1 Chapter

স্নায়ু-পেশি শারীরবিদ্যা

Nerve-Muscle Physiology

Q.1 *পেশি ক'য় প্রকার ? প্রতিটি পেশির বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করো ও দেহের কোথায় কোথায় বর্তমান ?*

Ans. ➡ গঠন, অবস্থান ও কাজের ভিত্তিতে পেশি তিন রকমের যথা—1. **সরেখ পেশি,** 2. **অরেখ পেশি,** 3. **হৃদপেশি**।

1. সরেখ পেশির বৈশিষ্ট্য ঃ

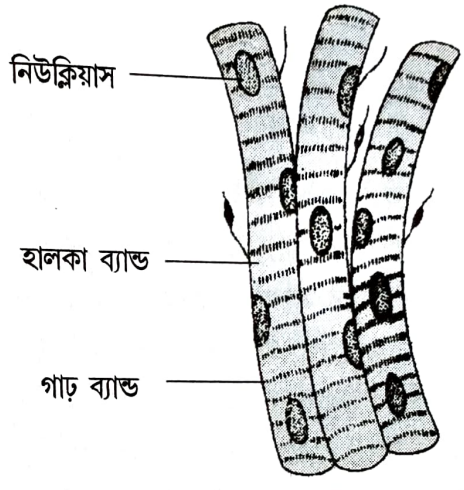
(i) পেশিতন্তুগুলি লম্বা ও দণ্ডাকার। দেখতে অর্ধস্বচ্ছ।

(ii) প্রতিটি পেশি কোশে নিউক্লিয়াস অসংখ্য, নিউক্লিয়াসগুলির অবস্থান পরিধির কাছে।

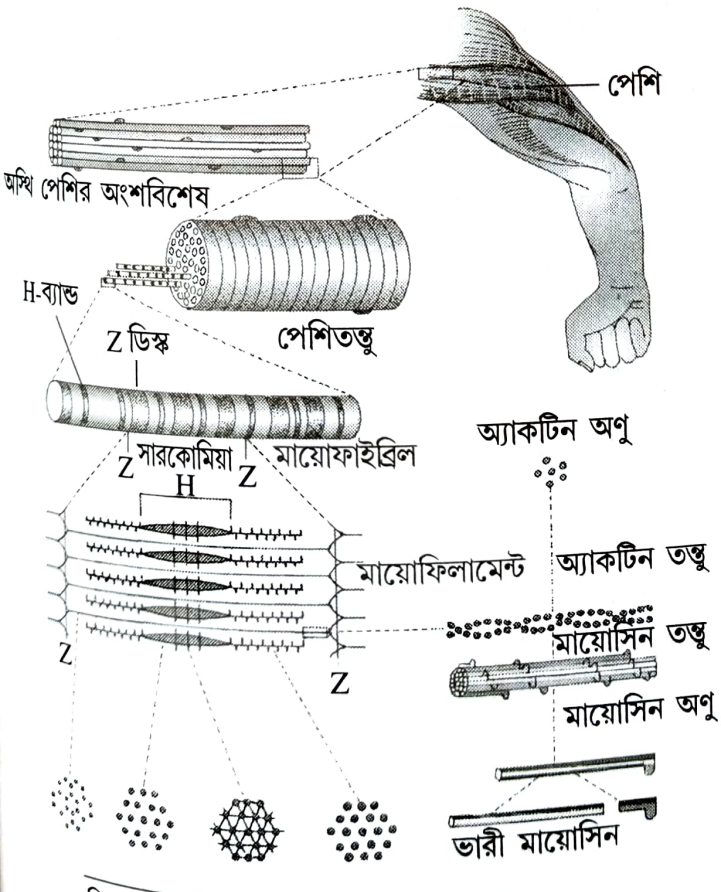
(iii) অসংখ্য মায়োফাইব্রিল সারকোপ্লাজমে লম্বালম্বিভাবে অবস্থান করে।

(iv) আড়াআড়িভাবে অবস্থিত অসংখ্যব্যান্ড বা রেখা বর্তমান থাকে। ব্যান্ডগুলি পর্যায়ক্রমে গাঢ় ও হালকা হয়।

(v) পেশি কোশের গাঢ় দাগটিকে A ব্যান্ড এবং হালকা রেখাটিকে I ব্যান্ড বলে।



চিত্র 1.1 ➡ অস্থি পেশির পেশিতন্তু



চিত্র 1.2 ➡ কঙ্কাল পেশির বিভিন্ন অংশ

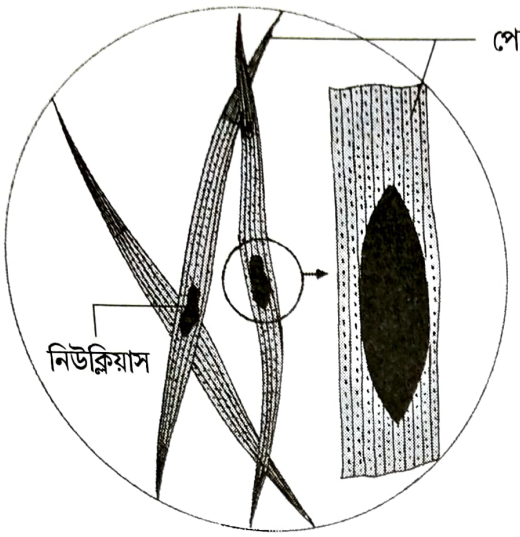
(vi) প্রতিটি I ব্যান্ডের মাঝখানে অপেক্ষাকৃত গাঢ় সরু রেখা লক্ষ করা যায়, একে Z-Line নামে অভিহিত করা হয়।

(vii) পুনরায় গাঢ় A ব্যান্ডের মাঝে হালকা অঞ্চল দেখা যায়, একে বলে H অঞ্চল। H অঞ্চলের মাঝে M-রেখা নামে একটি গাঢ় রেখা বর্তমান থাকে।

(viii) সরেখ পেশির প্লাজমা পর্দাকে sarcolema বলে।

(ix) সারকোমিয়ার (মায়োফাইব্রিলের সংকোচনশীলতার একক) একটি Z-রেখা থেকে আর একটি Z-রেখা পর্যন্ত অংশ বিশেষ।

■ **অবস্থান ঃ** অধিকাংশ ক্ষেত্রে কঙ্কালের সঙ্গে এই পেশি সংলগ্ন থাকে। যেমন—বাইসেপস্, ট্রাইসেপস্, পেক্টোরালিস মেজর ইত্যাদি।



চিত্র 1.3 ➡ মসৃণ পেশি (অনৈচ্ছিক পেশি)

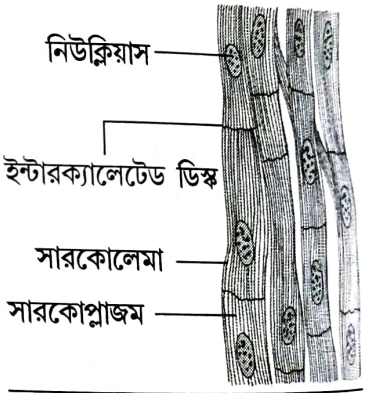
2. অরেখ পেশির (মসৃণ) বৈশিষ্ট্য ঃ

(i) অনুপ্রস্থ রেখা অনুপস্থিত। দেখতে অস্বচ্ছ হয়।
(ii) পেশিতন্তু মাকুর মতো।
(iii) প্রতি কোশের কেন্দ্রস্থলে নিউক্লিয়াস বর্তমান।
(iv) পেশিতে অনুদৈর্ঘ্য রেখা বর্তমান।
(v) মায়োফাইব্রিলে অ্যাকটিন ও মায়োসিন ফিলামেন্ট থাকে, তবে মায়োসিন তন্তু সরেখ পেশির তুলনায় কম।
(vi) সারকোলেমা অস্পষ্ট ও সাধারণত অসম্পূর্ণ।

■ **অবস্থান ঃ** আন্তরযন্ত্রীয় পেশি, যথা—গবিনি, শ্বাসনালি, রক্তবাহ, মূত্রস্থলী, শুক্রনালি, ডিম্বনালি, পাকস্থলী, অন্ত্র ইত্যাদি।

3. হৃদপেশির বৈশিষ্ট্য ঃ (i) তন্তুগুলি আকারে ছোটো, বেলনাকার, শাখাপ্রশাখাযুক্ত। (ii) হৃদপেশি Syncytium কারণ শাখাপ্রশাখা সমূহ পার্শ্ববর্তী তন্তুর সঙ্গে মিলিত হয়ে প্রোটোপ্লাজমীয় জালক উৎপন্ন হয়। (iii) পেশির রেখাগুলি ক্ষীণ। (iv) ইন্টারক্যালেটেড ডিস্ক (পেশিতন্তুর মধ্যে গাঢ় রেখা) বর্তমান। (v) নিউক্লিয়াস কোশের কেন্দ্রস্থলে থাকে। (vi) অনুদৈর্ঘ্য রেখা বর্তমান। (vii) সারকোলেমা অস্পষ্ট ও অসম্পূর্ণ। (viii) হৃদপেশি অনৈচ্ছিক এবং সরেখ।

■ **উপস্থিতি ঃ** হৃৎপিণ্ডে অবস্থান করে।



চিত্র 1.4 ➡ হৃদপেশির কলাস্থানিক গঠন

Q. 2 ***লোহিত পেশি ও শ্বেত পেশির পার্থক্য উল্লেখ করো। সরেখ, অরেখ ও হৃদপেশির ধর্মের পার্থক্য কী?***

Ans. ➡ **লোহিত পেশি ও শ্বেত পেশির পার্থক্য ঃ**

লোহিত পেশি	শ্বেত পেশি
1. পেশিতে ব্যান্ড কম।	1. পেশিতে অপেক্ষাকৃত বেশি ব্যান্ড থাকে।
2. মায়োগ্লোবিনের উপস্থিতির জন্য পেশি লোহিত বর্ণযুক্ত হয়। একে কৃষ্ণাভ পেশিও বলা হয়।	2. পেশি পাণ্ডুর বর্ণের হয় মায়োগ্লোবিনের অনুপস্থিতির জন্য। একে ধূসর পেশিও বলা হয়।
3. সংকোচন ধীরগতি সম্পন্ন ও দীর্ঘস্থায়ী।	3. সংকোচন দ্রুত ও সংক্ষিপ্ত।
4. দেহের ভারসাম্য রক্ষার সহিত সম্পর্কিত।	4. বিভিন্ন অঙ্গের সূক্ষ্ম সঞ্চালনের সঙ্গে সম্পর্কিত
5. মাইটোকন্ড্রিয়ার সংখ্যা বেশি।	5. মাইটোকন্ড্রিয়ার সংখ্যা কম।
6. পেশিতন্তু শীর্ণ, গাঢ় ও মন্থর সংকোচনশীল।	6. পেশিতন্তু অপেক্ষাকৃত স্থূল হালকা বর্ণের।
7. সবাত শ্বসন অনুষ্ঠিত হওয়ার জন্য ল্যাকটিক অ্যাসিড জমে না।	7. অবাত শ্বসন হওয়ায় ল্যাকটিক অ্যাসিড পেশিতন্তুতে জমে।
8. দীর্ঘ সময় ধরে কাজ করলে ও পেশিগুলি অসাড় হয় না।	8. পেশিতন্তুগুলি সহজেই দুর্বল হয়ে পড়ে।
9. উদাহরণ—পিঠের এক্সটেনসর পেশি, উরু-দেশের পেশি।	9. উদাহরণ—চক্ষু গোলকের পেশি। Flenor পেশি এই ধরনের হয়।
10. অস্বচ্ছ দেখতে হয়।	10. অর্ধস্বচ্ছ দেখতে হয়।

■ **সরেখ, অরেখ ও হৃদপেশির ধর্মের পার্থক্য ঃ**

বৈশিষ্ট্য	সরেখ	অরেখ	হৃদ্‌পেশি
1. সংকোচন ক্ষমতা	সংকোচন দ্রুত।	সংকোচন মন্থর।	প্রসারণকালের চেয়ে পেশির সংকোচনকাল দীর্ঘ।
2. পরিবাহিতা	অতিদ্রুত।	মন্থর।	মন্থর, বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন।
3. ছন্দময়তা	অনুপস্থিত।	উপস্থিত।	বর্তমান, বৈশিষ্ট্যপূর্ণ।
4. নিঃসাড়কাল	দ্রুত।	দীর্ঘতর।	দীর্ঘতম।
5. সংকোচন	ইচ্ছাধীন।	ইচ্ছাধীন নয়।	ইচ্ছাধীন নয়।
6. পেশিটান	স্নায়ুর ওপর নির্ভরশীল।	স্নায়ুর ওপর নির্ভরশীল নয়।	নির্ভরশীল নয়।
7. অবসাদগ্রস্ততা	দ্রুত অবসাদগ্রস্ত হয়।	ধীরে ধীরে অবসাদগ্রস্ত হয়।	অবসাদগ্রস্ত হয় না।

Q.3 *পেশি স্পিন্ডিলের গঠন বর্ণনা করো।*

Ans. ➥ পেশি স্পিন্ডিল একটি বিশেষ ধরনের গ্রাহক যা পেশিকোশে বিদ্যমান। প্রতিটি পেশি 2 থেকে 10টি সরেখ পেশি ফাইবারের সমষ্টি, যা পাতলা সংযোজক কলার ক্যাপসুল দ্বারা আবৃত। ক্যাপসুল উভয় প্রান্তে ছুঁচোলো, ক্যাপসুলের অভ্যন্তরস্থ রূপান্তরিত পেশি ফাইবারকে **ইন্ট্রাফিউসাল** (Intrafusal) ফাইবার বলে। ক্যাপসুল উভয় সরু প্রান্ত থেকে এক্সট্রাফিউসাল (extrafusal) পর্দার এন্ডোমাইসিয়ামের সহিত বা এক্সট্রাফিউসাল পেশি ফাইবারের সঙ্গে যুক্ত থাকে। এভাবে ইন্ট্রাফিউসাল পেশি ফাইবারের ক্যাপসুল এক্সট্রাফিউসাল ফাইবার সমান্তরালভাবে সজ্জিত থাকে। ইন্ট্রাফিউসাল ফাইবারকে Boyd (1962) দুটি গ্রুপে বিভক্ত করেন—(1) নিউক্লিয়ার ব্যাগ ফাইবার (2) নিউক্লিয়ার চেইন ফাইবার। উভয় ইন্ট্রাফিউসাল ফাইবার উভয় মেরুপ্রান্তে সরেখ এবং সংকোচনশীল কিন্তু প্রতিটি ফাইবারের কেন্দ্রীয় প্রান্ত অরেখ এবং সম্ভবত অসংকোচনশীল। এই অংশটিকে বলে নিউক্লিয়ার ব্যাগ অঞ্চল (Nuclear bag region)। সংযোজক কলার ক্যাপসুল থেকে পৃথক থাকে এবং কলারস দ্বারা পূর্ণ থাকে। এটি নার্ভ ফাইবার এবং সংযোজক কলা ফাইবার দ্বারা আবৃত থাকে।

তিন ধরনের স্নায়ু ফাইবার এই বিশেষ ধরনের পেশিতে সরবরাহ হয়।

(i) **প্রথম গ্রুপের স্নায়ু ফাইবার ঃ** 12–20 μ ব্যাসের এবং 70–120 m/sec. পরিবহণ গতি সম্পন্ন বৃহৎ অ্যাফারেন্ট স্নায়ু ফাইবারকে অ্যাফারেন্ট ফাইবার-I_a বলে, যা nuclear bag অঞ্চলে শেষ হয়। ইন্টারফিউসাল ফাইবারে শেষ হওয়ার পূর্বে তাদের মায়োলিন সীদ শিথিল হয় এবং পরিশেষে পেশি ফাইবারকে জড়িয়ে সর্পিলাকার প্রান্ত গঠন করে।

(ii) **দ্বিতীয় গ্রুপের স্নায়ু ফাইবার ঃ** Secondary afferent fibre বলে। ব্যাস 0-12 μ এবং পরিবহণ গতি 30-70 m/sec, এটি মাকুতে প্রবেশ করে ক্ষুদ্র রিং গঠন করে, যা নিউক্লিয়ার ব্যাগ অঞ্চলের উভয় পাশে কুণ্ডলী গঠন করে।

(iii) **তৃতীয় গ্রুপের স্নায়ু ফাইবার ঃ** এই ফাইবারকে গ্যামা ইফারেন্ট ফাইবার বলে। ব্যাস 3–7 μ, প্রতি মাকুতে প্রবেশ করে এবং ইন্ট্রাফিউসাল ফাইবারের মোটর এন্ড প্লেটের সরু মেরু অঞ্চলে শেষ হয়। এক্সট্রাফিউসাল ফাইবারে α-মোটর ফাইবার স্নায়ু প্রেরণ করে। পেশি স্পিন্ডিলের অ্যাফারেন্ট ফাইবার স্পাইনাল কর্ডে প্রবেশ করে α-মোটর নিউরোনে সাইন্যাপস গঠন করে এবং পরে মোনোসাইন্যাপটিক পথ সৃষ্টি হয় এবং স্ট্রেচ (strech) বা myostatic রিফ্লেক্স হিসেবে কাজ করে।

Q.4 *পেশির নিম্নলিখিত ধর্মগুলি আলোচনা করো ঃ (a) পূর্ণ বা ব্যর্থ সূত্র, (b) সংকলন, (c) নিঃসাড়কাল, (d) টিটেনাস, (e) অসাড়তা।*

Ans. ➥ **(a) পূর্ণ বা ব্যর্থ সূত্র (All or none law) ঃ** যদি উপযুক্ত উদ্দীপনা পেশিতন্তুতে প্রয়োগ করা হয় সংকোচন মাত্রা সবসময়ই সর্বাধিক বা পূর্ণ হয়। উদ্দীপনার বল বৃদ্ধি করলেও সংকোচনের মাত্রা বৃদ্ধি পায় না।

আবার কোনো কারণে উদ্দীপনার মাত্রা ন্যূনতম মাত্রার কম হলে পেশি আদৌ সংকুচিত হতে পারে না। পেশির এই ধর্মকেই পূর্ণ বা ব্যর্থ সূত্র বলে।

(b) সংকলন (Summation) ঃ যথোপযুক্ত উদ্দীপনাশক্তি প্রয়োগ না করা হলে পেশি সাড়া দেয় না বা সংকুচিত হয় না। কিন্তু দেখা গেছে যে কম শক্তি সম্পন্ন একাধিক উদ্দীপনা স্বল্প সময়ের ব্যবধানে প্রয়োগ করলে পেশি কেবল মাত্র সংকুচিতই হয় না, সংকোচনের মাত্রাও অত্যধিক হয়। একে পেশির সংকলন বলে।

(c) নিঃসাড়কাল (Refractory period) ঃ একবার উদ্দীপনা প্রয়োগের পর খুব কম সময়ের জন্য পেশি দ্বিতীয়বার উদ্দীপনায় উত্তেজিত হয় না বা সাড়া দেয় না। পরপর দুটি সক্রিয় উদ্দীপনার অন্তর্বর্তীকালকে **নিঃসাড়কাল** বলে। নিঃসাড়কালের প্রথম অর্ধে যথেষ্ট শক্তির উদ্দীপনা প্রয়োগ করলেও পেশি উত্তেজিত হয় না, একে **চরম নিঃসাড়কাল** বলে। কিন্তু দ্বিতীয় অর্ধে অধিকতর শক্তির উদ্দীপনা প্রয়োগে পেশি উত্তেজিত হয়, একে **আপেক্ষিক নিঃসাড়কাল** বলে।

কঙ্কাল পেশির এই নিঃসাড়কাল অন্যান্য পেশির তুলনায় খুবই কম। **হৃদপেশির নিঃসাড়কাল অপেক্ষাকৃত দীর্ঘস্থায়ী এজন্য হৃদপেশিকে পুনঃপুন উদ্দীপনা প্রয়োগে অবসাদগ্রস্ত করা যায় না।**

(d) টিটেনাস (Tetanus) ঃ স্বাভাবিক অবস্থায় কোনো পেশিতে যথোপযুক্ত শক্তি সম্পন্ন কোনো উদ্দীপনা প্রয়োগ করলে পেশিটি সংকুচিত হয় এবং শীঘ্রই পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে। একটি পেশিতে খুব স্বল্প সময়ের ব্যবধানে পুনঃপুন উদ্দীপনা প্রয়োগ করলে পর পর দুটি উদ্দীপনা প্রয়োগের মধ্যবর্তী সময়ে, পেশিটির শিথিলতা ঘটে না, ফলে উদ্দীপনা প্রয়োগের সম্পূর্ণ সময়কাল জুড়ে পেশিটি সংকুচিত অবস্থায় থেকে যায় এবং পেশি সংকোচনের বল ও পেশি টুইচ অপেক্ষা বেশি হয়, একে পেশির টিটেনাস বলে।

(e) অসাড়তা (Fatigue) ঃ বারবার কোনো পেশিকে উদ্দীপিত করলে তার উত্তেজিতার বা সংকোচনশীলতার ক্ষমতা ক্রমশ হ্রাস পেতে থাকে এবং এমন এক সময় আসে যখন পেশিটি আর সাময়িকভাবে সাড়া দেয় না, পেশির এই অবস্থাকে **অসাড়তা** বলে।

পেশি অতিরিক্ত কাজ করলে ও তার মধ্যে অক্সিজেন সরবরাহ হ্রাস পেলে পেশিকোশে অবাত শ্বসন অনুষ্ঠিত হয়, ফলে ল্যাকটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, ফলে পেশি অবসন্ন হয়ে পড়ে। কিছুক্ষণ বিশ্রামের পর ল্যাকটিক অ্যাসিড যকৃতে গিয়ে গ্লাইকোজেনে পরিণত হয়, ফলে পেশির অবসন্নতা অপসারিত হয়।

Q. 5 ***পেশি সংকোচন পদ্ধতিতে পেশি সংকোচন কটি পর্যায়ে সম্পন্ন হয় ? প্রতিটি পর্যায় আলোচনা করো। পেশি প্রসারণের পর্যায়ক্রম উল্লেখ করো।***

Ans. ➥ **পেশি সংকোচনের পর্যায় ঃ**

1. চেষ্টীয় নিউরোনের প্রবাহমোক্ষন ঃ

(i) নিউরোন উদ্দীপিত হলে পর্দার ভেদ্যতার পরিবর্তন হয়, ফলে বহির্মুখী K^+ আয়ন যে পরিমাণে বাইরে আসে ওই একই হারে Na^+ আয়ন ভেতরে গমন করে।

(ii) কোশের ভিতর থেকে বাইরে এবং বাইরে থেকে ভিতরে স্নায়ুকোশের পর্দার মাধ্যমে যথাক্রমে Na^+ ও K^+ সক্রিয়ভাবে পরিবহণ করে, ফলে Na^+ আয়নের ঘনত্ব বহিঃকোশীয় তরলে কোশমধ্যস্থ তরলের Na^+ ঘনত্ব অপেক্ষা বেশি হয়। আবার কোশপর্দার K^+ আায়নভেদ্যতা Na^+ আয়ন ভেদ্যতা থেকে বেশি, ফলে K^+ আয়ন ব্যাপনক্রিয়ার বাইরে আসে ফলে কোশের অভ্যন্তরভাগ থেকে বাইরের দিকে (+) তড়িদাধান প্রবাহ চলতে থাকে। এভাবে কোশের বহির্ভাগ ধনাত্মক তড়িদাধানযুক্ত এবং অন্তর্ভাগ ঋণাত্মক তড়িদাধান যুক্ত হয়।

(iii) পোলারাইজেশন এবং ডিপোলারাইজেশনের জন্য সৃষ্টি হয় ইমপালস এবং তা motor end plate-এ পৌঁছোয়।

2. Motor end plate-এ প্রেরক পদার্থের নিঃসরণ ঃ

(i) স্নায়ুপ্রান্ত ও motor end plate-এর মধ্যে প্রোটোপ্লাজমীয় যোগসূত্র অনুপস্থিত, এই স্থানটিকে বলে সাইন্যাপটিক ক্লেফট বা সন্ধি প্রণালী। এখানে নিউরোট্রান্সমিটার eg. Acetylcholine থাকে, যা যোগাযোগ রক্ষা করে।

(ii) নিউরোন উদ্দীপ্ত হলে স্নায়ুপ্রান্তের পর্দার ভেদ্যতা বৃদ্ধি পায়, সন্ধিথলিগুলি Ca^{++} আয়নের সংস্পর্শে আসে এবং বেশি পরিমাণে অ্যাসিটাইলকোলিনের নিঃসরণ ঘটে।

3. গ্রাহকের সঙ্গে অ্যাসিটাইলকোলিনের সংযুক্তি ঃ

সন্ধি প্রণালী অতিক্রম করার পর এন্ড প্লেটের গ্রাহকের সঙ্গে যুক্ত হলে পেশিতন্তুর কোশপর্দার ভেদ্যতা বৃদ্ধি পায়।

4. এন্ড প্লেট বিভব উৎপাদন ও পেশিতন্তুতে ক্রিয়াবিভব সৃষ্টি ঃ

ভেদ্যতা বৃদ্ধির ফলে Na^+ ও K^+ প্রবাহ বৃদ্ধি পায়, যে পরিমাণ K^+ আয়ন বাইরে আসে তার চেয়েও বেশি পরিমাণ Na^+ অভ্যন্তরে প্রবেশ করে। ফলে সৃষ্টি হয় এন্ড প্লেট বিভব যা সংলগ্ন পেশি পর্দার ডিপোলারাইজেশন ঘটায় এবং পেশিতন্তুতে ক্রিয়াবিভব (action potential) সৃষ্টি করে।

5. T-নালিকা বরাবর কোশের অভ্যন্তরে ডিপোলারাইজেশনের বিস্তৃতি ঃ

ট্রান্সমিটার কেমিক্যাল (Acetycholine) দ্বারা সৃষ্ট ইমপালস সারকোলেমা থেকে পেশি কোশের অভ্যন্তরে বিস্তৃত T-নালিকায় প্রবাহিত হয়।

6. Ca^{++} আয়নের নিঃসরণ ঃ

সারকোপ্লাজমস্থিত জালক অভ্যন্তরস্থ Ca^{++} সিস্টারনি থেকে সারকোপ্লাজমে আসে এবং এটি অ্যাকটিন ও মায়োসিন অঞ্চলে বিস্তৃত হয়।

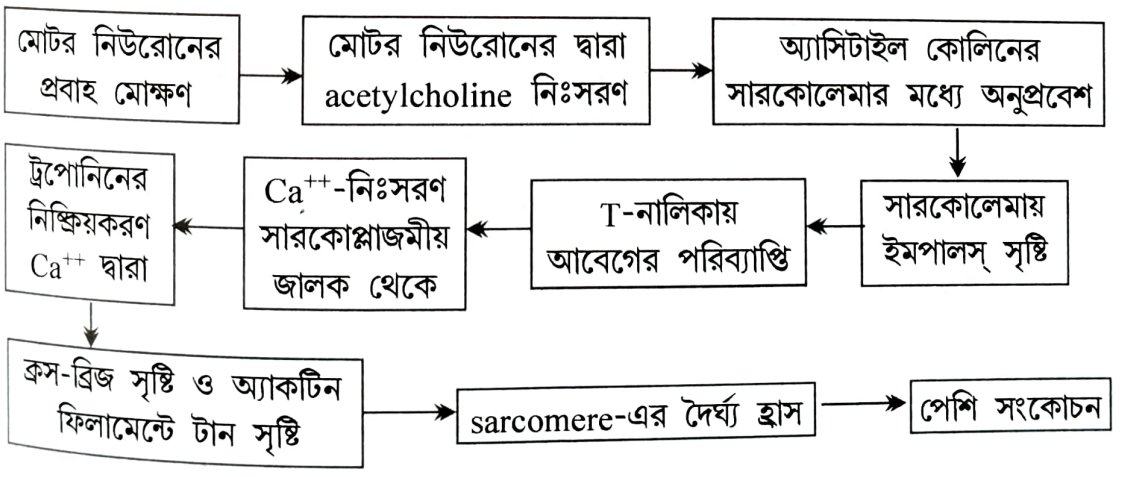
7. ট্রপোনিনের সঙ্গে Ca^{++} আয়নের সংযুক্তি ও তার নিষ্ক্রিয়করণ ঃ

ট্রপোনিন স্বাভাবিক অবস্থায় অ্যাকটিন ও মায়োসিন ফিলামেন্টের পারস্পরিক ক্রিয়ায় বাধা দেয়। ট্রপোনিনের সঙ্গে মুক্ত Ca^{++} আয়ন যুক্ত হয়ে তাকে নিষ্ক্রিয় করে অর্থাৎ অ্যাকটিনস্থিত মায়োসিনের বাধক স্থানের উন্মুক্তি।

8. অ্যাকটিন ফিলামেন্টে টান সৃষ্টি ঃ

অ্যাকটিন ও মায়োসিনের মধ্যে ক্রস ব্রিজ সৃষ্টি হয়। Ca^{++} আয়ন ও ATP-র উপস্থিতিতে এই সেতুগুলি এমনভাবে বেঁকে যায় যার ফলে অ্যাকটিন ফিলামেন্টে টান সৃষ্টি হয় এবং মায়োসিন ফিলামেন্টের অ্যাকটিনের গড়িয়ে অনুপ্রবেশ ঘটে, সারকোমিয়ার দৈর্ঘ্য হ্রাস পায় ও পেশি সংকুচিত হয়।

■ সংকোচনের পর্যায়ক্রমিক ঘটনা ঃ



■ পেশি প্রসারণের পর্যায়ক্রম ঃ

(i) পাম্প ক্রিয়ার মাধ্যমে Ca^{++} আয়নের সিস্টারনিতে পুনঃপ্রবেশ।

(ii) ট্রপোনিন থেকে Ca^{++} আয়নের মুক্তি।

(iii) অ্যাকটিন ও মায়োসিনের বিচ্ছেদ।

Q.6 ***পেশি সংকোচন ও প্রসারণকালে রাসায়নিক পরিবর্তন উল্লেখ করো।***

Ans. ➥ পেশিকে সংকোচনকালে প্রয়োজনীয় শক্তির প্রাথমিক উৎস সারকোপ্লাজমস্থিত শক্তি ATP বিশ্লিষ্ট হয়ে যে ফসফেট আয়নের মুক্তি ঘটায় তা সংকোচনের শক্তির উৎস।

পেশি সংকোচনকালে পেশিতে শক্তি বিনিয়োগের প্রধান ধাপগুলি হল—

❒ **অবায়বীয় পদ্ধতি ঃ** (i) $ATP = ADP + Pi +$ মুক্তি প্রাপ্ত শক্তি। (ii) ক্রিয়েটিন ফসফেট $+ ADP =$ ক্রিয়েটিন $+ ATP$ (iii) গ্লুকোজ বা গ্লাইকোজেন $+ Pi + ADP \rightarrow$ ল্যাকটিক অ্যাসিড $+ ATP$

❒ **বায়বীয় পদ্ধতি ঃ** গ্লাইকোজেন + মুক্ত ফ্যাটি অ্যাসিড $+ Pi + ADP + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + ATP$

■ **পেশির সংকোচনকালে রাসায়নিক পরিবর্তনসমূহ ঃ**

1. উচ্চশক্তি সম্পন্ন ফসফেট পদার্থ থেকে শক্তি সরবরাহ ঃ ATP ও ক্রিয়েটিন ফসফেট অন্যান্য কোশের তুলনায় পেশি কোশে বেশি পরিমাণে থাকে। কিন্তু সংকোচনের শুরুতে ATP থেকে শক্তি সরবরাহ হওয়ার সংকোচনের সঙ্গে সঙ্গে তা নিঃশেষিত হয়। সুতরাং পেশির সক্রিয়তা বজায় রাখার জন্য ADP ফসফেট থেকে দ্রুত ATP সংশ্লেষ আবশ্যিক ফলে উচ্চশক্তি সম্পন্ন ক্রিয়েটিন ফসফেট সচল হয়ে ওঠে ADP-কে ATP-তে রূপান্তরিত করে।

ক্রিয়েটিন ফসফেট $+ ADP =$ ক্রিয়েটিন $+ ATP$

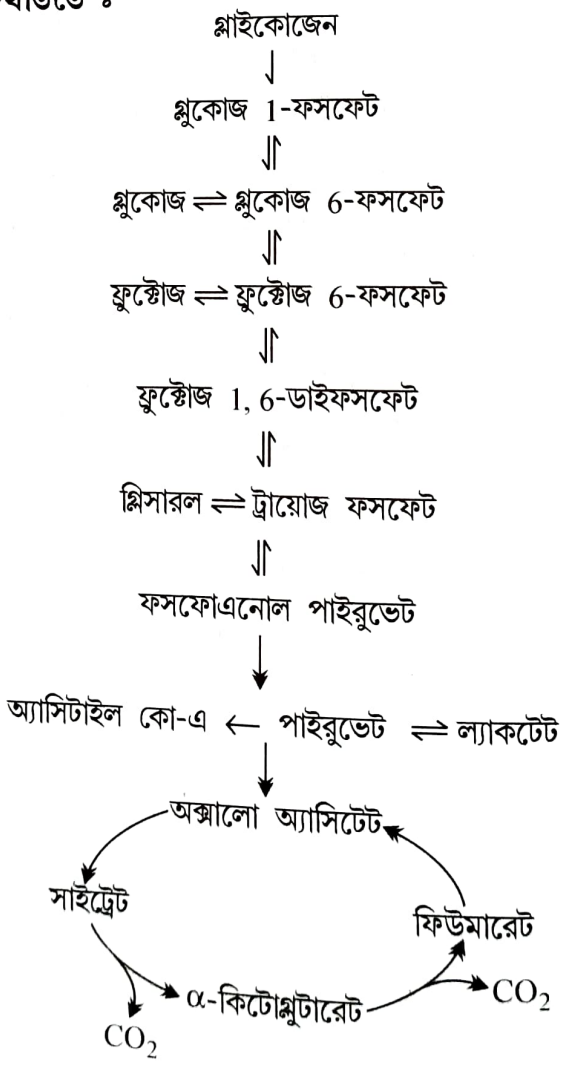
2. গ্লাইকোজেন বা গ্লুকোজ থেকে শক্তি সরবরাহ ঃ

❒ **অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে ঃ** অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে glucose/glycogen ভেঙ্গে পাইরুভিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং উচ্চশক্তি সম্পন্ন ফসফেট জোগান দেয়। সহ উৎসেচক NAD বিজারিত হলে তবেই অবায়বীয় জারণ সম্ভব। NAD হাইড্রোজেন গ্রাহকের কাজ করে ও $NADH_2$-তে রূপান্তরিত হয়। $NADH_2$ থেকে পাইরুভিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন গ্রহণ করে ল্যাকটিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়।

পাইরুভিক অ্যাসিড $+ NADH_2 \rightarrow$ ল্যাকটিক অ্যাসিড $+ NAD^+$

এইভাবে উৎপন্ন NAD^+ পুনরায় হাইড্রোজেন গ্রহণ করতে পারে এবং আরও গ্লাইকোজেন বা গ্লুকোজ জারিত হয়ে উচ্চশক্তি সম্পন্ন ফসফেট সরবরাহ করতে পারে বা ADP-কে ATP-তে পরিণত করে।

■ **অক্সিজেনের উপস্থিতিতে ঃ**



অক্সিজেনের উপস্থিতিতে পাইরুভিক অ্যাসিড মাইটোকন্ড্রিয়ার মধ্যে TCA চক্রের মাধ্যমে সম্পূর্ণভাবে জারিত হয়ে 38 অণু ATP গঠন করে। বায়বীয় জারণে এক অণু গ্লুকোজ থেকে 686 Kcal শক্তি নির্গত হয়।

গ্লুকোজ + 38 ফসফেট $+38\ ADP + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 4H_2O + 38ATP$

Q.7 *পেশি সংকোচনে যান্ত্রিক পরিবর্তন উল্লেখ করো।*

Ans. ➥ উদ্দীপনা বৃদ্ধি পেলে পেশিতে যে টান বৃদ্ধি পায়, তার বিরুদ্ধে সংকুচিত হয়ে যান্ত্রিক কাজ সম্পন্ন করার মধ্যে পেশিকলার বৈশিষ্ট্য নিহিত থাকে। সংকোচনের সময় পেশির দৈর্ঘ্য হ্রাস ঘটলে টানকে বোঝা ও গতিবেগের সমতুল্য হতে হয়।

সংকোচনশীলতা দু-প্রকারের হয়—আইসোটোনিক ও আইসোমেট্রিক। একটি একক আবেশে পেশি একবার মাত্র সংকুচিত হয়।

1. আইসোটোনিক পেশি সংকোচন (সমটান) ঃ যে সংকোচনে পেশিতন্তুর দৈর্ঘ্য কমে, স্থূলতা বাড়ে কিন্তু টান অপরিবর্তিত থাকে। যেমন—চলাফেরা, হাঁটা, বোঝা উত্তোলনের সময় দেখা যায়।

2. আইসোমেট্রিক পেশি সংকোচন (সমদৈর্ঘ্য) ঃ যে সংকোচনে পেশিতন্তুর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকে এবং টান বাড়ে সেই সংকোচনকে সমদৈর্ঘ্য পেশি সংকোচন বলে। যেমন—অভিকর্ষের বিরুদ্ধে দেহভঙ্গিমা বজায় রাখা।

❐ সমটান পেশি সংকোচন ঃ

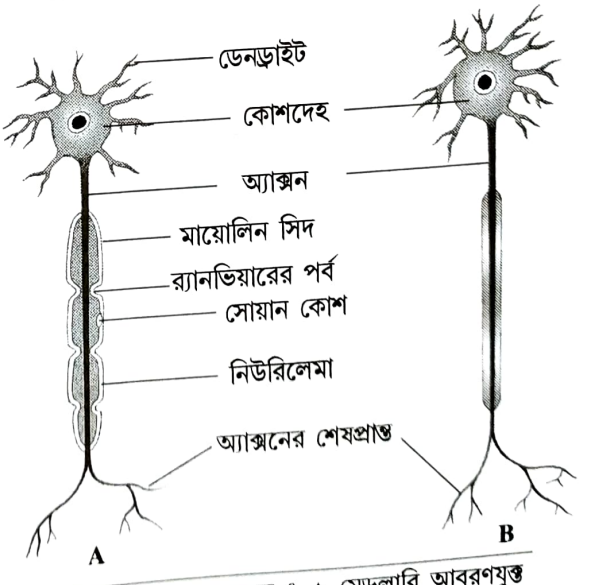
1. এক্ষেত্রে তন্তুর দৈর্ঘ্য হ্রাস পায় ও স্থূলতা বৃদ্ধি পায়।
2. উৎপন্ন তাপের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম।
3. বোঝার পরিমাণের ওপর পেশি টানের উৎপাদন নির্ভরশীল।
4. পেশির একক সংকোচনে পেশির সংকোচনকাল ও প্রসারণকাল দুইই খুব কম।
5. ব্যয়িত শক্তির 70% তাপ উৎপাদনে, 30% পেশির দৈর্ঘ্য হ্রাসে ও যান্ত্রিক কাজে নিয়োজিত থাকে।

❐ সমদৈর্ঘ্য পেশি সংকোচন ঃ

1. পেশিতন্তুর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকে ও টান বৃদ্ধি পায়।
2. উৎপন্ন তাপের পরিমাণ বৈশি হয়।
3. উদ্দীপনা শক্তির ওপর পেশিটানের উৎপাদন নির্ভরশীল।
4. পেশির একক সংকোচনে পেশির সংকোচনকাল ও প্রসারণকাল উভয়েই দীর্ঘ হয়।
5. ব্যয়িত শক্তির সবটাই তাপ উৎপাদনে নিয়োজিত থাকে।

Q.8 *মেডালেটেড এবং নন-মেডালেটেড নার্ভ ফাইবারের গঠনগত বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করো। মেডালেটেড এবং নন-মেডালেটেড নার্ভ ফাইবারের পার্থক্য উল্লেখ করো। পোলারাইজড পর্দা এবং ডিপোলারাইজড পর্দার পার্থক্য উল্লেখ করো।*

Ans. ➥ **A. মেডালেটেড বা মায়েলিনেটেড নার্ভ ফাইবার ঃ** (i) সমস্ত স্তন্যপায়ী প্রাণীতে সমস্ত নার্ভ ফাইবার 1 μm ব্যাসের চেয়েও বেশি, এগুলিই হল myelinated nerve fibre। এই নার্ভ ফাইবার মায়েলিন সিদ দ্বারা আবৃত থাকে। (ii) মস্তিষ্কের এবং স্পাইনাল কর্ডের শ্বেতবস্তুতে পাওয়া যায়। করোটি স্নায়ু এবং সুষুম্না স্নায়ুতেও দেখা যায়। (iii) স্নায়ুপ্রবাহের সঙ্গে



চিত্র 1.5 ➥ স্নায়ুতন্তু ঃ A. মেডুলারি আবরণযুক্ত B. মেডুলারি আবরণবিহীন

Q. 10 *রেস্টিং পোটেনশিয়াল ও অ্যাকশন পোটেনশিয়াল কী ? সাইন্যাপস কী ও এর কাজ কী ? গঠন অনুসারে সাইন্যাপসের প্রকার উল্লেখ করো। সাইন্যাপটিক ডিলে বা বিলম্ব কাকে বলে ? এর কারণ কী ? সাইন্যাপটিক ট্রান্সমিশন কাকে বলে ?*

Ans. ➥ **রেস্টিং পোটেনশিয়াল (Resting Potential) ঃ** বিশ্রামরত স্নায়ুকোশের কোশপর্দার বাইরে ও ভিতরের দিকে বৈদ্যুতিক চার্জের পার্থক্য দেখা যায়, একে বিশ্রামকালীন বিভব বলে। এই পার্থক্য পর্দার উভয় দিকে Na^+ এবং K^+-এর অসম বিস্তারণের ফলে হয়ে থাকে। এটা ঋণাত্মক হয়। (–90 mv)

■ **অ্যাকশন পোটেনশিয়াল ঃ** স্নায়ুকোশ উদ্দীপনা গ্রহণ করার সঙ্গে সঙ্গে পর্দায় বিশ্রামকালীন বিভব দ্রুত পরিবর্তিত হয় এবং Na^+, Cl^- এবং K^+ আয়নের আদানপ্রদানের ফলে উদ্দীপনা প্রয়োগ কোষের বিপরীত বিভবের সৃষ্টি হয় একে বলে অ্যাকশান পোটেনশিয়াল যা ইমপালস্ হিসেবে স্নায়ুর মধ্য দিয়ে পরিবাহিত হয়।

■ **সাইন্যাপস ঃ** স্নায়ুতন্ত্রে যে বিশেষ সংযোগস্থলের মাধ্যমে এক নিউরোন থেকে অপর নিউরোনে স্নায়ু আবেগ পরিবাহিত হয় তাকে সাইন্যাপস বলে। স্নায়ুসন্ধিতে একটি নিউরোন শেষ হয় এবং অপর একটি নিউরোন শুরু হয়।

কাজ ঃ নিউরোট্রান্সমিটার পরিবহণের জন্য দুটি পরপর স্নায়ুকোশের মধ্যে ব্যবধান থাকা আবশ্যিক। উভয় নিউরোনের সংযোগস্থলে নিউরোট্রান্সমিটার ক্ষরিত হয় যা পরবর্তী নিউরোনকে উদ্দীপিত করে।

■ গঠন অনুসারে সাইন্যাপস তিন প্রকারের হয় ঃ

1. অ্যাক্সো-সোমাটিক ঃ এই প্রকার সাইন্যাপস একটি নিউরোনের অ্যাক্সন অপর নিউরোনের কোশদেহের সহিত গঠিত হয়। ইহা লঘুমস্তিষ্কে দেখা যায়।

2. অ্যাক্সো-ডেনড্রাইটিক ঃ এই প্রকার সাইন্যাপস একটি নিউরোনের অ্যাক্সন অপর নিউরোনের ডেনড্রনের সহিত গঠিত হয়। ইহা গুরুমস্তিষ্কে দেখা যায়।

3. অ্যাক্সো-অ্যাক্সোনিক ঃ এই প্রকার সাইন্যাপস্ প্রিসাইন্যাপটিক ও পোস্টসাইন্যাপটিক দুইটি নিউরোনের অ্যাক্সন সহযোগে গঠিত হয়।

■ **সাইন্যাপটিক বিলম্ব ঃ** পূর্ববর্তী নিউরোন থেকে পরবর্তী নিউরোনে স্নায়ু আবেগ প্রবাহিত হওয়ার পথে সাইন্যাপসে বা স্নায়ুসন্নিধিতে 0.5 m.s. সময় বিলম্বিত হয় একে সাইন্যাপটিক বিলম্ব (synaptic delay) বলে।

❒ **কারণ ঃ** 1. সাইন্যাপটিক থলি থেকে ট্রান্সমিটার কেমিক্যালসের নিঃসরণ।
2. Ca^{++} আয়নের প্রবেশ।
3. ট্রান্সমিটার কেমিক্যালসের সন্নিধি প্রণালী (synaptic cleaft) অতিক্রম।
4. পোস্ট সাইন্যাপটিক পর্দায় গ্রাহকের সঙ্গে যুক্ত হওয়া এবং Na^+-এর নিঃসরণ।
5. পোস্ট সাইন্যাপটিক পর্দার ঝিল্লির বিসমবর্তন বা depolarisation।
6. অ্যাকশন পোটেনশিয়াল সৃষ্টি।

■ **সাইন্যাপটিক ট্রান্সমিসন (Synaptic transmission) ঃ** যে প্রক্রিয়ায় প্রি-সাইন্যাপটিক পর্দা থেকে স্নায়ু আবেগ স্নায়ুসন্নিধি প্রণালী (synaptic cleft) অতিক্রম করে পরবর্তী পোস্ট-সাইন্যাপটিক পর্দাতে প্রবাহিত হয় তাকে সাইন্যাপটিক ট্রান্সমিশন বলে।

Q. 11 *কোলিনারজিক ও অ্যাডরেনারজিক স্নায়ু কাকে বলে ? স্নায়ু সন্নিধির বা সাইন্যাপসের গঠন সংক্ষেপে উল্লেখ করো। সাইন্যাপসে উত্তেজকধর্মী এবং অবদমনকারী নিউরো ট্রান্সমিটারের উদাহরণ দাও। মায়োনিউরাল জাংশন কাকে বলে ? প্রি-সাইন্যাপটিক স্ফীতি, প্রি-সাইন্যাপটিক পর্দা এবং পোস্ট সাইন্যাপটিক পর্দা কাকে বলে ?*

Ans. ➥ যে স্নায়ুর প্রান্তে অ্যাসিটাইল কোলিন নামক ট্রান্সমিটার নিঃসৃত হয় তাকে কোলিনারজিক স্নায়ু বলে।
উদাহরণ ঃ প্রাক স্নায়ুগ্রন্থিজ সমব্যাথি এবং প্রাক ও পরস্নায়ু গ্রন্থিজ পরাসমব্যথি স্নায়ু।

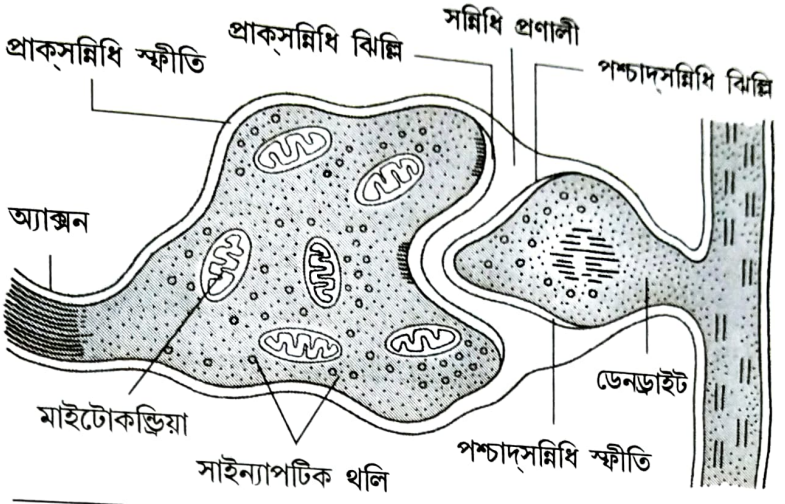
যে স্নায়ুর প্রান্তে অ্যাডরেনালিন বা এপিনেফ্রিন নামক ট্রান্সমিটার নিঃসৃত হয় তাকে অ্যাডরেনারজিক স্নায়ু
উদাহরণ ঃ পরস্নায়ু গ্রন্থিজ সমব্যথি স্নায়ু।

সাইন্যাপসের গঠন ঃ

i) **সাইন্যাপটিক স্ফীতি ঃ** সাইন্যাপসে পূর্ববর্তী নিউরোনের অ্যাক্সন প্রান্ত প্রসারিত এবং স্ফীত হয়। একে সাইন্যাপটিক স্ফীতি (Synaptic knob) বলে।

ii) এই স্ফীতি অপর নিউরোনের কোশদেহ বা ডেনড্রাইটের অতিনিকটে অবস্থান করলেও উভয় নিউরোনের মধ্যে প্রোটোপ্লাজমীয় যোগসূত্র অনুপস্থিত।

iii) **স্নায়ুঝিল্লি ঃ** প্রতি সাইন্যাপসে দুটি ঝিল্লি বর্তমান যথা প্রি-সাইন্যাপটিক পর্দা এবং পোস্ট সাইন্যাপটিক পর্দা।



চিত্র 1.6 ➡ অ্যাক্সো-সোমাটিক স্নায়ুসন্নিধির ইলেকট্রন আণুবীক্ষণিক চিত্র

iv) **সাইন্যাপটিক ক্লেফট (Synaptic Cleft) ঃ** উপরিউক্ত দুটি ঝিল্লির মধ্যে 200 Å-এর চওড়া যে ফাঁক থাকে তাকে সাইন্যাপটিক ক্লেফট বলে।

v) **সাইন্যাপটিক ভেসিকল্ ঃ** সাইন্যাপটিক নবের ভিতর প্রচুর মাইটোকন্ড্রিয়া ও ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গোলাকার থলি দেখা যায়, এদের সাইন্যাপটিক ভেসিকল্ (Synaptic vesicle) বলে। এইগুলি কেমিক্যাল ট্রান্সমিটার পদার্থে পূর্ণ থাকে।

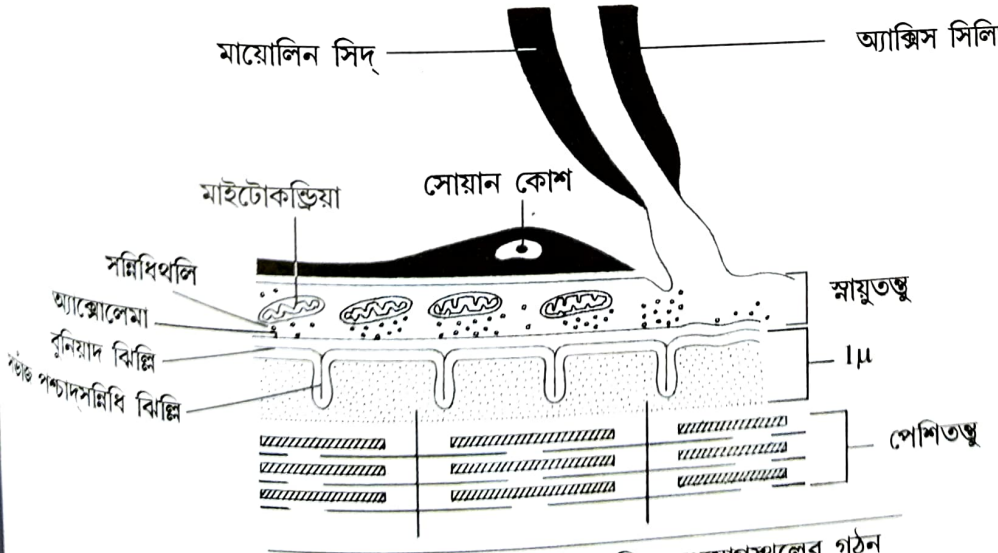
vi) **ইন্টার সাইন্যাপটিক ফিলামেন্ট ঃ** গুরু মস্তিষ্কের সাইন্যাপসের ক্লেফ্‌টে সমান্তরালভাবে 50Å ব্যাসযুক্ত কিছু সংখ্যক সুতোর মতো বস্তু থাকে যা প্রি এবং পোস্ট-সাইন্যাপটিক পর্দার মধ্যে যোগসূত্র রচনা করে।

vii) **সাব সাইন্যাপটিক জালক ঃ** CNS এবং রেটিনার সাইন্যাপসের অধঃস্নায়ুসন্ধি পর্দায় একপ্রকার জালকের উপস্থিতি দেখা যায়,—এদের Sub-synaptic web বলে।

ইন্টার সাইন্যাপটিক ফিলামেন্ট এবং সাব-সাইন্যাপটিক জালকের কাজ সম্বন্ধে এখনও জানা যায়নি।

উত্তেজকধর্মী ট্রান্সমিটার ঃ অ্যাসিটাইল কোলিন, নর অ্যাড্রিনালিন, সেরোটোনিন বা 5-হাইড্রোক্সিটিন্টামিন।

অবদমনকারী ট্রান্সমিটার ঃ GABA (গামা অ্যামাইনো বিউটারিক অ্যাসিড), গ্লাইসিন।



চিত্র 1.7 ➡ লম্বচ্ছেদে স্নায়ুপেশির সংযোগস্থলের গঠন

■ **নিউরোমাস্কুলার জাংশান ঃ**

(i) চেষ্টীয় স্নায়ুর অ্যাক্সন প্রান্ত ও পেশি কোশের সংযোগস্থলকে নিউরোমাস্কুলার জাংশান বলে।

(ii) অ্যাক্সোলেমা এবং সারকোলেমা পরস্পরের অতিনিকটবর্তী অবস্থান করে।

(iii) পেশিতে সরবরাহকারী চেষ্টীয় স্নায়ুর অ্যাক্সন তার কাছাকাছি আসলে অ্যাক্সনের মায়েলিন আবরণী লুপ্ত হয় এবং অ্যাক্সন শাখান্বিত হয়। এই নগ্ন শাখার প্রান্তটি স্ফীত হয়ে গঠন করে 'সোল ফুট' (Sole foot)।

(iv) সারকোলোমার খাঁজ অংশের দ্বারা বেষ্টিত হয় সোলফুটগুলি, এই অংশটিকে বলে মোটর এন্ড প্লেট (চেষ্টীয় প্রান্তফলক)।

(v) **সাইন্যাপটিক গাটার (Synaptic gutter) ঃ** মোটর এন্ড প্লেটের সারকোলেমা বহু সংখ্যক ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ভাঁজযুক্ত হয়ে থাকে। একে সাইন্যাপটিক গাটার বলে।

(vi) **সাইন্যাপটিক ক্লেফট ঃ** সোলফুট ও সাইন্যাপটিক গাটারের মধ্যে যে 200–300 Å ফাঁক দেখা যায়, তাকে Synaptic cleft বলে।

(vii) সোলফুটের মধ্যে থাকে প্রচুর মাইটোকন্ড্রিয়া এবং প্রেরক পর্দার্থ (transmitter substance) পূর্ণ ভেসিকল।

(viii) সারকোলেমার অভ্যন্তরে থাকে পেশিতন্তুর নিউক্লিয়াস এবং বেশ কিছু মাইটোকন্ড্রিয়া।

■ ইলেকট্রন অণুবীক্ষণ যন্ত্রে নীচে অ্যাক্সন প্রান্তে যে বোতামের ন্যায় স্ফীত অংশগুলি লক্ষ করা যায় তাকে প্রি-সাইন্যাপটিক নব বা প্রাক-সন্ধি-স্ফীতি বলে।

■ প্রাক-সন্ধি-স্ফীতির আবরণীকে বলে pre-synaptic membrane বা প্রাক-সন্ধি পর্দা।

■ সাইন্যাপসে পরবর্তী নিউরোনের ডেনড্রাইট বা কোশদেহের আবরণীকে post-synaptic ঝিল্লি বা পশ্চাদ্ সন্নিধি পর্দা বলে।

Q. 12 *নিউরোমাস্কুলার ট্রান্সমিশন পদ্ধতিটি সংক্ষেপে লেখো। সাইন্যাপটিক ট্রান্সমিশনের বৈশিষ্ট্য কী?*

Ans. ➥ **নিউরোমাস্কুলার ট্রান্সমিশন পদ্ধতির প্রবাদ ছক ঃ**

চেষ্টীয় স্নায়ুর সোলফুটে (অ্যাক্সন প্রান্তে) ইমপালসের আগমন

↓

ভেসিকল থেকে অ্যাসিটাইলকোলিন ক্ষরণ

↓

সাইন্যাপটিক ক্লেফ্টের মধ্য দিয়ে অ্যাসিটাইলকোলিনের ব্যাপন এবং পেশি ঝিল্লির গ্রাহকের সঙ্গে সংযুক্তি

↓

পেশি ঝিল্লির আসয়ভেদ্যতা বৃদ্ধি

↓

পেশি ঝিল্লিতে উদ্দীপনা সৃষ্টি এবং পেশিতন্তুর সংকোচন

↓

কোলিনইস্টারেজ উৎসেচক দ্বারা Acetylcholine-এর বিনষ্টিকরণ

* প্রেরণ ব্যবস্থা অনেকটাই সাইন্যাপটিক ট্রান্সমিশনের মতো।

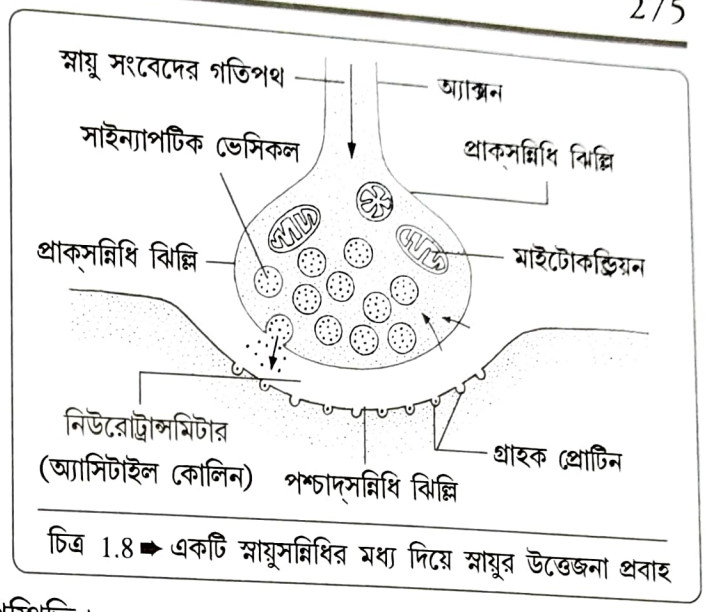
(i) স্নায়ু এবং পেশির সংযোগস্থলে প্রোটোপ্লাজমীয় যোগসূত্র অনুপস্থিত থাকায় ট্রান্সমিটার কেমিক্যালসের দ্বারা স্নায়ুপ্রান্ত থেকে পেশিতে স্পন্দন প্রবাহিত হয়।

(ii) ট্রান্সমিটার কেমিক্যাল সংশ্লেষিত হয় নিউরোনে এবং সঞ্চিত হয় ভেসিকলে এবং ভেসিকলগুলি অ্যাক্সন প্রান্তে জমা হয়।

(iii) সোলফুটের ভেসিকলগুলি থেকে নিঃসৃত হয় অ্যাসিটাইলকোলিন। এই অ্যাসিটাইলকোলিন ক্লেফ্টের মধ্য দিয়ে ব্যাপিত হয়ে পেশির এন্ড প্লেট অঞ্চলের বিশেষ গ্রাহক স্থানের সঙ্গে আবদ্ধ হয়, ফলে ঝিল্লির ভেদ্যতা বৃদ্ধি পায়।

(iv) এর ফলে পেশিতন্তু উদ্দীপিত হয় এবং পেশিতন্তু সংকুচিত হয়।

(iv) সাইন্যাপটিক গাটার অঞ্চলস্থিত কোলিনইস্টারেজ উৎসেচকের সহায়তায় অ্যাসিটাইলকোলিন ভেঙে বিনষ্ট হয় এবং পেশি কোশটি পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়।



চিত্র 1.8 ➡ একটি স্নায়ুসন্নিধির মধ্য দিয়ে স্নায়ুর উত্তেজনা প্রবাহ

■ **সাইন্যাপটিক ট্রান্সমিশনের বৈশিষ্ট্য ঃ**

1. **একমুখী পরিবহণ ঃ** Synapse-এর মধ্য দিয়ে নার্ভ ইমপালসের পরিবহণ সর্বদা একমুখী হয়ে থাকে। এরূপ ঘটার কারণ হল—সাইন্যাপটিক নবে ট্রান্সমিটার কেমিক্যাল পূর্ণ ভেসিকলের উপস্থিতি।

2. **সাইন্যাপটিক ডিলে বা বিলম্ব ঃ** স্নায়ুতন্তুর মধ্য দিয়ে ইমপালস্ পরিবহণে যে সময় ব্যায়িত হয় তার চেয়ে বেশি সময় লাগে সাইন্যাপসের মধ্য দিয়ে ইমপালস্ পরিবহণে। কারণ—প্রেরণ ব্যবস্থা ট্রান্সমিটার কেমিক্যালের দ্বারা ঘটে বলে এরূপ বিলম্ব হয়।

3. **উদ্দীপক এবং অবরোধধর্মিতা ঃ** সাইন্যাপটিক ট্রান্সমিটার উভয় প্রকার হতে পারে। উদ্দীপকধর্মী বা অবরোধধর্মী। এর ফলে স্নায়ুতন্ত্র দ্বারা দেহের বিভিন্ন কাজ সুনিয়ন্ত্রিতভাবে চলতে পারে।

4. **অবসাদ ঃ** সাইন্যাপস বিদ্যমান এমন স্নায়ুপথকে পুনঃ পুনঃ উদ্দীপিত করলে কিছু সময় পরে তা স্নায়বিক উদ্দীপনা পরিবহণে অক্ষম হয়ে পড়ে, এই অবস্থাকে Fatigue বা অবসাদ বলে। কারণ—বারংবার উদ্দীপনা প্রেরণের ফলে সাইন্যাপটিক নব (Knob) স্থিত ট্রান্সমিটার কেমিক্যালস্ নিঃশেষিত হয়, ফলে প্রেরণ ব্যবস্থা সংঘটিত না হওয়ার জন্যই অবসাদ আসে।

Q.13 ***Synaptic fatigue কাকে বলে? নিউরোগ্ল্যান্ডুলার এবং নিউরোরিসেপ্টর জাংশন কাকে বলে? অ্যাকশন পোটেনশিয়ালে পর্যায়ক্রমিক ঘটনাগুলি কী? অ্যাকশন পোটেনশিয়ালের বৈশিষ্ট্যগুলি উল্লেখ করো। সাইন্যাপস কথাটি কে সর্বপ্রথম ব্যবহার করেন এবং সাইন্যাপস ট্রান্সমিশনের রাসায়নিক মতবাদটি কে দেন?***

Ans. ➡ সংজ্ঞাবহ স্নায়ু-রজ্জু যদি খুব দ্রুত হারে উদ্দীপিত হয়, তাহলে পোস্ট সাইন্যাপটিক পদার্থ স্পন্দন মোক্ষণের হার প্রথমে খুব বেশি হয় কিন্তু কয়েক সেকেন্ডের মধ্যে এই হার দ্রুত হ্রাস পেতে শুরু করে, একেই Fatigue of synaptic transmission বলে।

কারণ ঃ (i) অতিউচ্চ হারে স্নায়ুসংবেদ প্রবাহ নিউরোট্রান্সমিটার নিঃশেষ করে। (ii) ট্রান্সমিটার কেমিক্যালসের সংশ্লেষণ প্রি-সাইন্যাপটিক প্রান্ত থেকে নিঃসরণের হারের সঙ্গে এঁটে উঠতে পারে না।

■ আজ্ঞাবহ নিউরোনের অ্যাক্সন এবং গ্রন্থিময় কোশের মধ্যে স্নায়ু সন্নিধিকে বলে **নিউরোগ্ল্যান্ডুলার জাংশন** এবং সংজ্ঞাবহ নিউরোনের সঙ্গে সংজ্ঞাবহ গ্রাহকের স্নায়ু সন্নিধিকে বলে **নিউরোরিসেপ্টর জাংশন**।

■ **পর্যায়ক্রমিক ঘটনাসমূহ ঃ**

(a) উদ্দীপনা পর্দায় (স্নায়ু ফাইবারের) সৃষ্টি হয় আয়নের ভেদ্যতার পরিবর্তন। ফলে নার্ভ ফাইবারের অভ্যন্তরে Na^+ আয়নের প্রবেশ ঘটে।

(b) সোডিয়াম আয়নের প্রবেশের ফলে ট্রান্সমেমব্রেন বিভব পার্থক্য হ্রাস করে।

(c) বিভব পার্থক্য হ্রাসের ফলে পর্দা K আয়নের চেয়েও Na আয়ন বেশি ভেদ্য হয়।

(d) Na আয়ন নার্ভ ফাইবারে সঞ্চিত হওয়ায় অ্যাকশন পোটেনশিয়াল পুষ্ট হয়।

(e) ক্রমান্বয়ে Na^+ আয়ন যুক্ত হওয়ায় বিভব শূন্যে পৌঁছোয় এবং তারপরে +40 – 50 মিলি ভোল্ট। উত্তেজিত পর্দায় অ্যাকশন পোটেনশিয়াল 1/1,000 সেকেন্ডের চেয়ে কম সময় স্থায়ী হয়।

(f) বিষমবর্তিত (depolarised) পর্দা Na^+ আয়নের প্রতি ভেদ্য হওয়ায় দ্রুত থেমে যায় এবং পরে পর্দা Na^+ আয়নের চেয়ে K^+ আয়নের প্রতি বেশি ভেদ্য হয় ফলে যে পরিমাণ Na^+ আয়ন প্রবেশ করে তার চেয়ে বেশি K^+ আয়ন স্নায়ু ফাইবারকে পরিত্যাগ করে।

(g) আয়ন নার্ভ ফাইবারের বাইরে সঞ্চিত হওয়ার অ্যাকশন পোটেনশিয়াল নেমে আসে।

(h) সোডিয়াম-পটাশিয়াম বিনিময় পাম্প কাজ করতে শুরু করে এবং সক্রিয়ভাবে Na^+ আয়নকে নার্ভ ফাইবারের বাইরে স্থানান্তরিত করে এবং K^+ আয়নকে ফাইবারে ফিরিয়ে আনে।

(i) আয়নগুলি পুনরায় তাদের আদি ঘনত্বকে পুনরুদ্ধার করে এবং পর্দা আদি রেস্টিং পোটেনশিয়াল অবস্থায় ফিরিয়ে আনে।

■ **অ্যাকশন পোটেনশিয়াল-এর বৈশিষ্ট্য ঃ**

1. **থ্রেসহোল্ড উদ্দীপনা ঃ** অ্যাকশন পোটেনশিয়াল সৃষ্টি করবার জন্য একটি ন্যূনতম মাত্রার উদ্দীপনা প্রয়োজন, একেই বলে থ্রেসহোল্ড উদ্দীপনা।

2. **যোগফল ঃ** যে উদ্দীপনা স্নায়ু উত্তেজনা সৃষ্টি করতে পারে না তাকে বলা হয় sub-threshold stimulus, যদি সাবথ্রেসহোল্ড উদ্দীপনা নার্ভ ফাইবারে পরপর দ্রুত প্রয়োগ করা যায়, তাহলে উত্তেজনার সৃষ্টি হয়। কয়েকটি সাব-থ্রেসহোল্ড উদ্দীপনার যৌথ প্রভাবেই সৃষ্টি হয় স্নায়ু স্পন্দন বা Nerve impulse, একেই বলে summation বা সংকলন।

3. **পূর্ণ বা ব্যর্থ নীতি ঃ** অধঃমাত্রিক উদ্দীপনার নার্ভ ইমপালস সৃষ্টি হয় না। কিন্তু উপযুক্ত মাত্রার উদ্দীপনায় সর্বাধিক অ্যাকশন পোটেনশিয়াল সৃষ্টি হয়। উদ্দীপনার মাত্রা আরও বৃদ্ধি করলেও action potential বৃদ্ধি পায় না।

■ সাইন্যাপস কথাটি সর্বপ্রথম ব্যবহার করেন ব্রিটিশ বৈজ্ঞানিক **চার্লস শেরিংটন** এবং সাইন্যাপস ট্রান্সমিশনের রাসায়নিক মতবাদটি দেন ব্রিটিশ বিজ্ঞানী **Sir Henry Hallett Dale** (1936)।

Q. 14 ***একটি মায়েলিনবিহীন স্নায়ুর মধ্য দিয়ে কীভাবে ইমপালসের সঞ্চালন ঘটে ? একটি মায়েলিনযুক্ত স্নায়ুর মধ্য দিয়ে কীভাবে ইমপালসের সঞ্চালন ঘটে ?***

Ans. ➥ **মায়েলিনবিহীন স্নায়ুর মধ্য দিয়ে ইমপালসের সঞ্চালন ঃ**

1. নার্ভ ফাইবারে উদ্দীপনা প্রয়োগ এবং উদ্দীপিত অঞ্চল একটি স্থানীয় উত্তেজনা অবস্থাপ্রাপ্ত হয়।
2. স্নায়ু পর্দায় বিভব পার্থক্যজনিত কারণে অ্যাকশন পোটেনশিয়াল সৃষ্টি হয়।
3. একটি নির্দিষ্ট দিকে পর্দার দৈর্ঘ্য বরাবর অ্যাকশন পোটেনশিয়াল স্থানান্তরিত হয়।
4. স্থানীয় বর্তনী সৃষ্টির মাধ্যমে ইমপালস পরিবাহিত হয়, ডিপোলারাইজড অঞ্চল পাশাপাশি অঞ্চলের ও ডিপোলারাইজেশন ঘটায়।
5. স্থানীয়ভাবে পর্দার বাইরে –ve এবং ভিতরে +ve চার্জের সৃষ্টি হয় ডিপোলারাইজেশনে।
6. ডিপোলারাইজড অঞ্চল রিপোলারাইজড হয় এবং পরপর পোলারাইজড অঞ্চল ডিপোলারাইজড হয়।
7. এই প্রক্রিয়া পুনঃপুনঃ সংঘটিত হওয়ার ফলে অ্যাকশন পোটেনশিয়াল ডিপোলারাইজড তরঙ্গ হিসেবে সামনের দিকে অগ্রসর হয়।

❒ **মায়েলিনযুক্ত স্নায়ুর মধ্য দিয়ে ইমপালসের সঞ্চালন ঃ**

1. এক্ষেত্রে মায়েলিন শীথ নোড অব র‍্যানভিয়ার স্থানে অনুপস্থিত।
2. মায়েলিনযুক্ত স্নায়ু ফাইবারে পরিবহণ অত্যন্ত দ্রুত গতিতে ঘটে থাকে।
3. মায়োলিন শীথ ফাইবারকে আবৃত করে রাখে এবং ডিপোলারাইজেশন প্রতিহত করে।
4. শুধুমাত্র নোড অব র‍্যানভিয়ার অঞ্চলে মায়েলিন শীথ থাকে না, এখানে আয়নিক পরিবর্তন ঘটে ফলে

ডিপোলারাইজেশন ঘটে।

5. নোড অঞ্চলে নিউরাল পর্দা পারিপার্শ্বিক তরলের সংস্পর্শে আসে।

6. এক্ষেত্রে আবেগ এবং গ্রন্থি থেকে অন্য গ্রন্থিতে প্রবাহিত হয় এবং ডি-পোলারাইজেশন ও গ্রন্থি থেকে গ্রন্থিতে হয়।

7. এ ধরনের এক গ্রন্থি বা নোড থেকে অপর গ্রন্থি বা নোড সঞ্চালনকে লাফিয়ে চলা বা saltatory conduction বলে।

Q.15 *সাইন্যাপটিক ট্রান্সমিশন ব্যবস্থার পদ্ধতি সংক্ষেপে লেখো।*

Ans. ➥ যে পদ্ধতিতে প্রি-সাইন্যাপটিক পর্দা থেকে সাইন্যাপস ভেদ করে পোস্ট-সাইন্যাপটিক পর্দায় স্নায়বিক উদ্দীপনা প্রবাহিত হয় তাকে সাইন্যাপটিক ট্রান্সমিশন বলে। Synapse-এর প্রেরণ ব্যবস্থা সম্পর্কে দুটি মতবাদ প্রচলিত—(1) তড়িৎ সম্বন্ধীয় মতবাদ, (2) রাসায়নিক মতবাদ।

1. **তড়িৎ সম্বন্ধীয় মতবাদ ঃ** যেসব সাইন্যাপসে টাইট জাংশন দেখা যায় সেক্ষেত্রে উভয় পর্দা, প্রি এবং পোস্ট সাইন্যাপটিক পর্দা খুবই ঘন সন্নিবিষ্ট থাকে। এ ধরনের সাইন্যাপসে স্নায়ু স্পন্দনপ্রবাহ তড়িৎক্ষেত্র প্রসারণের মাধ্যমে ঘটে থাকে। ফলে পোস্ট সাইন্যাপটিক পর্দায় ডিপোলারাইজেশন ঘটে ও স্নায়ু স্পন্দন প্রবাহিত হয়। এক্ষেত্রে সাইন্যাপটিক বিলম্ব খুব কম সময়ের হয়, খুব বেশি হলে 0.1 m sec.।

2. **রাসায়নিক মতবাদ ঃ**

❒ **প্রথম ধাপ ঃ** প্রি-সাইন্যাপটিক অঞ্চল থেকে প্রেরক পদার্থের নিঃসরণ ক্রিয়া বিভবের সৃষ্টি।

↓

প্রি-সাইন্যাপটিক অ্যাক্সন প্রান্তের ঝিল্লির ডিপোলারাইজেশন।

↓

প্রি-সাইন্যাপটিক প্রান্তে Ca^{++} আয়নের প্রবেশ

↓

সাইন্যাপটিক থলির সঙ্গে প্রি-সাইন্যাপটিক ঝিল্লির সংযুক্তি ও প্রেরক পদার্থের নিঃসরণ।

❒ **দ্বিতীয় ধাপ ঃ** পোস্ট-সাইন্যাপটিক পর্দার সঙ্গে প্রেরক পদার্থের মিথোষ্ক্রিয়া নিঃসৃত প্রেরক পদার্থের সাইন্যাপটিক ক্লেফ্‌ট অতিক্রম

↓

পোস্ট-সাইন্যাপটিক পর্দার নির্দিষ্ট গ্রাহকের সঙ্গে সংযুক্তি

↓

Na^+ ও K^+ আয়নের নিঃসরণ

↓

পোস্ট সাইন্যাপটিক পর্দা বা ঝিল্লির ডিপোলারাইজেশন ও এক্সসাইটেটরি পোস্ট সাইন্যাপটিক পোটেনশিয়ালের উৎপত্তি।

↓

ক্রিয়া-বিভাবের (Action potential) সূত্রপাত।

1. **প্রেরক পদার্থর নিঃসরণ ঃ** অ্যাক্সন বেয়ে উদ্দীপনা সাইন্যাপটিক নবে পৌঁছোলে প্রি-সাইন্যাপটিক পর্দার ভেদ্যতা পরিবর্তিত হয়, ফলে Na^+ ও Ca^{++} সাইন্যাপটিক প্রবেশ করে এবং Ca^{++} আয়নের প্রভাবে synaptic knob থেকে ট্রান্সমিটার কেমিক্যাল বা প্রেরক পদার্থ নিঃসৃত হয়।

2. **ট্রান্সমিটার কেমিক্যালসের ব্যাপন ঃ** ট্রান্সমিটার কেমিক্যাল (বেশির ভাগ ক্ষেত্রে অ্যাসিটাইল কোলিন) সাইন্যাপটিক ক্লেফটে আসে এবং এই ক্লেফট অতিক্রম করে পোস্ট সাইন্যাপটিক পর্দার গ্রাহক স্থানের সংস্পর্শে আসে।