

Cơ chế hoạt động và quá trình hồi phục của dây thần kinh

Trang này được dịch bằng máy và chưa được bác sĩ kiểm tra. **Bản tiếng Anh** là bản chính thức.

Các dây thần kinh chính là “dây dẫn” của cơ thể. Chúng truyền những tín hiệu điện nhỏ giữa não bộ và các bộ phận khác, ra lệnh cho cơ bắp vận động và truyền ngược lại những cảm giác mà bạn nhận được: xúc giác, nhiệt độ, vị trí cơ thể và cơn đau. Khi dây thần kinh bị kích thích, bị chèn ép hoặc bị cắt đứt, các tín hiệu này bị gián đoạn, dẫn đến hiện tượng tê ngứa, mất cảm giác, yếu cơ hoặc đau đớn. Tin vui là các dây thần kinh có khả năng hồi phục. Quá trình hồi phục diễn ra chậm nhưng khá có thể dự đoán được; việc hiểu rõ quy luật này sẽ giúp giảm bớt nỗi lo lắng trong thời gian chờ đợi. Trang này sẽ giải thích một cách đơn giản chức năng của dây thần kinh và cách chúng lành lại; đối với những ai tò mò, phần cuối sẽ đi sâu hơn vào khía cạnh sinh học.

Dây thần kinh là gì và có chức năng gì?

Hãy hình dung dây thần kinh như một bó cáp được cách điện. Mỗi “sợi cáp” thực chất là một sợi thần kinh riêng lẻ; một dây thần kinh hoàn chỉnh (chẳng hạn dây thần kinh giữa ở cổ tay) gồm hàng ngàn sợi như vậy được xếp chặt vào nhau và bọc trong các lớp vỏ bảo vệ, tương tự như các lớp bọc quanh một bó cáp.

Các tín hiệu thần kinh di chuyển theo hai hướng, vì vậy dây thần kinh đảm nhiệm ba chức năng chính:

- **Chức năng vận động:** Các tín hiệu truyền *ra ngoài* từ não và tủy sống đến các cơ, chỉ đạo chúng khi nào và mức độ co cơ như thế nào. Nhờ đó mà bạn có thể nắm, kẹp và cử động tay.
- **Chức năng cảm giác:** Các tín hiệu truyền *về lại* từ da, khớp và gân, mang theo thông tin về xúc giác, rung động, nhiệt độ, cảm giác đau cũng như vị trí của chi trong không gian.
- **Chức năng tự chủ:** Những tín hiệu vô thức diễn ra liên tục mà bạn không hề nhận thức được; chúng điều khiển các hoạt động như tiết mồ hôi và độ giãn nở của các mạch máu nhỏ (đây là lý do vùng da bị tổn thương có thể trở nên khô hoặc thay đổi nhiệt độ).

Mỗi sợi thần kinh có một phần lõi sống gọi là **sợi trục**, nơi truyền tín hiệu; nhiều sợi trục lại được bao quanh bởi lớp **cách điện** gồm chất béo gọi là myelin. Giống như lớp nhựa bọc ngoài dây điện, lớp cách điện này ngăn không cho tín hiệu bị rò rỉ và giúp tín hiệu truyền đi nhanh hơn rất nhiều.

Điều gì xảy ra khi dây thần kinh bị tổn thương

Dây thần kinh có thể gặp vấn đề theo hai cách chính, và các triệu chứng sẽ cho biết là loại tổn thương nào.

Dây thần kinh bị chèn ép hoặc nén. Khi dây thần kinh bị đè lên (ví dụ như dây thần kinh giữa trong hội chứng ống cổ tay, hoặc dây thần kinh trụ ở khuỷu tay – chỗ “gân tê”), lớp cách điện và nguồn cung cấp máu cho đoạn dây thần kinh đó sẽ bị ảnh hưởng trước tiên. Các tín hiệu thần kinh bị chậm lại hoặc bị chặn lại tại chỗ bị nén. Bạn sẽ cảm thấy tê, ngứa ran, mất cảm giác và khả năng vận động trở nên vụng vẻ; các triệu chứng này thường nặng hơn vào ban đêm hoặc khi ở một số tư thế nhất định. Theo thời gian, các cơ do dây thần kinh đó chi phối có thể bị yếu đi. Vì bản thân “sợi cáp” thường vẫn còn nguyên vẹn, việc giảm áp lực lên nó thường giúp phục hồi tốt.

Dây thần kinh bị cắt đứt hoặc rách. Vết rách sâu, vết cắt lớn hoặc sự kéo giãn mạnh có thể làm đứt các sợi thần kinh. Lúc này, sự kết nối bị đứt về mặt vật lý: phần dây thần kinh nằm phía xa chỗ tổn thương bị cắt rời khỏi não và tủy sống, dẫn đến mất cảm giác và khả năng vận động ở những vùng mà dây thần kinh đó chi phối. Trường hợp dây thần kinh bị đứt gọn thường cần được phẫu thuật nối lại, để các sợi thần kinh có đường mà mọc trở lại.

Nguyên nhân dẫn đến các triệu chứng là rất đơn giản: tín hiệu thần kinh không thể truyền đi thì cũng không thể đến đích. Nếu các sợi thần kinh vận động bị chặn, cơ sẽ yếu đi; nếu các sợi thần kinh cảm giác bị chặn, da sẽ tê hoặc ngứa ran; còn nếu các sợi thần kinh bị kích thích, bạn sẽ cảm thấy đau.

Quá trình hồi phục của dây thần kinh

Quá trình hồi phục của dây thần kinh diễn ra rất chậm; việc hiểu rõ điều này từ trước sẽ giúp người bệnh không cảm thấy như mình đang thất bại.

Khi các sợi thần kinh bị tổn thương, chúng sẽ mọc lại từ điểm bị thương **hướng ra ngoài về phía da và cơ, với tốc độ khoảng một milimét mỗi ngày, tương đương một inch mỗi tháng**. Quy luật này giải thích nhiều điều:

- **Mục tiêu càng xa thì thời gian hồi phục càng lâu.** Một dây thần kinh bị tổn thương ở vùng cao (chẳng hạn gần khuỷu tay) phải mọc lại một quãng đường dài mới tới được đầu ngón tay; điều này có thể mất nhiều tháng. Ngược lại, vết thương nhỏ gần đầu ngón tay sẽ hồi phục nhanh hơn nhiều.
- **Cảm giác thường trở lại trước khi sức mạnh vận động phục hồi.** Khi các sợi thần kinh tiếp cận da, người bệnh có thể cảm nhận được sự nhạy cảm mơ hồ, sau đó là cảm giác tê rần (thường là cảm giác rần

rân hoặc như có dòng điện chạy qua khi gõ nhẹ vào vùng đó; đây là dấu hiệu *tốt* cho thấy các sợi thần kinh đang tiến dần tới). Tiếp theo là khả năng cảm nhận chạm đơn giản, và cuối cùng mới là khả năng phân biệt cảm giác tinh tế. Sức mạnh cơ bắp và khả năng phối hợp tinh vi thường là những thứ hồi phục cuối cùng.

- **Việc nối sớm và gọn gàng rất quan trọng.** Dây thần kinh bị đứt sẽ hồi phục tốt nhất nếu được nối lại sớm và chính xác; các tế bào hỗ trợ trong cơ thể giúp dẫn đường cho sự mọc lại của sợi thần kinh hoạt động hiệu quả nhất trong vài tháng đầu sau chấn thương, sau đó hiệu quả này sẽ giảm dần theo thời gian.

Những yếu tố hỗ trợ hồi phục gồm: duy trì độ linh hoạt của các khớp và sức khỏe cơ bắp bằng các bài tập trị liệu tay được hướng dẫn; bảo vệ vùng da mất cảm giác khỏi bỏng và trầy xước (vì vùng da này không còn cảnh báo được người bệnh về những tổn thương); không hút thuốc; và kiên nhẫn chờ đợi. Việc huấn luyện lại não bộ để nhận diện các tín hiệu cảm giác đang trở lại thông qua các bài tập cảm giác có hướng dẫn cũng là yếu tố then chốt để đạt kết quả tốt. Nếu dây thần kinh vốn dĩ phải hồi phục theo lộ trình dự kiến lại không tiến triển, cần phải xem xét lại; bởi một số chấn thương cần can thiệp phẫu thuật để tăng cơ hội hồi phục.

Phân tích sâu hơn

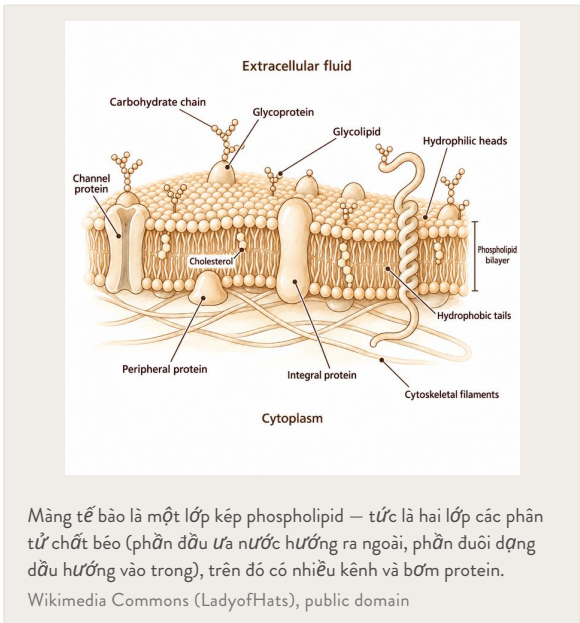
Phần này cung cấp lời giải thích chi tiết hơn ở mức độ dành cho sinh viên về các cơ sở sinh học đằng sau những nội dung đã trình bày. Phần này không cần thiết để hiểu về tình trạng bệnh của bạn; tuy nhiên, nếu bạn tò mò về *cách thức* các cơ chế này vận hành, hãy tiếp tục đọc.

TẾ BÀO THẦN KINH VÀ MÀNG TẾ BÀO

Giống như các phần khác của cơ thể, dây thần kinh được tạo thành từ các tế bào, cụ thể là các nơ-ron. Một nơ-ron gồm có **thân tế bào** (nơi chứa nhân – trung tâm điều khiển của tế bào), những nhánh ngắn dùng để tiếp nhận tín hiệu gọi là **sợi nhánh**, và một **sợi trục** dài dùng để truyền tín hiệu đi xa, đôi khi lên tới gần một mét.

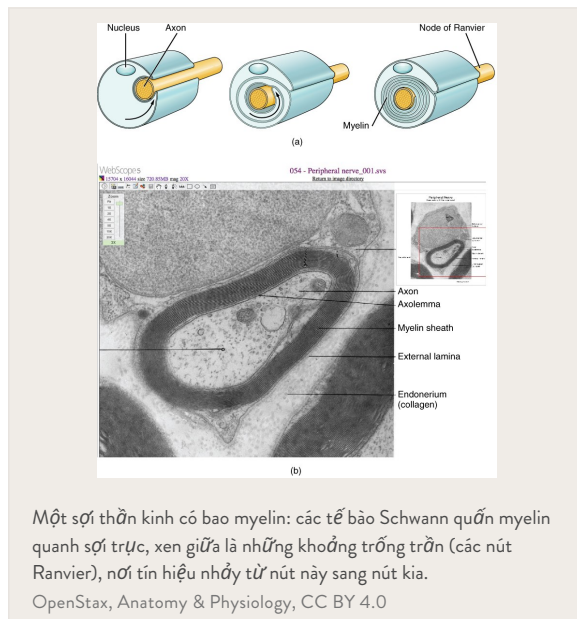
Mọi tế bào, kể cả nơ-ron, đều được bao bọc bởi **màng tế bào**; thành phần cấu tạo của màng này đóng vai trò quan trọng đối với các quá trình tiếp theo. Màng tế bào là một **lớp kép phospholipid**, tức là hai lớp các phân tử mỡ.

Mỗi phân tử phospholipid có một “đầu” ưa nước và hai “đuôi” kỵ nước; chúng xếp thành hai lớp sao cho các đuôi quay vào trong và các đầu quay ra ngoài, hướng về môi trường nước ở bên trong và bên ngoài tế bào. Lớp màng mỏng này đóng vai trò như rào cản phân cách bên trong và bên ngoài tế bào, đồng thời có khả năng duy trì



một điện tích giữa hai mặt của nó. Những “kênh” và “bơm” được mô tả ở phần tiếp theo thực chất là các protein nằm trong lớp màng mỡ này.

CẤU TRÚC DÂY THẦN KINH: SỢI TRỰC, MYELIN VÀ CÁC NÚT RANVIER



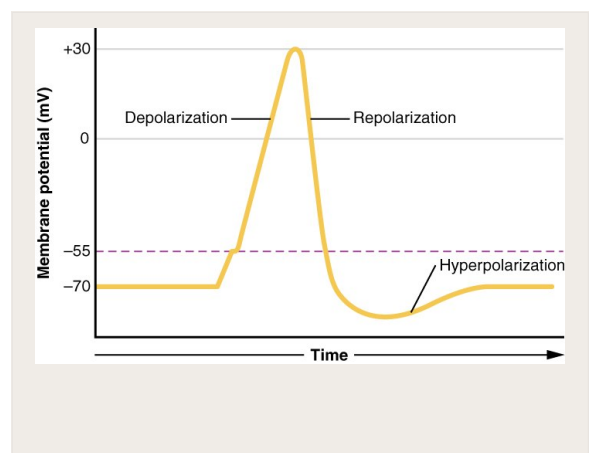
Một sợi thần kinh đơn lẻ được tạo thành từ **sợi trục** – phần mở rộng dạng sợi dài của tế bào thần kinh, có chức năng truyền tín hiệu điện. Nhiều sợi trục được bao bọc bởi **myelin**, một lớp vỏ cách điện chứa chất béo; việc hiểu rõ bản chất của myelin là rất quan trọng. Một tế bào hỗ trợ (gọi là **tế bào Schwann** ở các dây thần kinh ngoại vi của cánh tay) cuộn màng tế bào của mình quanh sợi trục nhiều vòng liên tiếp, giống như việc quấn màng bọc thực phẩm quanh một cây bút chì hàng chục lần vậy. Vì màng tế bào này là lớp kép phospholipid (về cơ bản là chất béo), mỗi vòng cuộn lại tạo thêm một lớp chất béo nữa; nhiều lớp chồng lên nhau tạo thành một vỏ dày chứa chất béo. Chính vỏ này là lớp cách điện: myelin chủ yếu gồm chất béo vì nó là kết quả của việc chồng chất nhiều lớp

màng tế bào lên nhau. Số vòng cuộn càng nhiều thì lớp cách điện càng tốt, và tốc độ truyền tín hiệu của sợi thần kinh càng nhanh.

Tuy nhiên, lớp myelin không liên tục mà được hình thành từng đoạn; giữa các đoạn này có những khoảng trống nhỏ không được bao phủ, gọi là **các nút Ranvier**. Tín hiệu điện không thể rò rỉ ra ngoài qua các đoạn được cách điện, nên nó thực chất là *nhảy* từ nút này sang nút kia. Hiện tượng này gọi là **dẫn truyền nhảy cóc** (từ tiếng Latinh *saltare*, nghĩa là nhảy), và đây là lý do các sợi thần kinh có myelin truyền tín hiệu rất nhanh: tốc độ truyền có thể vượt quá 100 mét/giây, so với chưa tới 10 mét/giây ở các sợi thần kinh không có myelin (sợi trần). Đây cũng là lý do các bệnh lý hoặc chấn thương làm mất myelin khiến tốc độ dẫn truyền giảm sút đáng kể.

CƠ CHẾ TRUYỀN TÍN HIỆU THẦN KINH

Khi nghỉ ngơi, bên trong sợi trục thần kinh có điện thế âm nhẹ so với bên ngoài; đây là **điện thế màng nghỉ**, vào khoảng -70 milivolt. Điện thế này được duy trì nhờ việc giữ các ion natri chủ yếu ở bên ngoài tế bào và các ion kali chủ yếu ở bên trong.



Khi dây thần kinh phát tín hiệu, các bước diễn ra theo trình tự chính xác như sau:

Điện thế hoạt động: các ion natri tràn vào làm điện thế tăng lên (khử cực), sau đó các ion kali thoát ra làm điện thế giảm trở lại (tái cực).

OpenStax, Anatomy & Physiology, CC BY 4.0

1. **Khử cực.** Các kênh ion natri được điều khiển bởi điện thế đột ngột mở ra, khiến các ion natri tràn vào bên trong. Điện thế bên trong nhanh chóng trở nên dương, đạt đỉnh khoảng +30 milivolt; đây chính là điện thế hoạt động.
2. **Tái cực.** Các kênh natri đóng lại và các kênh ion kali được điều khiển bởi điện thế mở ra, cho phép các ion kali thoát ra ngoài. Điện thế bên trong dần trở về mức âm như lúc nghỉ ngơi.
3. **Giai đoạn trơ (thời kỳ tiềm ẩn).** Ngay sau đó, vùng màng thần kinh này tạm thời không thể phát tín hiệu trở lại dù có kích thích mạnh đến đâu; lúc này các kênh ion đang trong quá trình trở về trạng thái ban đầu.

Giai đoạn trơ này mang lại một điều tinh tế: vì vùng màng thần kinh phía sau tín hiệu đang lan truyền tạm thời không thể phát tín hiệu nữa, nên điện thế hoạt động chỉ có thể di chuyển *về phía trước*. Đó là lý do tại sao các tín hiệu thần kinh chỉ truyền đi một chiều dọc theo sợi thần kinh chứ không dội qua dội lại.

VƯỢT QUA KHE HỖ: CÁC SYNAP VÀ TẮM TẬN CÙNG VẬN ĐỘNG

Sợi thần kinh không chạm trực tiếp vào cơ mà nó điều khiển. Tại nơi sợi thần kinh vận động gặp cơ, có một chỗ nối đặc biệt gọi là **khớp thần kinh – cơ**, với một khoảng hở nhỏ (khe synap) giữa đầu mút thần kinh và vùng màng cơ dày lên, có nhiều nếp gấp gọi là **tấm tận cùng vận động**.

Tín hiệu điện không thể vượt qua khoảng hở này một cách trực tiếp; vì vậy nó được chuyển thành tín hiệu hóa học. Khi điện thế hoạt động đạt tới đầu mút thần kinh, nó kích hoạt việc giải phóng chất dẫn truyền thần kinh **acetylcholine** vào trong khe synap. Acetylcholine lan truyền qua khe này và gắn vào các thụ thể trên tấm tận cùng vận động, mở ra các kênh ion khiến màng cơ bị khử cực. Nếu mức độ khử cực đạt tới ngưỡng nhất định, một điện thế hoạt động sẽ được phát ra lan khắp cơ và sợi cơ co lại. Sau đó, một enzyme (acetylcholinesterase) nhanh chóng phân hủy acetylcholine; nhờ vậy mỗi xung thần kinh chỉ gây ra một cơn co giật gọn gàng chứ không kéo dài. Cơ chế truyền tín hiệu hóa học này là mục tiêu tác động của một số loại thuốc gây mê cũng như của các bệnh lý như bệnh nhược cơ (myasthenia gravis).

CẢM NHẬN THỂ GIỚI: CÁC THỤ THỂ CẢM GIÁC

Cơ chế cảm giác hoạt động theo chiều ngược lại: các đầu mút chuyên biệt chuyển đổi các kích thích vật lý thành tín hiệu thần kinh. Các thụ thể khác nhau lại nhạy cảm với những loại kích thích riêng biệt:

- **Các thể Pacini** nằm sâu trong da và phản ứng với áp lực sâu cũng như các rung động tần số cao. Chúng thích nghi nhanh; chỉ phát tín hiệu ngay khi có sự thay đổi chứ không liên tục.
- **Các thể Meissner** nằm ngay dưới bề mặt da đầu ngón tay và lòng bàn tay; chúng nhận biết những chạm nhẹ và các rung động tần số thấp; chúng giữ vai trò trung tâm trong xúc giác tinh tế, có tính phân biệt mà bạn dùng để cảm nhận kết cấu bề mặt và cầm nắm những vật nhỏ.

- **Các đầu mút thần kinh tự do** là những đầu mút trần, không có vỏ bao, có khả năng cảm nhận đau đớn, nhiệt độ và những chạm nhẹ. Đây là loại đầu mút phổ biến nhất trong da.
- **Các thoi cơ** nằm ngay bên trong cơ bắp; chúng phát hiện sự giãn ra và chiều dài cơ, từ đó truyền thông tin về vị trí và chuyển động (khả năng cảm nhận vị trí cơ thể – proprioception). Nhờ đó não bộ biết được vị trí của tay mà không cần nhìn.

Những cảm giác khác nhau mà chúng ta có thể nhận biết (cái châm nhẹ, hơi ấm, tiếng rung của điện thoại, vị trí cổ tay...) chủ yếu phụ thuộc vào loại thụ thể nào đang hoạt động và tốc độ hoạt động của chúng.

CÁC MỨC ĐỘ TỔN THƯƠNG DÂY THẦN KINH

Các bác sĩ phẫu thuật phân loại mức độ tổn thương dây thần kinh dựa trên *độ sâu của tổn thương*, vì điều này quyết định khả năng hồi phục của dây thần kinh. Hai hệ thống phân loại được sử dụng song song.

Hệ thống **Seddon** cũ hơn và đơn giản hơn, gồm ba mức độ:

- **Neurapraxia:** mức độ nhẹ nhất. Các sợi thần kinh bị bầm hoặc lớp cách điện bị tổn thương cục bộ, nhưng các sợi trục vẫn nguyên vẹn. Sự dẫn truyền thần kinh bị chặn tại chỗ, giống như vòi nước bị gấp, nhưng cấu trúc dây thần kinh vẫn bình thường. Thông thường, dây thần kinh sẽ hồi phục hoàn toàn và tương đối nhanh sau khi loại bỏ nguyên nhân gây tổn thương.
- **Axonotmesis:** các sợi trục bị đứt, nhưng các ống mô liên kết xung quanh vẫn còn nguyên. Các sợi thần kinh phía xa vùng tổn thương sẽ thoái hóa và phải tái sinh; vì vậy quá trình hồi phục diễn ra chậm. Tuy nhiên, các ống mô còn lại tạo thành lộ trình cho sợi thần kinh mới phát triển, nên tiên lượng thường khả quan.
- **Neurotmesis:** mức độ nặng nhất. Toàn bộ dây thần kinh, kể cả các cấu trúc hỗ trợ, bị đứt hoàn toàn. Dây thần kinh không thể tự hồi phục; cần can thiệp phẫu thuật, và ngay cả khi đó sự hồi phục vẫn không hoàn toàn.

Hệ thống **Sunderland** chi tiết hơn, chia thành năm mức độ; các mức này tương ứng với hệ thống Seddon như sau:

- **Mức 1** = neurapraxia (chỉ bị chặn dẫn truyền thần kinh).
- **Mức 2** = axonotmesis, trong đó ống trong cùng (bao nội thần kinh – endoneurium) vẫn còn nguyên; đây là mức có triển vọng tái sinh tốt nhất.
- **Mức 3** = ống bên trong cũng bị tổn thương; các sợi thần kinh mới có thể phát triển sai hướng; mức độ hồi phục chỉ đạt một phần.
- **Mức 4** = chỉ còn lớp bao ngoài (bao ngoài thần kinh – epineurium) nguyên vẹn; một khối sẹo thường ngăn cản sự hồi phục có ích nếu không phẫu thuật.
- **Mức 5** = toàn bộ dây thần kinh bị đứt hoàn toàn, tương đương với mức neurotmesis trong hệ thống Seddon; cần phẫu thuật để khắc phục.

Tóm lại: số lượng các lớp mô bị tổn thương càng nhiều thì khả năng hồi phục tự nhiên càng chậm và không hoàn toàn; đồng thời khả năng can thiệp phẫu thuật cũng càng cao.

THOÁI HÓA WALLERIAN VÀ SỰ MỘC LẠI

Khi một sợi trục thần kinh bị cắt đứt, phần sợi nằm *phía xa* chỗ tổn thương sẽ bị ngắt kết nối với tế bào vận duy trì sự sống cho nó. Trong vài ngày tiếp theo, phần này bị phân hủy theo một quá trình có trật tự, được lập trình sẵn gọi là **sự thoái hóa Wallerian**: sợi trục bị cô lập cùng lớp myelin của nó bị tháo dỡ và được các tế bào Schwann cùng các tế bào miễn dịch được huy động (đại thực bào) dọn sạch.

Đây không chỉ là quá trình phá hủy đơn thuần; đó còn là bước chuẩn bị quan trọng. Các tế bào Schwann vẫn nằm dọc theo sợi trục cũ vẫn tồn tại, nhân lên và sắp xếp thành những cột rỗng gọi là **các dải Büngner**, đi theo đúng lộ trình ban đầu của dây thần kinh. Những cột này đóng vai trò như những “giàn giáo sống”: chúng tiết ra các yếu tố tăng trưởng và dẫn hướng các sợi thần kinh đang tái sinh trở lại đúng vị trí mục tiêu.

Từ vết thương, đầu mút còn sống sót của mỗi sợi trục thần kinh phát ra một “nón tăng trưởng” di chuyển dọc theo ống do tế bào Schwann tạo thành với tốc độ khoảng **một milimét mỗi ngày**, cuối cùng đến được da hoặc cơ và tái kết nối (tái chi phối thần kinh). Đây là lý do tại sao việc phẫu thuật nối lại dây thần kinh một cách sớm và chính xác lại vô cùng quan trọng: các ống này cần được nối đúng vị trí để các sợi thần kinh có thể đi vào đúng đường hầm tương ứng; đồng thời các tế bào Schwann phát huy tác dụng hỗ trợ tốt nhất trong vài tháng đầu sau chấn thương – về cơ bản chúng có một “hạn sử dụng” nhất định. Nếu nối đúng và kịp thời, sẽ có nhiều sợi thần kinh hơn có thể trở về đúng vị trí của mình.

Xem thêm

- [Các xét nghiệm thần kinh và nghiên cứu dẫn truyền](#) – cách chúng tôi đo lường xem dây thần kinh có dẫn truyền tín hiệu bình thường hay không
- [Hội chứng ống cổ tay và tình trạng chèn ép dây thần kinh](#) – một vấn đề phổ biến liên quan đến việc dây thần kinh ở cổ tay bị chèn ép
- [Phẫu thuật sửa chữa gân và dây thần kinh](#) – những gì cần thực hiện trong phẫu thuật để khôi phục lại dây thần kinh hoặc gân bị đứt rời