

क्रमिक विभव का संप्रत्यय : तंत्रिका आवेग का उद्भव

(Concept of Graded Potentials and Origin of Nerve Impulse) – सरल व्याख्या

न्यूरॉन (Neuron) में दो मुख्य भाग होते हैं — **शाखिकाएँ (Dendrites)** और **एक्सान (Axon)**। दोनों में विद्युत गतिविधियाँ (electrical activities) होती हैं, लेकिन दोनों की प्रकृति अलग होती है।

हम पहले जानते हैं कि एक्सान में **क्रिया विभव (Action Potential)** उत्पन्न होता है, जो “सब या कुछ नहीं” (All-or-None) नियम का पालन करता है।

लेकिन शाखिकाओं में जो विभव उत्पन्न होता है, उसे **क्रमिक विभव (Graded Potential)** कहा जाता है।

शाखिका में क्या होता है?

न्यूरोशरीर संरचनाविज्ञानियों (Neuroanatomists) के अनुसार:

- शाखिका में भी झिल्ली (membrane) होती है।
- इसमें भी एक्सान की तरह **विश्राम विभव (Resting Potential)** पाया जाता है।
- जब शाखिका को उत्तेजित (stimulate) किया जाता है, तो इसके विभव (voltage) में परिवर्तन होता है।

लेकिन यहाँ एक महत्वपूर्ण अंतर है:

- शाखिका में **क्रिया विभव (Action Potential)** उत्पन्न नहीं होता।
- यहाँ केवल **क्रमिक विभव (Graded Potential)** उत्पन्न होता है।

क्रमिक विभव (Graded Potential) क्या है?

जब शाखिका को उत्तेजित किया जाता है, तो:

- उत्तेजना की तीव्रता (intensity) के अनुसार
- झिल्ली के वोल्टेज (voltage) में परिवर्तन होता है।

यदि उत्तेजना अधिक है → विभव परिवर्तन अधिक होगा।

यदि उत्तेजना कम है → विभव परिवर्तन कम होगा।

इसी कारण इसे “क्रमिक” (graded) कहा जाता है —
क्योंकि इसका आकार (magnitude) उत्तेजना की तीव्रता पर निर्भर करता है।

क्रमिक विभव की विशेषताएँ

1. यह उत्तेजना बिंदु से फैलता है।
2. जैसे-जैसे दूरी बढ़ती है, इसकी शक्ति कम होती जाती है।
3. यह “All-or-None” नियम का पालन नहीं करता।
4. यह या तो:
 - निष्ध्रुवण (Depolarization) – वोल्टेज में कमी
 - अतिध्रुवण (Hyperpolarization) – वोल्टेज में वृद्धि के रूप में हो सकता है।

निष्ध्रुवण और अतिध्रुवण

1. निष्ध्रुवण (Depolarization)

जब झिल्ली का विभव कम नकारात्मक (less negative) हो जाता है, तो इसे निष्ध्रुवण कहते हैं। यह कोशिका को उत्तेजित होने की दिशा में ले जाता है।

2. अतिध्रुवण (Hyperpolarization)

जब झिल्ली का विभव और अधिक नकारात्मक हो जाता है, तो इसे अतिध्रुवण कहते हैं। यह कोशिका को उत्तेजित होने से दूर ले जाता है।

क्रमिक विभव के दो महत्वपूर्ण नियम

चूँकि शाखिकाएँ क्रमिक विभव के रूप में प्रतिक्रिया करती हैं, इसलिए दो मुख्य नियम महत्वपूर्ण हैं:

(1) स्थानिक योग का नियम (Spatial Summation)

यदि शाखिका को दो या अधिक पास-पास स्थित बिंदुओं पर एक साथ उत्तेजित किया जाए, तो:

- उन बिंदुओं पर उत्पन्न क्रमिक विभव आपस में जुड़ जाते हैं।
- यदि दोनों उद्दीपक समान (identical) हों, तो संयुक्त विभव अधिक शक्तिशाली होगा।

तीन स्थितियाँ:

(i) बहुत पास स्थित उत्तेजना

दोनों विभव मिलकर अधिक शक्तिशाली हो जाते हैं।

(ii) बहुत दूर स्थित उत्तेजना

दोनों विभव एक-दूसरे तक पहुँचने से पहले कमजोर हो जाते हैं।
इसलिए वे जुड़ नहीं पाते।

(iii) मध्यम दूरी

दोनों विभव कुछ हद तक जुड़ते हैं, लेकिन शक्ति कम होती है।

(2) सामयिक योग का नियम (Temporal Summation)

जब एक ही बिंदु पर बहुत कम समयांतराल में बार-बार उत्तेजना दी जाती है, तो:

- प्रत्येक उत्तेजना से उत्पन्न विभव पूरी तरह समाप्त होने से पहले अगली उत्तेजना आ जाती है।
- इस प्रकार विभव एक-दूसरे पर जुड़ते जाते हैं।
- परिणामस्वरूप कुल विभव की मात्रा बढ़ जाती है।

तंत्रिका आवेग (Nerve Impulse) का उद्भव

अब मुख्य प्रश्न:

क्रमिक विभव से क्रिया विभव कैसे उत्पन्न होता है?

जब शाखिकाओं में उत्पन्न क्रमिक विभव:

- एक्सान टीला (Axon Hillock) तक पहुँचते हैं,
- और वहाँ झिल्ली विभव को एक निश्चित दहलीज (threshold) स्तर तक निष्पृवीकृत कर देते हैं (लगभग -50mV के आसपास),

तो एक्सान में क्रिया विभव (Action Potential) उत्पन्न हो जाता है।

लेकिन यदि:

- क्रमिक विभव पर्याप्त नहीं हैं,
- और दहलीज स्तर तक नहीं पहुँचते,

तो कोशिका उत्तेजित नहीं होगी।