

PROPAGATION OF **NERVE IMPULSE**

ZOOLOGY GENERAL

(Paper G-CC-T-04)

FOURTH SEMESTER

Submitted by- SANGITA
BASAK

DEPARTMENT OF ZOOLOGY

KRISHNATH COLLEGE,
BERHAMPORE

6.2 স্নায়ু আবেগ (Nerve Impulse)

কোনো স্নায়ু বা নার্ভ যান্ত্রিক, রাসায়নিক অথবা বৈদ্যুতিক পরিবর্তনের দ্বারা যথার্থভাবে (adequately) উদ্দীপিত হলে (stimulated) তার মধ্যে বিভব প্রভেদের (potential difference) পরিবর্তন ঘটে, বিশ্রামকালীন বিভব (resting potential) ক্রিয়া বিভবে (action potential) রূপান্তরিত হয়, ক্রিয়া বিভব উৎপত্তিস্থলের দু-দিকেই ছড়িয়ে পড়ে, উদ্দীপনা প্রবাহিত হয়। তখন এই ঘটনাকে স্নায়ু আবেগ বলে।

■ **বিশ্রামকালীন বিভব (Resting Potential) :** একটি বিশ্রামরত কোশে-প্লাজমা পর্দার বাইরে বেশি মাত্রায় ধনাত্মক আয়ন বা ক্যাটায়ন (cations) থাকে এবং কোশের ভিতরের দিকে বেশি মাত্রায় ঋণাত্মক আয়ন বা অ্যানায়ন (anions) থাকে। এই অবস্থায় বিভব প্রভেদের পরিবর্তন হয়। এই ঘটনাকে বিশ্রামকালীন বিভব বলে। এর মান সাধারণত -90 mv । এই বিশ্রামকালীন বিভব প্রভেদের জন্য অনেক প্রভাবক দায়ী, তার দুটি খুবই গুরুত্বপূর্ণ। প্রথমটি হল কোশের প্লাজমা পর্দার পছন্দমূলক ভেদ্যতা (Selective permeability) এবং দ্বিতীয়টি হল সোডিয়াম পটাশিয়াম পাম্প ($\text{Na}^+ - \text{K}^+$ pump)।

□ **পছন্দমূলক ভেদ্যতা :** পছন্দমূলক ভেদ্য হওয়ার জন্য প্লাজমা পর্দায় অবস্থিত ছিদ্রগুলি K^+ আয়নকে স্বাধীনভাবে চলাচল করতে দেয়। কিন্তু Na^+ আয়নের ভেদ্যতা অনেক কম। কোশের ভিতরে প্রচুর পরিমাণে K^+ আয়ন থাকে। এই K^+ আয়ন প্রোটিন (Pr^-) আয়ন এবং ফসফেট (Po^{3-}_4) আয়নের সঙ্গে যুক্ত থাকে। প্লাজমা পর্দা প্রোটিন এবং ফসফেট আয়নের প্রতি ভেদ্যতা দেখায় না, অর্থাৎ এদের কাজে প্লাজমা পর্দা অভেদ্য। কোশের প্লাজমা পর্দার বাইরে প্রচুর পরিমাণে Na^+ আয়ন থাকে। এই Na^+ আয়ন Cl^- আয়নের সঙ্গে যুক্ত থাকে। প্লাজমা পর্দা Cl^- আয়নের প্রতি ভেদ্য।



প্রথম চিত্র

দ্বিতীয় চিত্র

প্রথম চিত্রে প্লাজমা পর্দার আয়নের পরিমাণের পরিবর্তনের আগের অবস্থা দেখানো হয়েছে। বাইরে Na^+ এবং Cl^- আয়ন এবং ভিতরে K^+ এবং Pr^- আয়ন দেখা যাচ্ছে। প্লাজমা পর্দা K^+ এবং Cl^- -এর প্রতি সম্পূর্ণভাবে ভেদ্য এবং Na^+ -এর প্রতি সামান্য ভেদ্য। কিন্তু Pr^- -এর কাছে অভেদ্য। ঘনত্বের পরিবর্তন থাকার জন্য কিছু K^+ ভিতর থেকে বাইরে চলে আসে কিন্তু Pr^- আয়ন তার সঙ্গে আসতে পারে না। এর ফলে প্লাজমা পর্দার ভিতর দিক ঋণাত্মক আধান

যুক্ত (negatively charged)। বাইরে ক্যাটায়ন বেশি থাকায় বাইরের দিক ধনাত্মক আধানযুক্ত (positively charged)। সুতরাং পর্দার বিভব (membrane potential) প্লাজমা পর্দার স্তরের ঘটনা। সুতরাং, বিশ্রামকালীন বিভব বা বিশ্রামকালীন পর্দার বিভব (resting membrane potential) প্রধানত K^+ আয়নের ঘনত্বের প্রভেদের জন্য দায়ী।

□ **সোডিয়াম পটাশিয়াম পাম্প :** একে $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ পাম্পও বলা হয়। কোশের বিশ্রামকালীন অবস্থায় কিছু Na^+ আয়ন কোশের ভিতরে প্রবেশ করতে পারে এবং কিছু K^+ আয়ন বেরিয়ে যেতে পারে। ক্রিয়া বিভব উৎপন্ন হলে প্রচুর পরিমাণে Na^+ আয়ন কোশে প্রবেশ করে এবং K^+ আয়নও বাইরে বেরিয়ে যায়। এর ফলে বিশ্রামকালীন বিভব প্রভেদের পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ Na^+ এবং K^+ আয়নকে যথাক্রমে বাইরে বের করে না দিলে এবং ভিতরে না আনলে বিভব প্রভেদ আগের অবস্থায় আসবে না। সুতরাং এখানে $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ পাম্প বিশ্রামকালীন বিভব প্রভেদ ফিরিয়ে নিয়ে আসে। $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATPase}$ একটি উৎসেচক এবং প্লাজমা পর্দার অভ্যন্তরীণ প্রোটিন (integral protein)। প্রত্যেক কোশের প্লাজমা পর্দায় এই উৎসেচকটি অবস্থিত। এই উৎসেচকটি তিনটি Na^+ আয়নকে কোশ থেকে বের করে দেয় এবং দুটি K^+ আয়নকে কোশে টেনে আনে। এর ফলে কোশের ভিতরে ঋণাত্মক অবস্থা এবং কোশের বাইরে ধনাত্মক অবস্থা ফিরে আসে। এই ঘটনাকে অ্যান্টিপোর্ট (antiport) বলে। এই উৎসেচকটি কাজ করার সময় ATP ভেঙে ADP-তে পরিণত হয় এবং শক্তি জোগায়।

6.3 স্নায়ু উদ্দীপনা পরিবহণ (Propagation of Nerve Impulse)

যান্ত্রিক, রাসায়নিক বা বৈদ্যুতিক পরিবর্তনের দ্বারা স্নায়ু উদ্দীপিত হয়। এই উদ্দীপনা উৎপত্তি স্থল থেকে দুদিকেই ছড়িয়ে পড়ে। এই ঘটনাকেই স্নায়ু উদ্দীপনা পরিবহণ বলে। মায়োলিন আবরণবিহীন এবং মায়োলিন আবরণযুক্ত স্নায়ুতে উদ্দীপনা পরিবহণ একই পদ্ধতিতে সম্পন্ন হয়। কিন্তু উভয়ের মধ্যে কিছু পার্থক্য আছে। মায়োলিন আবরণযুক্ত স্নায়ুর মধ্য দিয়ে উদ্দীপনা এক র্যানভিয়ারের পর্ব থেকে পাশের র্যানভিয়ারের পর্বে লাফিয়ে লাফিয়ে যায়। এই প্রকার উদ্দীপনা পরিবহণকে সলটেটরি কনডাকশন (Saltatory conduction) বা নৃত্যগ পরিবহণ বলে। মায়োলিন আবরণযুক্ত স্নায়ুতে উদ্দীপনা খুব দ্রুত পরিবাহিত হয়। গতিবেগ মায়োলিন আবরণবিহীন স্নায়ুর চেয়ে পাঁচ থেকে পঞ্চাশ গুণ বেশি। মায়োলিন আবরণবিহীন স্নায়ুতে উদ্দীপনা পরিবহণকে লোকাল সার্কিট থিয়োরি (Local circuit theory) বলে।

■ **ক্রিয়া বিভব (Action Potential) :** যথার্থ উদ্দীপনা পেলে একটি স্নায়ুতন্তুতে ক্রিয়া বিভব উৎপন্ন হয়। এই ক্রিয়া বিভব দু-পাশেই ছড়িয়ে পড়ে। একেবারে প্রান্তভাগ পর্যন্ত পৌঁছে যায়। সুতরাং স্নায়ু আবেগ ক্রিয়া বিভবের মাধ্যমেই পরিবাহিত হয়। প্রত্যেকটি ক্রিয়া বিভবের পরিবর্তন হঠাৎ আরম্ভ হয় সাধারণ বিশ্রামকালীন ঋণাত্মক বিভব থেকে ধনাত্মক পর্দার বিভবের মাধ্যমে। এরপরেই আবার হঠাৎ পূর্বাবস্থায় ফিরে যায়, অর্থাৎ ঋণাত্মক বিশ্রামকালীন বিভবে ফিরে যায়। স্নায়ু উদ্দীপনা পরিবহণের সময় স্নায়ুতন্তুর মধ্য দিয়ে ক্রিয়া বিভব প্রসারিত হতে থাকে যতক্ষণ না এই ক্রিয়া বিভব স্নায়ুর দু-প্রান্তে ছড়িয়ে পড়ে। কোনো কারণে অ্যাক্সনের পর্দার ভেদ্যতা Na^+ আয়নের প্রতি বেড়ে যায়। ফলে ধনাত্মক Na^+ আয়ন স্নায়ুতন্তুর ভিতরে ছিদ্রপথে প্রবেশ করে। এর ফলে স্নায়ুতন্তুর ভিতরের দিক ঋণাত্মক থেকে ধনাত্মক হয়ে যায়। ক্রিয়া বিভব শুরু হয়। ক্রিয়া বিভব দু-প্রকার ঘটনার মাধ্যমে সম্পন্ন হয়—

- (i) ডিপোলারাইজেশন (Depolarization) : প্রথমদিকে পর্দার বিভব ধনাত্মক হয়ে যাওয়ার ঘটনাকে ডিপোলারাইজেশন বলে।
- (ii) রিপোলারাইজেশন (Repolarization) : আবার আগের অবস্থায় ফিরে যাওয়া অর্থাৎ আবার ঋণাত্মক হয়ে যাওয়ার ঘটনাকে রিপোলারাইজেশন বলে।

■ **স্নায়ু উদ্দীপনা পরিবহণ পদ্ধতি (Process of the Transmission of Nerve Impulse) :** স্নায়ু উদ্দীপনা পরিবহণ দু-প্রকার সংঘটিত হয়—(i) মায়োলিনবিহীন স্নায়ুতন্তুতে যাকে লোকাল সার্কিট থিয়োরি বলে এবং (ii) মায়োলিনযুক্ত স্নায়ুতন্তুতে যাকে সলটেটরি কনডাকশন বলে।

(i) মায়োলিনবিহীন তন্তুতে লোকাল সার্কিট থিওরি : বিশ্রামকালীন অবস্থায় স্নায়ুতন্তুর ভিতরে ঋণাত্মক এবং বাইরে ধনাত্মক থাকে। কোনো একটি বিন্দুতে স্নায়ুতন্তু উদ্দীপিত হলে সেই স্থানটি Na^+ আয়নের প্রতি ভেদ্য হয়ে যায়। Na^+ আয়ন সহজেই সে স্থান দিয়ে স্নায়ুতন্তুর ভিতরে প্রবেশ করতে পারে। কারণ ভিতরের চেয়ে বাইরে Na^+ -এর ঘনত্ব দশ গুণ বেশি। ফলে স্নায়ুতন্তুর প্লাজমা পর্দা হঠাৎ ভিতরে ধনাত্মক এবং বাইরে ঋণাত্মক হয়ে যায়। বিশ্রামকালীন বিভবের বিপরীত অর্থাৎ ঋণাত্মক পর্দার বিভব নষ্ট হয়ে যাওয়ায় ওভারশুট পোটেনসিয়াল (Overshoot potential) বলে। এই উলটো বিভব প্রভেদ হয়ে যাওয়ায় ডিপোলারাইজেশনও বলা হয়।

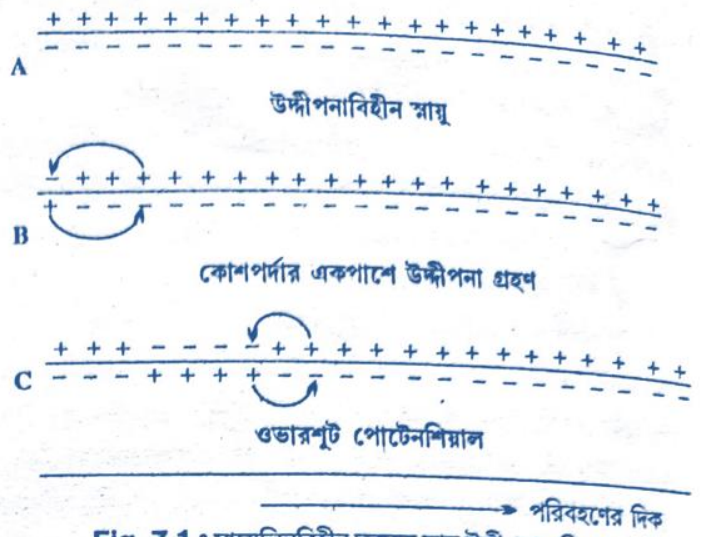


Fig. 7.1 : মায়োলিনবিহীন তন্তুতে স্নায়ু উদ্দীপনা পরিবহণ (লোকাল সার্কিট থিওরি)

a) ডিপোলারাইজেশন তরঙ্গ সৃষ্টি (Formation of depolarization wave) : ডিপোলারাইজেশন ঘটান স্থানটি দুদিকেই প্রসারিত হতে থাকে। ভেদ্যতাও দুদিকে বাড়তে থাকে। এর কারণ বৈদ্যুতিক প্রবাহ পার্শ্ববর্তী স্থানগুলিতে প্রবাহিত হতে থাকে। ফলে পার্শ্ববর্তী স্থানগুলিরও ভেদ্যতা বেড়ে যায় (Na^+ আয়নের প্রতি)। সুতরাং Na^+ আয়ন এই নতুন স্থানগুলি দিয়ে ভিতরে প্রবেশ করতে থাকে। বৈদ্যুতিক প্রবাহও ছড়িয়ে পড়তে থাকে। প্রথম উৎপত্তিস্থল থেকে ডিপোলারাইজেশন তরঙ্গ দুদিকেই ছড়িয়ে পড়তে দেখা যায়। এই ডিপোলারাইজেশন তরঙ্গকে স্নায়ু আবেগ (nerve impulse) বলে। স্নায়ু তন্তুর যে-কোনো স্থানের একটি বিন্দু থেকে ডিপোলারাইজেশন দু-প্রান্ত পর্যন্ত গমন করে। একটি স্নায়ুতন্তু আবেগকে কোশের দিকে অথবা কোষ থেকে বিপরীত দিকে চালিত করে।

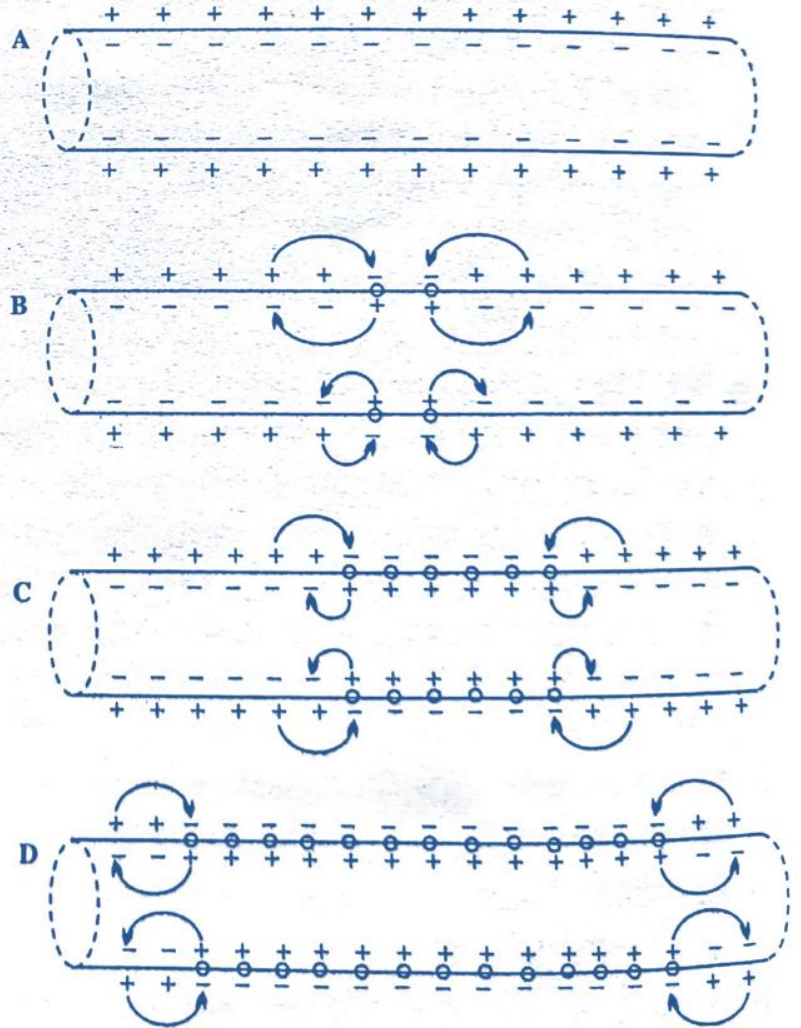


Fig. 7.2 : ডিপোলারাইজেশন তরঙ্গের পরিবহণ (স্নায়ু উদ্দীপনা পরিবহণের প্রাথমিক ধাপ)

b) রিপোলারাইজেশন তরঙ্গ সৃষ্টি (Formation of repolarization wave) : ডিপোলারাইজেশন তরঙ্গ প্রতিক্রম করার সময় স্নায়ুতন্তুর

ভিতরদিক ধনাত্মক হয়ে যায়, কারণ প্রচুর পরিমাণে Na^+ আয়ন ভিতরে প্রবেশ করে। এই ঘটনাটি বন্ধ হয়ে যায়। ডিপোলারাইজেশন তরঙ্গ অতিক্রম করে গেলে স্নায়ুতন্তুর প্লাজমা পর্দার Na^+ ভেদ্যতা বন্ধ হয়ে যায়। কিন্তু K^+ আয়ন ভেদ্যতা থেকে যায়। ফলে ভিতরে প্রচুর পরিমাণে K^+ আয়ন থাকার জন্য K^+ আয়ন পর্দা ভেদ করে বাইরে বেরিয়ে আসে এবং ধনাত্মক আধান নিয়ে বেরিয়ে আসে। এর ফলে বাইরে ধনাত্মক এবং ভিতরে ঋণাত্মক হয়ে যায়। এই ঘটনাকে রিপোলারাইজেশন বলে। কারণ রিপোলারাইজেশন পর্দার পূর্বাবস্থা ফিরিয়ে নিয়ে আসে। যেখান থেকে ডিপোলারাইজেশনের উৎপত্তি হয়ে ছিল সেই বিন্দু থেকেই রিপোলারাইজেশন শুরু হয়। রিপোলারাইজেশন তরঙ্গ স্নায়ুতন্তু দিয়ে ছড়িয়ে পড়ে। এক সেকেন্ডের দশ হাজার ভাগের কয়েক ভাগের সময়ের মধ্যেই সম্পন্ন হয়।

- ৫) নিঃসাড়কাল (Refractory period) : একটি স্নায়ু আবেগ প্রবাহিত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই আর একটি স্নায়ুআবেগ প্রবাহিত হতে পারে না। যতক্ষণ না স্নায়ুর পর্দা রিপোলারাইজড হয়। এই অবস্থাকে নিঃসাড়কালীন দশা (refractory state) এবং সময়কে নিঃসাড়কাল বলে। বড়ো স্নায়ুর ক্ষেত্রে নিঃসাড়কাল প্রায় $\frac{1}{2500}$ সেকেন্ড এবং ছোটো স্নায়ুর ক্ষেত্রে $\frac{1}{250}$ সেকেন্ড।

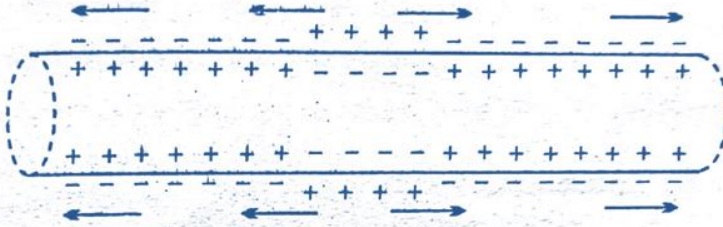


Fig. 7.3 : রিপোলারাইজেশন পশ্চতি (স্নায়ু উদ্দীপনা পরিবহণের শেষ ধাপ)

- (ii) মায়োলিনযুক্ত তন্তুতে সলটেটরি কনডাকশন : বড়ো মায়োলিনযুক্ত (মেডুলেটেড) স্নায়ুগুলি খুব তাড়াতাড়ি উদ্দীপনা বহন করে।

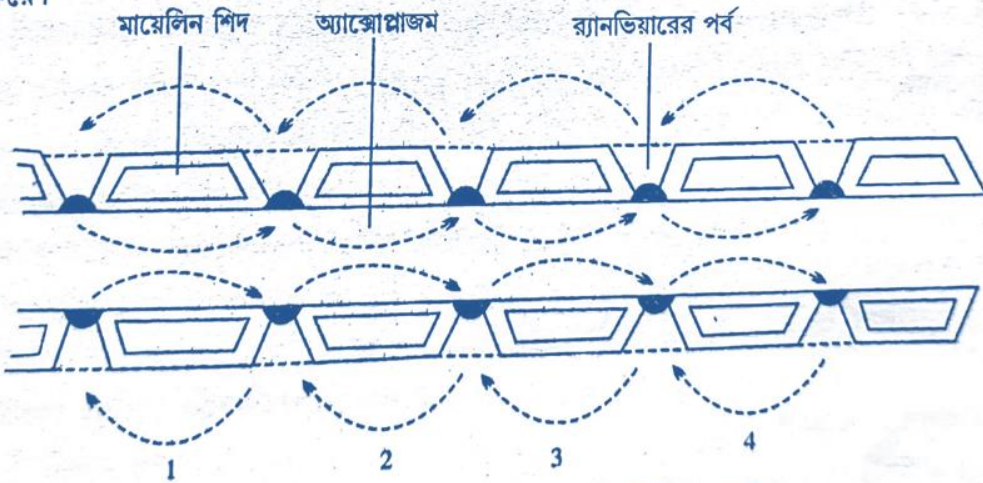


Fig. 7.4 : মায়োলিনযুক্ত তন্তুতে সলটেটরি কনডাকশন

- ৬) মায়োলিন শিদের গুরুত্ব : স্বেয়ান কোশ (Schwann cell) মায়োলিন শিড প্রস্তুত করে। স্বেয়ান কোশ প্রথমে অ্যাক্সনের সঙ্গে যুক্ত হয়। স্বেয়ান কোশের প্লাজমা পর্দা অ্যাক্সনের উপর পেঁচিয়ে মোড়ক প্রস্তুত করে। কখনো কখনো প্লাজমা পর্দার 20 থেকে 30টি স্তর পেঁচানো থাকে। এই প্লাজমা পর্দার লিপিড জাতীয় পদার্থ মায়োলিন থাকে। সেজন্য অ্যাক্সনের উপরে এই অপরিবাহী পর্দাকে মায়োলিন শিড (myelin sheath) বলে। মায়োলিন, লিপিড জাতীয় পদার্থ হওয়ার কারণে আয়ন পরিবহণ করে না। সেজন্য অ্যাক্সনের উপর মায়োলিন আবরণ বিদ্যুতের অপরিবাহী রূপে কাজ করে।

- ৭) র্যানডিয়ানের পর্ব : প্রতিটি স্বেয়ান কোশ দ্বারা প্রস্তুত মায়োলিন শিড লম্বায় 1mm হয়। 1mm বাদে আর একটি স্বেয়ান কোশ অ্যাক্সনের উপর মায়োলিন শিড গঠন করে। দুটি স্বেয়ান কোশের মাঝখানে অর্থাৎ দুটি মায়োলিন শিদের

মাঝখানে কোনো আবরণ থাকে না। এই স্থানটিকে র্যানভিয়ারের পর্ব বলে। দুটি স্ফোন কোশের মাঝে র্যানভিয়ারের পর্বে খুবই পাতলা বহিঃকোশীয় তরল থাকে। এই স্থান দিয়ে অর্থাৎ র্যানভিয়ারের পর্ব দিয়ে অল্প পরিমাণে আয়ন প্রবাহিত হতে পারে। সুতরাং, মায়োলিনযুক্ত স্নায়ুতে উদ্দীপনা পরিবহণে র্যানভিয়ারের পর্ব খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

- ৩) পরিবহণ পদ্ধতি : মায়োলিনযুক্ত স্নায়ুতন্তুতে মায়োলিন শিদ 1mm বাদে বাদে র্যানভিয়ারের পর্ব দ্বারা বিচ্ছিন্ন থাকে। র্যানভিয়ারের পর্বে পর্দার ডিপোলারাইজেশন ঘটে। কিন্তু মায়োলিন শিদ অপরিবাহী হওয়ার জন্য শিদের মধ্য দিয়ে ডিপোলারাইজেশন ঘটে না। মায়োলিন শিদ যুক্ত স্নায়ুতন্তুতে উদ্দীপনা লাফিয়ে লাফিয়ে যায়, তাই একে সলটেটরি কনডাকশন বলে। প্রথম র্যানভিয়ারের পর্বে ডিপোলারাইজেশন হওয়ার পর মায়োলিন শিদের উপর দিয়ে পরের র্যানভিয়ারের পর্বে ডিপোলারাইজেশন তরঙ্গ পৌঁছে যায় এবং এর সঙ্গে অ্যাক্সনের ভিতর দিয়েও পরবর্তী র্যানভিয়ারের পর্বে ডিপোলারাইজেশন ঘটে। এইভাবে পরের র্যানভিয়ারের পর্বে বৈদ্যুতিক তরঙ্গ পৌঁছে যায়। এইভাবে স্নায়ু উদ্দীপনা লাফিয়ে লাফিয়ে চলে। এক র্যানভিয়ারের পর্ব থেকে অপর র্যানভিয়ারের পর্বে।
- ৪) পরিবহণের দ্রুততা : যদি স্নায়ু বড়ো হয় আর মায়োলিন শিদ পুরু হয় তবে সেই স্নায়ু খুব দ্রুত উদ্দীপনা পরিবহণ করতে পারে। খুব বড়ো স্নায়ু প্রতি সেকেন্ডে 100m গতিতে উদ্দীপনা বাহিত করে আর খুব ছোটো স্নায়ু প্রতি সেকেন্ডে 0.5m গতিতে উদ্দীপনা পরিবহণ করে। এই দু-প্রকারের মাঝামাঝি প্রকারের নার্ভ পাওয়া যায়। সুতরাং তাদের মধ্য দিয়ে বিভিন্ন গতিতে উদ্দীপনা পরিবাহিত হয়।