

STRUCTURE OF SKELETAL MUSCLE

ZOOLOGY GENERAL

(Paper G-CC-T-04)

4th Semester

Submitted by- SANGITA BASAK

Department Of Zoology

Krishnath College, Berhampore

B. পেশি (Muscle)

বিভিন্ন অঙ্গে ও তন্ত্রে অবস্থিত সংকোচনশীল ধর্মযুক্ত যে অংশ, অঙ্গ ও তন্ত্রের সঞ্চালনায় সহায়তা করে, সেই অংশকে পেশি (Muscle) বলা হয়। সঞ্চালনশীল সমস্ত অঙ্গেই পেশি বর্তমান।

1.B1 বিভিন্ন পেশির কলাস্থান (Histology of Different Types of Muscle)

পেশি এমন একটি অঙ্গ যার অন্তর্ভুক্ত কোশগুলি সংকোচন ও প্রসারণে সক্ষম। সেই কারণে পেশি নির্দিষ্ট বল (force) উৎপাদন করতে এবং সঞ্চালন ক্রিয়া (movement) সংঘটিত করতে পারদর্শী।

অবস্থান ও বাহ্যিক বৈশিষ্ট্যের (appearance) উপর ভিত্তি করে পেশিকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা—

- ① **কঙ্কাল পেশি (Skeletal Muscle)** : অস্থি সংলগ্নভাবে অবস্থিত স্বেচ্ছায় সংকোচনশীল যেসব পেশি দেহ সঞ্চালনে মুখ্য ভূমিকা পালন করে তাদের অস্থি পেশি বা কঙ্কাল পেশি বলা হয়।
- ② **মসৃণ পেশি (Smooth Muscle)** : অরেখাঙ্কিত, প্রাণীর ইচ্ছানুযায়ী নিয়ন্ত্রিত না হয়ে স্বয়ংক্রিয় (autonomous) স্নায়ু দ্বারা নিয়ন্ত্রিত দেহের অভ্যন্তরীণ অঙ্গসমূহের পেশিকে মসৃণ পেশি বা অনৈচ্ছিক পেশি বলা হয়। যা দেহগহ্বরে অন্তর্ভুক্ত বিভিন্ন অঙ্গে অবস্থিত।
- ③ **হৃদপেশি (Cardiac Muscle)** : হৃৎপিণ্ডে অবস্থিত যে পেশি স্বেচ্ছায় সংকোচনশীল নয়, কিন্তু নিজে নিজে সংকুচিত ও প্রসারিত হয় তাকে হৃদপেশি বলা হয়।

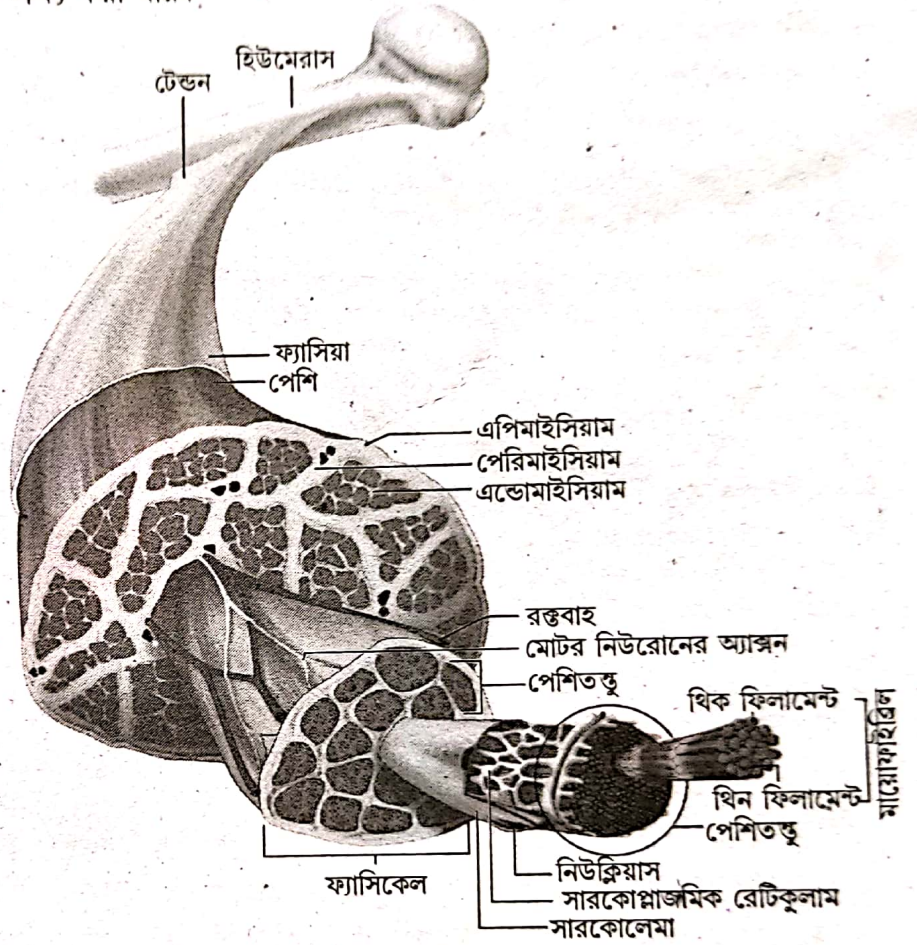
① **কঙ্কাল পেশি (Skeletal Muscle)** : ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে দেখলে দেখা যায় সমস্ত কঙ্কাল পেশি দৈর্ঘ্য বরাবর রেখাযুক্ত (striated appearance) তাই এই পেশিকে সরেখ পেশি (striated muscle) বলা হয়। একটি সম্পূর্ণ পেশি প্রচুর সংখ্যক পেশি কোশ বা পেশিতন্তু (muscle fibre) সহযোগে গঠিত। প্রতিটি তন্তু বহু নিউক্লিয়াস যুক্ত এবং নিউক্লিয়াসগুলি তন্তুর প্রান্ত বরাবর অবস্থান করে। প্রতিটি পেশিতন্তুতে প্রচুর পরিমাণে মাইটোকন্ড্রিয়া ও এন্ডোপ্লাজমিক জলিকা (Endoplasmic reticulum, ER) দেখা যায়। ER এক্ষেত্রে T টিউবিউলার তন্ত্র গঠন করে।

এক একটি পেশি কোশ বা পেশি তন্তু তার দৈর্ঘ্য বরাবর বেশ কয়েকশত থেকে কয়েক হাজার সমান্তরাল মায়োফাইব্রিলে (myofibrils) বিভক্ত। প্রতিটি মায়োফাইব্রিল একটি পাতলা আবরণী, এন্ডোমাইসিয়াম (Endomycium) দ্বারা আবৃত। মায়োফাইব্রিলগুলি বেশ কিছু গুচ্ছে অবস্থান করে, যার প্রতিটিকে ফ্যাসিকিউলাস (Fasciculus) বলে। প্রতিটি ফ্যাসিকিউলাস পেরিমাইসিয়াম (Perimycium) দ্বারা আবৃত। অনেকগুলি ফ্যাসিকিউলি একত্রিতভাবে অবস্থান করে, যাদের ঘিরে এপিমাইসিয়াম (Epimycium) এর উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায়।

প্রতিটি মায়োফাইব্রিলের দৈর্ঘ্য বরাবর একটি নির্দিষ্ট দূরত্ব অন্তর পর্যায়ক্রমিক একটি গাঢ় অঞ্চল (dark band) ও একটি হালকা অঞ্চল (light band) অবস্থিত। তাদের উপস্থিতির দরুন মায়োফাইব্রিলটি রেখা যুক্ত হয়।

মায়োফাইব্রিলের গাঢ় অঞ্চলকে A band (Anisotropic band) বলে। A band এর কেন্দ্রে অবস্থিত হালকা রঙের সরু অংশ বা H zone তাকে দ্বিধা বিভক্ত করে। বেশ কিছু কক্ষাল পেশির ক্ষেত্রে H zone (Hensen's Zone) এর কেন্দ্রে বরাবর একটি স্পষ্ট M line (Mittleli-nae line) দেখা যায়। মায়োফাইব্রিলে অবস্থিত দুটি A band এর মধ্যবর্তী হালকা অঞ্চলকে I band (Isotropic band) বলে। I band এর কেন্দ্রে বরাবর একটি গাঢ় দাগ দেখা যায়, যাকে Z line (Dobie's Line) বলে। Z line এর ত্রিমাত্রিক প্রকৃতির কারণে একে কিছুক্ষেত্রে Z disc বলা হয়। মায়োফাইব্রিলে অবস্থিত একটি Z line থেকে পরবর্তী Z line পর্যন্ত বিস্তৃত অঞ্চলটিকে সারকোমিয়ার (sarcomere) বলা হয়। এটি মায়োফাইব্রিলের মুখ্য রিপিটিং একক (fundamental repeating unit)।

কক্ষালপেশি বা সরেখ পেশির দৈর্ঘ্য বরাবর পর্যায়ক্রমিক গাঢ় অঞ্চল বা A band এবং হালকা অঞ্চল বা I band এর সৃষ্টি প্রকৃতপক্ষে মায়োসিন প্রোটিনের থিক ফিলামেন্ট (A band) এবং অ্যাকটিন প্রোটিনের থিন ফিলামেন্টের (I band এর) উপস্থিতির দরুন হয়ে থাকে।



চিত্র 1.23 : কক্ষাল পেশির গঠন

1.B4 কঙ্কালপেশির পরাগু গঠন (Ultrastructure of Skeletal Muscle)

ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপে পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায় সমস্ত কঙ্কাল পেশি দৈর্ঘ্য বরাবর গাঢ় দাগ বা রেখা যুক্ত (Striated) হয়। কঙ্কাল পেশিস্থিত কোশের ভিতরে অবস্থিত বিশেষ প্রোটিনের সুসংঘবদ্ধ বিন্যাসের কারণে পেশির এইপ্রকার বৈশিষ্ট্য প্রকাশ পায়। এই সমস্ত প্রোটিন, তাদের সুনির্দিষ্ট বিন্যাস, অন্যান্য আণুবায়িক প্রোটিন সমূহ কোশীয় সংকোচন শুরু করতে তথা নিয়ন্ত্রণ করতে নির্দিষ্ট ভূমিকা পালন করে। উক্ত প্রোটিনগুলি বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়াতে অংশগ্রহণ করে রাসায়নিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে যার ফলে পেশির দ্বারা যান্ত্রিক কাজ করা সম্ভবপর হয়ে উঠে। পেশি কোশের ভিতরে যে সংকোচী প্রোটিনগুলি থাকে সেগুলি প্রকৃতপক্ষে প্রোটিনের পলিমার এবং তারা খিক ফিলামেন্ট (Thick Filament) এবং খিন ফিলামেন্ট (Thin filament) নামে পরিচিত।

A. খিক ফিলামেন্ট (Thick Filament) : খিক ফিলামেন্টের মুখ্য একক হল মায়োসিন (Myosin), যার আণবিক ওজন 500,000 kDa এটি একটি জটিল অণু যা বেশ কিছু স্পষ্ট অংশ বা অঞ্চল সহযোগে গঠিত।

① **মস্তক অঞ্চল (Head Region) :** মস্তক অঞ্চল S1 অঞ্চল (Subfragment 1) নামে পরিচিত। এটি দুটি পৃথক হালকা চেন (Light chain), ভারী চেনের অ্যামাইনো প্রান্ত এবং দুটি গ্লোবিউলার মস্তক সহযোগে গঠিত। গ্লোবিউলার মস্তকে একটি অ্যাকটিন বাইন্ডিং (Actin binding) অঞ্চল (যা পেশি সংকোচনকালে Actin এর সঙ্গে যুক্ত হয়) এবং একটি ATP বাইন্ডিং অঞ্চল (যা পেশি সংকোচন কালে শক্তি জোগায়) অবস্থিত।

এছাড়া S1 অঞ্চলে খুবই কম আণবিক ওজন যুক্ত দুটি ক্ষুদ্র হালকা পেপটাইড চেন সংযুক্ত থাকে। এদের একটি প্রয়োজনীয় হালকা চেন (Essential light chain) এবং অপরটি নিয়ন্ত্রক হালকা চেন (Regulatory light chain)।

② **গ্রীবা অঞ্চল (Neck Region) :** গ্রীবা অঞ্চল বা S2 অঞ্চল (Subfragment 2)টি আংশিকভাবে দুটি হালকা চেনের দ্বিশৃঙ্খলিত অংশ ও দুটি ভারী চেনের দ্বিশৃঙ্খলিত অংশ সহযোগে গঠিত।

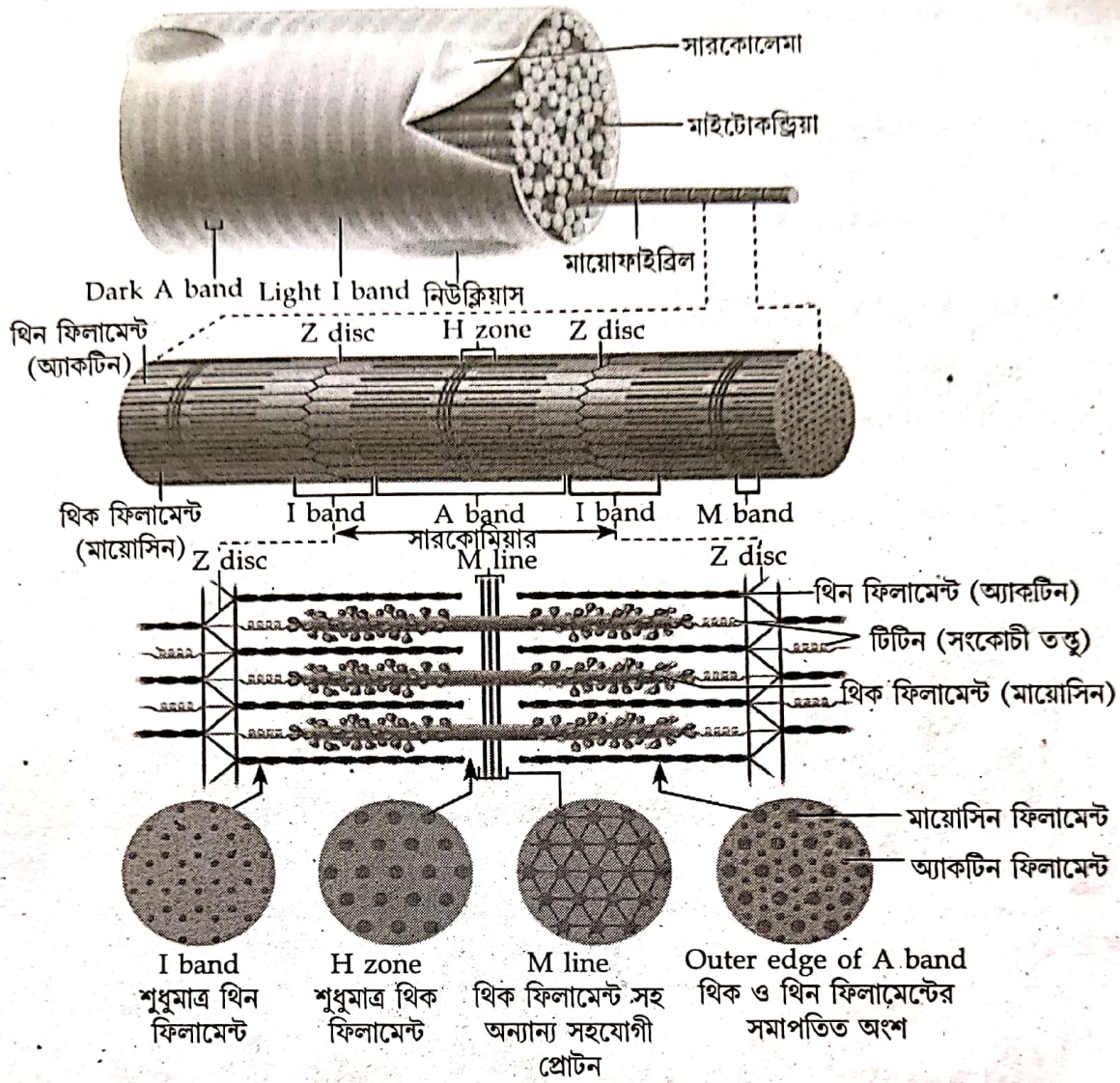
এটি মস্তক অঞ্চলকে আলগাভাবে মায়োসিনের লেজ অংশের সঙ্গে যুক্ত করে flexible link এর কাজ করে।

③ **লেজ অঞ্চল (Tail Region) :** মায়োসিন অণুর অধিকাংশ অংশটি লম্বা, সোজা, একে লেজ বা লেজ অঞ্চল (tail region) বলে।

দুটি ভারী পেপটাইড চেন (Heavy chain) দ্বিশৃঙ্খলাকারে অবস্থান করে মায়োসিন অণুর লেজ গঠন করে।

মায়োসিন অণুগুলি ঘনসন্নিবিষ্টভাবে অবস্থান করে খিক ফিলামেন্ট গঠন করে। মায়োসিন অণুর লেজগুলি একত্রে তার মেরুদণ্ড (Back bone) গঠন করে এবং তন্তুর বহির্ভাগের দৈর্ঘ্য বরাবর মায়োসিন অণুর বর্ধিত মস্তকগুলি সর্পিলাকারে সজ্জিত থাকে।

মায়োসিন অণুগুলি এমনভাবে গুচ্ছিত থাকে যে তাদের লেজ অংশগুলি (tail-to-tail) খিক ফিলামেন্টের কেন্দ্রে থাকে এবং বাকী অংশ কেন্দ্র থেকে উভয় দিকে বর্ধিত থাকে। এর ফলে খিক ফিলামেন্টের মধ্যবর্তী অংশে একটি মসৃণ বা মুক্ত অঞ্চলের (যেখানে মায়োসিন অণুর কোনো মস্তক দেখা যায় না) সৃষ্টি হয়।



চিত্র 1.26 : কঙ্কাল পেশির পরাগু গঠন

B. খিন ফিলামেন্ট (Thin Filament) : কঙ্কাল পেশিকোশে অবস্থিত অপর একটি গুরুত্বপূর্ণ সংকোচী তন্তু হল খিন ফিলামেন্ট (Thin filament)। এটি অ্যাকটিন ফিলামেন্ট (Actin filament) নামেও পরিচিত। এটি নিম্নলিখিত প্রোটিন চেন ও প্রোটিন সহযোগে গঠিত।

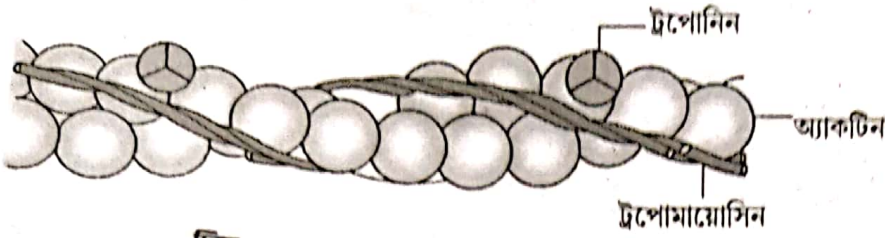
① **F-actin or Filamentous Actin Chain :** খিন ফিলামেন্ট বা অ্যাকটিন ফিলামেন্টের মেবুদণ্ড হল F-actin chain। এই চেনটি সর্পিলাকারে সজ্জিত দুটি তন্তু নিয়ে গঠিত। প্রতিটি তন্তু বহু সংখ্যক গ্লোবিউলার অ্যাকটিন প্রোটিন (আণবিক ওজন 41,700 Da)-এর মনোমার সহযোগে গঠিত। এই মনোমারগুলি ঈষৎ উপবৃত্তাকার যা একে অপরের পশ্চাতে যুক্ত থেকে (joined front to back) লম্বা চেন গঠন করে এবং পরস্পর পেঁচিয়ে থেকে F-actin chain এর সর্পিলাকার গঠন সৃষ্টি করে। দেখা যায় এই তন্তু প্রতি সাতটি G-অ্যাকটিন মনোমার দূরত্বে অর্ধ প্যাঁচ (half turn) সম্পূর্ণ করে। F-actin chain এর সর্পিলাকৃতির কারণে তার দৈর্ঘ্য বরাবর বেশ কিছু গুহের (groove) সৃষ্টি হয়।

② **ট্রোপোমায়োসিন (Tropomyosin) :** ট্রোপোমায়োসিন এক প্রকার সূত্রাকার প্রোটিন অণু (Fibrous protein) যার আণবিক ওজন 50,000 Da। এরা F-actin chain এ সৃষ্ট গুহে (groove) চেনের একপ্রান্ত থেকে অপর প্রান্ত পর্যন্ত সারিবদ্ধভাবে (end-to-end series) অবস্থান করে। প্রতিটি ট্রোপোমায়োসিন অণু F-actin গুহে অবস্থিত সাতটি G-অ্যাকটিন মনোমার দূরত্ব অবধি বিস্তৃত থাকে।

③ **ট্রোপোনিন (Troponin) :** ট্রোপোনিন এক প্রকার জটিল প্রোটিন। প্রতিটি ট্রোপোমায়োসিন প্রোটিন অণুর একটি প্রান্তে যুক্ত থাকে। প্রতিটি ট্রোপোনিন তিনটি সংযুক্ত (attached) উপএকক নিয়ে গঠিত। এরা হল—

- ট্রোপোনিন T (Troponin T or TnT) :** এটি ট্রোপোনিনকে ট্রোপোমায়োসিনের সঙ্গে যুক্ত করে।
- ট্রোপোনিন I (Troponin I or TnI) :** এটি স্বাভাবিক অবস্থায় F-actin চেনে অবস্থিত G-actin monomer কে ঢেকে রাখে।

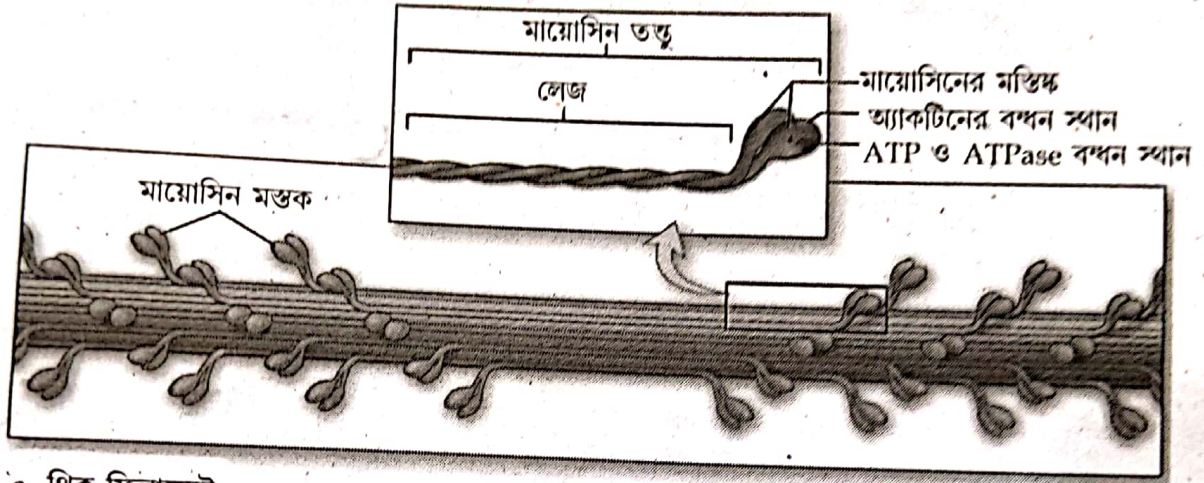
c. ট্রোপোনিন C (Troponin C or TnC) : এটি পেশির সংকোচন প্রারম্ভিক কালে Ca^{2+} আয়নের সঙ্গে যুক্ত হয় ট্রোপোমায়োসিন এবং ট্রোপোনিন, অস্থি- পেশির সংকোচন ও প্রসারণ কালে অ্যাকটিন ও মায়োসিন অণুর মস্তকের আন্তঃক্রিয়া নিয়ন্ত্রণের সঙ্গে (regulation) জড়িত। সেই কারণে এদের নিয়ন্ত্রক প্রোটিন (Regulatory protein) বলে।



চিত্র 1.27 : অ্যাকটিন তন্তুর গঠন

ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপে পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায় প্রতিটি তিক ফিলামেন্ট যড়ভুজাকারে (hexagonal pattern) ছয়টি খিন ফিলামেন্ট দ্বারা বেষ্টিত থাকে।

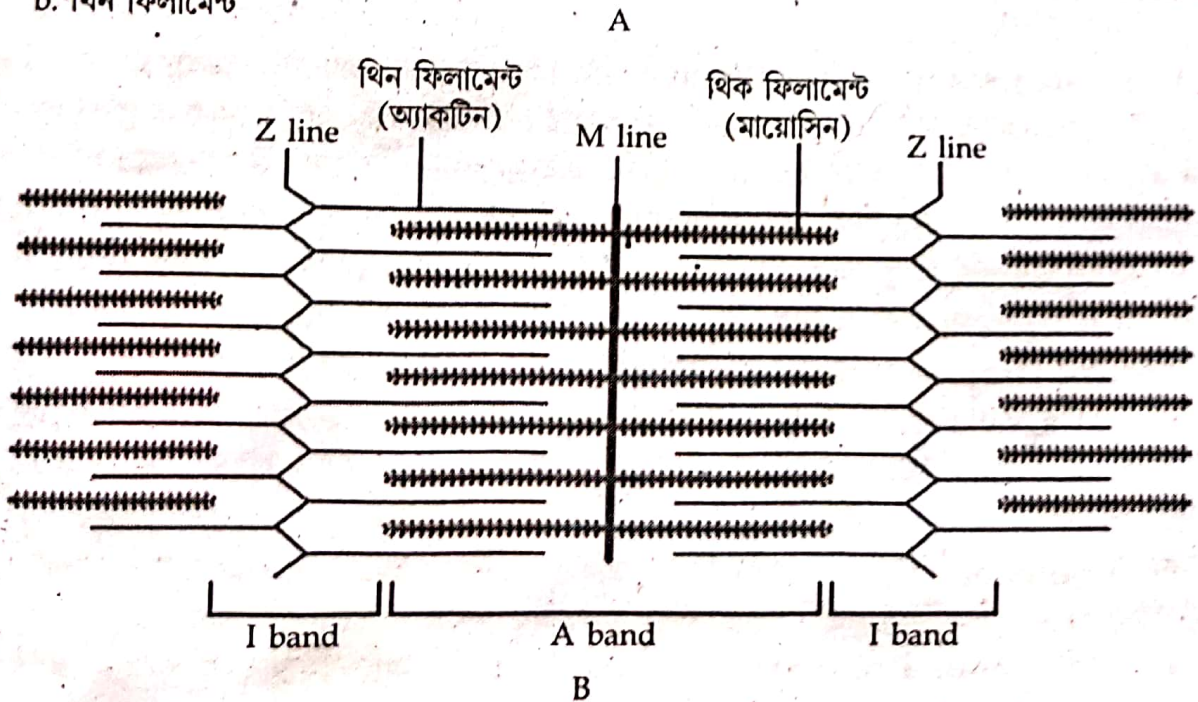
কঙ্কাল পেশির A band বরাবর প্রস্থচ্ছেদ করে



a. তিক ফিলামেন্ট



b. খিন ফিলামেন্ট



চিত্র 1.28 : অ্যাকটিন ও মায়োসিন তন্তুর বিন্যাস

■ অন্যান্য সাংগঠনিক প্রোটিনসমূহ (Other Structural Proteins) : কঙ্কাল পেশি কোশে অন্যান্য গুরুত্বপূর্ণ সাংগঠনিক প্রোটিন দেখা যায়।

i. টিটিন (Titin) : টিটিন বেশ বড়ো তন্তুবৎ প্রোটিন। এটি পেশি কোশের Z line থেকে মায়োসিন তন্তুর মধ্য মুক্ত অঞ্চল (bare portion) বা M line পর্যন্ত বিস্তৃত। এটি ভাঁজযুক্ত দুই প্রকার ডোমেন (domains) সহযোগে গঠিত, যারা পেশির স্থিতিস্থাপকতা রক্ষা করে।

টিটিন, সারকোমিয়ারের অতি বর্ধনশীলতা (Over-extension)-কে বাধা দেয় এবং A band-এর কেন্দ্রীয় অবস্থান সুরক্ষিত করে।

ii. নেবিউলিন (Nebulin) : নেবিউলিন এক প্রকার তন্তুবৎ প্রোটিন। এটি থিন ফিলামেন্টের দৈর্ঘ্য বরাবর বিস্তৃত। এটি পেশির পরিস্ফুটনকালে থিন ফিলামেন্টের দৈর্ঘ্যের সুরক্ষায় নির্দিষ্ট ভূমিকা পালন করে।

iii. α -অ্যাকটিন (α -actin) : α -অ্যাকটিন প্রোটিন পেশির Z line এর সঙ্গে যুক্ত। এটি থিন ফিলামেন্টকে Z line এর সঙ্গে যুক্ত করে।

iv. ডেসমিন (Desmin) : ডেসমিন প্রোটিন পেশির Z line এর সঙ্গে যুক্ত। এটি Z line-কে কোশ পর্দা বা plasma membrane এর সঙ্গে যুক্ত করে।

v. ডিসট্রফিন (Dystrophin) : ডিসট্রফিন এক প্রকার জটিল প্রোটিন, সারকোলেমার ঠিক নীচে অবস্থান করে। এটি কোশস্থিত সংকোচী তন্ত্রে সৃষ্ট বলকে কোশ পর্দাস্থিত integrins (একপ্রকার ট্রান্স মেমব্রেন প্রোটিন) এর মাধ্যমে কোশের বাইরে স্থানান্তরিত করে। কোশের বহির্ভাগে অবস্থিত ল্যামিনিন (Laminin) প্রোটিন, ইন্টিগ্রিন (integrins) এবং কোশ বহিস্থ তরলের মধ্যে একটি সংযোগ সৃষ্টি করে।

বিভিন্ন শ্রেণির বা গোষ্ঠীর জিনগত রোগের কারণে এই সমস্ত প্রোটিনগুলির আকৃতি বিকৃত (disrupted) হয় এবং পেশিতে বিভিন্ন প্রকার ত্রুটির (defects) সৃষ্টি করে। এই প্রকার ত্রুটিগুলিকে একত্রে Muscular Dystrophy বলে।