacidade regenerativa além da primeira infância. Defeitos ou danos (por exemplo, infartos) ao músculo cardíaco são geralmente substituídos por proliferação de fibroblastos que produzem fibras colágenas, e crescimento de tecido conjuntivo, formando apenas cicatrizes miocárdicas.

Embora os núcleos das fibras musculares esqueléticas não se dividam, o músculo tem uma pequena capacidade de reconstituição. Admite-se que as células satélites sejam responsáveis pela regeneração do músculo esquelético. Após uma lesão ou outro estímulo, as células satélites tornam-se ativas, proliferam por divisão mitótica e se fundem umas às outras para formar novas fibras musculares esqueléticas. As células satélites também entram em mitose quando o músculo é submetido a exercício intenso. Neste caso elas se fundem com as fibras musculares preexistentes, contribuindo para a hipertrofia do músculo.

O músculo liso é capaz de uma resposta regenerativa mais eficiente. Ocorrendo lesão, as células musculares lisas que permanecem viáveis entram em mitose e reparam o tecido destruído. Na regeneração do tecido muscular liso da parede dos vasos sanguíneos há também a participação pericitos contráteis das paredes de pequenos vasos sanguíneos que se multiplicam por mitose e originam novas células musculares lisas.