

## ক্রসিং ওভার, মাইটোসিস ও মিয়োসিসের গুরুত্ব এবং পার্থক্য

### ক্রসিং ওভার

**সংজ্ঞা:** মিয়োসিস কোষ বিভাজনের প্রাফেজ-১ দশার প্যাকাইটিন উপদশায় হোমোলোগাস ক্রোমোজোমের ননসিস্টার ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটার প্রক্রিয়াকে ক্রসিং ওভার (crossing over) বলে।

**ফলাফল:** প্যাকাইটিন উপদশায় হোমোলোগাস ক্রোমোজোম এর বাইভ্যালেন্টের ক্রোমোজোম গুলো ক্রোমাটিডে বিভক্ত হয়ে টেট্রাড গঠন করে। অতঃপর টেট্রাডের ননসিস্টার ক্রোমাটিড-এর মধ্যে কায়াজমা সৃষ্টির মাধ্যমে অংশ বিনিময় হয়। এই প্রক্রিয়ায় অপত্য ক্রোমোজোমে জিন (gene)-এর পুনর্বিন্যাস ঘটে।

**আবিষ্কারক:** Thomas H. Morgan, (১৮৬৬-১৯৪৫) ১৯০৯ সালে ভুট্টা উডিদে প্রথম ক্রসিং ওভার সম্পর্কে ধারণা দেন।

### ক্রসিং ওভারের কৌশল:

১. প্রথমে হোমোলোগাস ক্রোমোজোমগুলো পরস্পর আকর্ষণের ফলে দৈর্ঘ্য বরাবর সমান্তরালে জোড় বাঁধে। এই জোড় বাঁধার প্রক্রিয়া **সিন্যাপসিস** নামে পরিচিত। এমন প্রতিজোড়া ক্রোমোজোমকে একত্রে **বাইভ্যালেন্ট** বলে।

২. প্রতিটি ক্রোমোজোম সেন্ট্রেমিয়ার ব্যতীত লম্বালম্বিভাবে বিভক্ত হয়ে ২টি সিস্টার ক্রোমাটিড গঠন করে। ফলে প্রতিটি বাইভ্যালেন্ট এ চারটি ক্রোমাটিড থাকে এ অবস্থাকে টেট্রাড বলে।

৩. নন-সিস্টার ক্রোমাটিড দুটি একই স্থান বরাবর এনজাইমের সহায়তায় ভেঙে যায় এবং পরে একটির সাথে অপরটির অন্য অংশ পুনরায় জোড়া লাগে। ফলে 'X'-এর ন্যায় গঠন সৃষ্টি করে যাকে কায়াজমা বলে। আর ক্রোমাটিডের অংশের (জিন) বিনিময় প্রক্রিয়াই ক্রসিং ওভার।

৪. ক্রসিং ওভার সম্পন্ন হবার পর কায়াজমাগুলো ক্রমশ ক্রোমোজোমের প্রান্তের দিকে সরে যেতে থাকে। কায়াজমার এমন চলন হলো প্রাস্তীয়করণ বা **terminalization**।

ক্রসিং ওভারের ফলে ক্রোমাটিডের মধ্যে অংশের বিনিময় ঘটে, সাথে সাথে জিনের বিনিময় ঘটে কিন্তু জিনের গাঠনিক পরিবর্তন হয় না। জিনের বিনিময়ের ফলে জীবের পরবর্তী বংশধরে চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটে।

### ক্রসিং ওভার-এর গুরুত্ব:

১. ক্রসিং ওভার-এর ফলে ক্রোমাটিড-এর অংশ বিনিময় হয় অর্থাৎ জীনের পুনর্বিন্যাস ঘটে, জিনের গাঠনিক পরিবর্তন ঘটে না।

২. এর ফলে জীবের মধ্যে জেনেটিক ভ্যারিয়েশন-এর উৎপত্তি ঘটে।

৩. ক্রসিং ওভার-এর শতকরা হার নিরূপণের দ্বারা ক্রোমোজোম ম্যাপ প্রস্তুত করা সম্ভব।

৪. ক্রসিং ওভার-এর ফলে নতুন প্রজাতির উত্তর ঘটে।

৫. কৃত্রিম উপায়ে ক্রসিং ওভার ঘটিয়ে বংশগতিতে পরিবর্তন আনা সম্ভব। কাজেই প্রজননবিদ্যাতে ক্রসিংওভারের যথেষ্ট ভূমিকা বিদ্যমান।

**নেট: ক্রোমোজোম ম্যাপ:** ক্রোমোজোম ম্যাপ হল একটি ক্রোমোজোমের উপর জিনের আপেক্ষিক অবস্থান নির্দেশকারী একটি নকশা। এটি জেনেটিক ম্যাপিং বা লিংকেজ ম্যাপিং নামেও পরিচিত এবং ক্রোমোজোমের মধ্যে জিনের ক্রম নির্ধারণের জন্য ক্রসওভারের ফ্রিকোয়েন্সি বিশ্লেষণ করে তৈরি করা হয়।

### মাইটোসিস ও মিয়োসিস এর মধ্যে পার্থক্য

মাইটোসিস	মিয়োসিস
১। একটি কোষ বিভাজিত হয়ে দুটি অপত্য কোষ সৃষ্টি করে।	১। একটি কোষ বিভাজিত হয়ে ৪টি অপত্য কোষ সৃষ্টি করে।
২। প্রতিটি অপত্য কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাত্রকোষের সমান থাকে।	২। প্রতিটি অপত্য কোষে ক্রোমোজোম সংখ্যা মাত্রকোষের অর্ধেক থাকে।
৩। সাধারণত দেহকোষে সংঘটিত হয়। তবে জনন কোষের সংখ্যা বৃদ্ধির জন্য জনন মাত্র কোষেও মাইটোসিস হতে পারে।	৩। উচ্চ শ্রেণির জীবে নিষেকের পূর্বে জনন মাত্রকোষে এবং নিম্ন শ্রেণির জীবে নিষেকের পরে জাইগোটে মিয়োসিস ঘটে।
৪। নিউক্লিয়াস এবং ক্রোমোজোম একবার বিভক্ত হয়।	৪। নিউক্লিয়াস দুবার এবং ক্রোমোজোম একবার বিভক্ত হয়।
৫। একে সমীকরণিক কোষ বিভাজন বলা হয়।	৫। একে হ্রাসমূলক কোষ বিভাজন বলা হয়।
৬। এখানে কায়াজমা সৃষ্টি এবং ক্রসিং ওভার ঘটে না।	৬। এখানে কায়াজমা সৃষ্টি হয় এবং ক্রসিং ওভার ঘটে।
৭। বিবর্তনে মাইটোসিসের কোন সম্পর্ক নেই।	৭। ক্রসিংওভারের ফলে নতুন বৈশিষ্ট্যের আগমন ঘটে, যা বিবর্তনের পথকে সুগম করে।
৮। মাইটোসিসে সিন্যাপসিস ঘটে না, ফলে বাইভ্যালেন্ট সৃষ্টি হয় না।	৮। মিয়োসিসে সিন্যাপসিস ঘটে, ফলে মোট ক্রোমোজোমের অর্ধেক সংখ্যক বাইভ্যালেন্ট সৃষ্টি হয়।
৯। প্রোফেজ দশা সংক্ষিপ্ত এবং একে আর কোন উপদশায় বিভক্ত করা হয় না।	৯। প্রোফেজ দশা দীর্ঘস্থায়ী এবং একে ৫টি উপদশা বিভক্ত করা হয়।

## মাইটোসিসের গুরুত্ব/ভাংপর্য/প্রয়োজনীয়তা :

১. দৈহিক বৃদ্ধি: বহুকোষী জীবের দৈহিক বৃদ্ধি ঘটে (ভূগ বার বার মাইটোসিস পদ্ধতিতে বিভাজিত হয়ে পূর্ণাঙ্গ জীবে পরিণত হয় )
২. অঙ্গ প্রজনন: মাইটোসিসের ফলে অঙ্গ প্রজনন সাধিত হয়।
৩. ক্ষতস্থান পূরণ: ক্ষতস্থানে নতুন কোষ সৃষ্টির মাধ্যমে ক্ষতস্থান পূরণ হয়।
৪. ক্রমাগত ক্ষয় পূরণ: জীব কোষে কিছু কিছু কোষ আছে যাদের আয়ুকাল নির্দিষ্ট (যেমন- লোহিত রক্ত কণিকা ১২০ দিন বাঁচে)। এসব কোষ বিনষ্ট হলে মাইটোসিস কোষ বিভাজনের মাধ্যমে এদের পূরণ ঘটে।
৫. জননাঙ্গ সৃষ্টি ও জননকোষের সংখ্যা বৃদ্ধি: মাইটোসিসের ফলেই বহুকোষী জীবের জননাঙ্গ সৃষ্টি হয় এবং জননকোষের সংখ্যা বৃদ্ধিতেও মাইটোসিস গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।
৬. গুণগত বৈশিষ্ট্যের স্থিতিশীলতা রক্ষা: এ কোষ বিভাজনের ফলে একই ধরনের কোষের উৎপত্তি হওয়ায় জীবজগতের গুণগত বৈশিষ্ট্যের স্থিতিশীলতা বজায় থাকে।
৭. বংশবৃদ্ধি: এককোষী (সুকেন্দ্রিক) জীব মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বংশবৃদ্ধি করে।
৮. নিউক্লিক অ্যাসিডের পরিমাণ রক্ষা: মাইটোসিস কোষ বিভাজন দ্বারা কোষে DNA ও RNA-র পরিমাণের সমতা বজায় থাকে।
৯. সুশৃঙ্খল বৃদ্ধি: মাইটোসিস কোষ বিভাজনের ফলে সৃষ্টি অপ্ত্য কোষে ক্রোমোজোমের সংখ্যা ও গুণাঙ্গণ একই রকম থাকায় বৃদ্ধি সুশৃঙ্খলভাবে হয়।
১০. অনিয়ন্ত্রিত মাইটোসিসের খারাপ দিক: এর ফলে টিউমার, ক্যান্সার ইত্যাদি সৃষ্টি হয়।

## মিয়োসিসের গুরুত্ব

**জননকোষ সৃষ্টি:** যৌন প্রজননকারী জীবদেহে মিয়োসিসের মাধ্যমে জননকোষ (যেমন, শুক্রাণু ও ডিম্বাণু) উৎপন্ন হয়, যা ছাড়া নতুন প্রজননের সৃষ্টি সম্ভব নয়।

**ক্রোমোজোম সংখ্যা ধ্রুব রাখা:** মিয়োসিস একটি গুরুত্বপূর্ণ প্রক্রিয়া যা ক্রোমোজোমের সংখ্যা অর্ধেক করে দেয়। এর ফলে যখন দুটি গ্যামেট (যেমন, শুক্রাণু ও ডিম্বাণু) মিলিত হয়ে জাইগোট তৈরি করে, তখন প্রতিটি প্রজাতিতে ক্রোমোজোমের সংখ্যা নির্দিষ্ট থাকে।

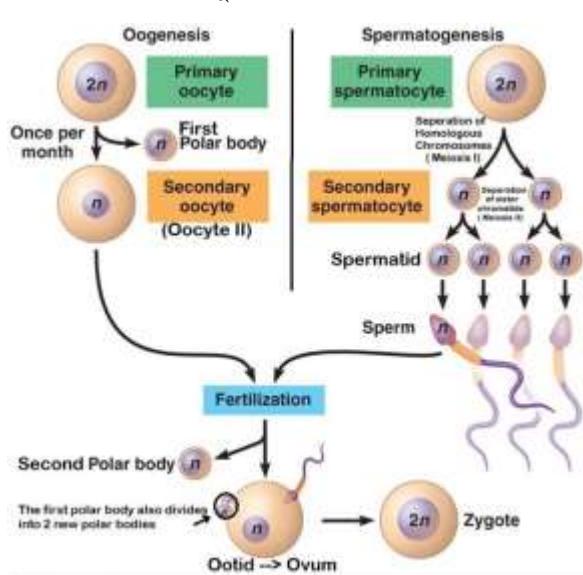
**জিনগত বৈচিত্র্য সৃষ্টি:** মিয়োসিস প্রক্রিয়ার সময় ক্রিসিং ওভার ঘটে, যার ফলে ক্রোমোজোমের নন-সিস্টার ক্রোমাটিডগুলোর মধ্যে জিনের বিনিময় হয়। এটি নতুন চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের সংমিশ্রণ ঘটায় এবং জিনগত বৈচিত্র্য তৈরি করে।

**প্রজাতির ধারাবাহিকতা রক্ষা:** মিয়োসিস এবং গ্যামেট সৃষ্টির মাধ্যমে প্রজাতির ধারাবাহিকতা রক্ষা হয়, যা পরবর্তী প্রজননের মধ্যে বৈশিষ্ট্য স্থানান্তরের জন্য অপরিহার্য।

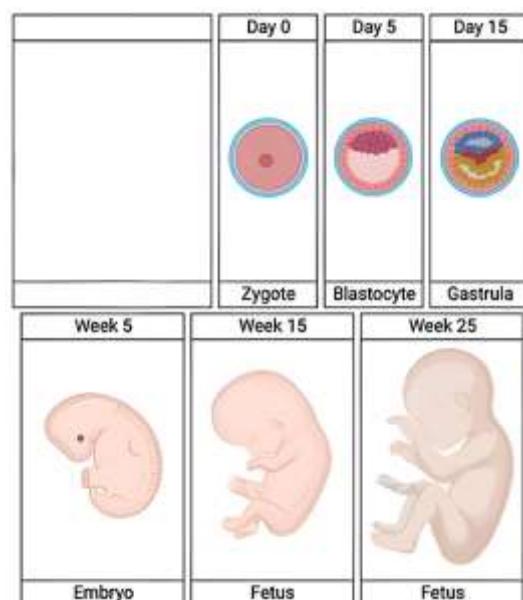
### জীবনের ধারাবাহিকতা রক্ষায় মাইটোসিস ও মিয়োসিসের অবদান:

হ্যাপ্লয়েড ( $n$ ) পুঁজ্যামেট বা পুঁজনন কোষ ও স্ত্রী গ্যামেট ( $n$ ) বা স্ত্রীজনন কোষের মিলনের ফলে সৃষ্টি হয় ডিপ্লয়েড ( $2n$ ) জাইগোট। উন্নত জীবে এ জাইগোট মাইটোসিস প্রক্রিয়ায় বিভাজিত হয়ে প্রথমে ভূগ, তারপর অঙ্গ-প্রত্যঙ্গ এবং শেষ পর্যন্ত পূর্ণাঙ্গ জীবে পরিণত হয়। নিষেকের আগেই যদি জনন কোষগুলোতে ক্রোমোজোমের সংখ্যা অর্ধেক না হতো তাহলে নতুন সৃষ্টি জাইগোটে ক্রোমোজোম সংখ্যা গাণিতিক হারে দ্বিগুণ হতো। সুতরাং বংশপরম্পরায় ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হতে থাকত। জনন কোষ সৃষ্টির প্রাক্কালে জনন মাত্কোষগুলোতে মিয়োসিস হয় বলেই প্রজাতির ক্রোমোজোম সংখ্যা ও বৈশিষ্ট্য বংশপরম্পরায় অক্ষুণ্ন থাকে। তা না হলে প্রজাতির জীবনের ধারাবাহিকতা বজায় থাকত না। আবার দেহে কেবল মিয়োসিস কোষ বিভাজন ঘটলে সৃষ্টি কোষসমূহে ক্রোমোজোম সংখ্যা ক্রমান্বয়হাস পেত এবং বিভাজন বন্ধ হয়ে যেত। তাই পূর্ণাঙ্গ দেহ গঠনের জন্য উভয় বিভাজনেরই প্রয়োজন হয়।

ধরা যাক, পেঁয়াজের প্রতি কোষে ১৬ টি ক্রোমোজোম আছে। এখন পেঁয়াজের জনন মাত্কোষে মিয়োটিক বিভাজন না হয়ে মাইটোটিক বিভাজন হলে তার প্রতিটি গ্যামিটেও ক্রোমোজোমের সংখ্যা হবে ১৬টি। অর্থাৎ উভয় প্রকার (পুঁ এবং স্ত্রী) গ্যামিটের মিলনের ফলে সৃষ্টি জাইগোটে ক্রোমোজোম সংখ্যা হবে  $(16 + 16) = 32$ টি। এভাবে দ্বিতীয় এবং তৃতীয় প্রজন্মে ক্রোমোজোম সংখ্যা হবে যথাক্রমে ৬৪টি এবং ১২৮টি। প্রজন্ম থেকে প্রজন্মে জীবের ক্রোমোজোম সংখ্যা দ্বিগুণ হতে থাকত। তাই ধারাবাহিকতা বজায় রাখতে মিয়োসিসের বিশেষ অবদান রয়েছে। আবার একটি জীবের দেহে কোষসমূহে ক্রোমোজোম সংখ্যা সমান রাখার জন্য মাইটোসিসের প্রয়োজন হয়। মানুষের ক্ষেত্রে তার প্রতিটি দেহকোষে (ডিপ্লয়েড) ক্রোমোজোম সংখ্যা ৪৬। শুক্রাণু বা ডিম্বাণুর এই ডিপ্লয়েড কোষ থেকে মিয়োসিস প্রক্রিয়ায় যথাক্রমে হ্যাপ্লয়েড জনন কোষ শুক্রাণু (ক্রোমোজোম সংখ্যা ২৩) ও ডিম্বাণু (ক্রোমোজোম সংখ্যা ২৩) উৎপন্ন হয়। নিষেকের পর সৃষ্টি জাইগোট আবার ডিপ্লয়েড কোষে পরিণত হয় এবং মাইটোসিস বিভাজনের মাধ্যমে পূর্ণাঙ্গ মানুষে পরিণত হয়। কাজেই মাইটোসিস এবং মিয়োসিসের মাধ্যমেই মানুষের জীবনের ধারাবাহিকতা বজায় থাকে।



মিয়োসিস কোষ বিভাজনের ফলাফল



মাইটোসিস কোষ বিভাজনের ফলাফল