

## تعقیب رشته‌های عصبی میلین‌دار کپسول خارجی مغز انسان به روش هیستولوژیک

حسین حقیر Ph.D.\*<sup>1</sup>، یوسف صادقی Ph.D.\*<sup>2</sup>، پرویز مهرآئین M.D.\*<sup>3</sup>، احمد حسینی Ph.D.\*<sup>4</sup>

<sup>1</sup> دانشگاه علوم پزشکی مشهد، گروه علوم تشریح

<sup>2</sup> دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، گروه علوم تشریح

<sup>3</sup> دانشگاه مونیخ، گروه نورویاتولوژی

<sup>4</sup> آدرس مکاتبه: مشهد، کد پستی ۹۱۳۲۵، دانشکده پزشکی، گروه علوم تشریح

### چکیده

**\* هدف:** شناسایی بیشتر رشته‌های عصبی میلین‌دار کپسول خارجی مغز انسان  
**\* مواد و روشها:** ۱۰ مغز (۲۰ نیمکره مغزی) بالغ و سالم که نیمی از آنان متعلق به زنان و نیم دیگر متعلق به مردان بود، پس از تثبیت و طی مراحل آمادش در سطوح اصلی (کرونال، افقی و پاراساژیتال) با ضخامت ۱۵ میکرومتر به صورت سریال برش داده و با روش رنگ Klüver-Barrera و Heidenhain-Woelcke رنگ آمیزی شدند.

**\* یافته‌ها:** رشته‌هایی از قسمتهای مختلف قشر مغز و از طریق تاج شعاعی (Corona radiata) وارد کنار پستی (دورسال) کپسول خارجی می‌شوند. این رشته‌ها در جهت شکمی (وتترال) و شکمی دمی (ونتر و کودال) به سمت کنار شکمی کپسول خارجی حرکت کردند. اغلب این رشته‌ها به صورت درون عدسی (ترانس لنتیکولار)، زیر عدسی (ساب لنتیکولار) و پشت عدسی (رترو لنتیکولار) وارد پایه‌های مغزی می‌شوند. بین رشته‌های عصبی مذکور با هسته زیرتالاموسی و جسم سیاه ارتباطی مشاهده نشد. رشته‌هایی ضمن عبور از بخش پستی پوتامن، کپسول خارجی را با بازوی خلفی کپسول داخلی مرتبط می‌کنند. رشته‌هایی بین پوتامن و کپسول خارجی مبادله می‌شوند؛ برخی از این رشته‌ها پوتامن را به نواحی پستی و گروهی پوتامن را به نواحی شکمی این کپسول ارتباط می‌دهند. رشته‌هایی از روستروم کورپوس کالوزوم تا درون بخش شکمی کپسول خارجی امتداد می‌یابند. پستی به این رشته‌ها، تعدادی رشته عصبی مشاهده شدند که از کپسول خارجی به ناحیه شکمی هسته Accumbens می‌روند. رشته‌هایی از کپسول خارجی به سمت دسته خلفی رابط (کمیوسور) قدامی تعقیب شدند، برخی از این رشته‌ها وارد دسته خلفی رابط قدامی شده و سایر رشته‌ها در سلولهای هسته بازالیس Meynert ختم می‌شوند. رشته‌هایی از لوب جلویی ضمن عبور از بخش سری کپسول خارجی تا هسته داخلی پستی تالاموس ادامه می‌یابند.

**\* نتیجه‌گیری:** کپسول خارجی بخشی از ماده سفید نیمکره‌های مغزی و حاوی دستجات عصبی متنوعی (خروجی، هماهنگی و تقاطعی) است. رشته‌های قشری - تگمتمومی (کورتیکوتگممتال) حجم اصلی رشته‌های کپسول خارجی را خصوصاً در نواحی پستی کپسول تشکیل می‌دهد. این کپسول مسیر بسیار مهمی را برای ارتباط قشر مغز با هسته‌های زیر قشری و همچنین ارتباط نواحی مختلف قشر مغز با یکدیگر فراهم می‌سازد.

**کل واژگان:** کپسول خارجی، رشته‌های عصبی میلین‌دار، مغز انسان، مطالعه هیستولوژیک

## مقدمه

بخشهای مختلف ماده سفید نیمکره‌های مغز از رشته‌های عصبی فراوانی تشکیل شده‌اند. اطلاعات در مورد مجاورت، مسیر و ارتباطات رشته‌های عصبی ماده سفید نیمکره‌های مغز انسان اندک است (۱). از سوی دیگر، شناسایی هر چه بیشتر این رشته‌ها تأثیر به‌سزایی در تشخیص آناتومیکی بیماریهای مغز و اعصاب و احتمالاً بهبود روشهای جراحی مغز و اعصاب خواهد داشت. عدم آگاهی از وجود برخی ارتباطات عصبی یا مسیر و مجاورت این ارتباطات در ماده سفید نیمکره‌های مغز انسان می‌تواند دلیل برخی از مشاهدات غیرقابل توجیه در ضایعات مغزی باشد.

یکی از ناشناخته‌ترین رشته‌های عصبی ماده سفید نیمکره‌های مغز انسان، رشته‌های عصبی کپسول خارجی است. کپسول خارجی بخشی از ماده سفید مغز است که بین کلاستروم در خارج و پوتامن در داخل محدود شده است. Sych در سال ۱۹۶۰ با روش تهیه مقاطع بافت‌شناسی<sup>۱</sup> و رنگ‌آمیزی میلین به تعقیب رشته‌های کپسول خارجی مغز سگ پرداخت (۲). در همان سال، Berke با استفاده از روش ایجاد ضایعه و تعقیب رشته‌های دژنره (روش Marchi) رشته‌های هر دو کپسول خارجی و انتهایی را در مغز میمون بررسی کرد (۳). یافته‌های به دست آمده از این دو تحقیق دارای شباهتها و تفاوتی با یکدیگر بود. طی بررسیهای انجام شده از سال ۱۹۶۰ تاکنون هیچ تحقیقی برای شناسایی رشته‌های عصبی تشکیل دهنده کپسول خارجی مغز انسان طراحی و اجرا نشده است. هر چند در برخی پژوهشها که برای شناسایی رشته‌های عصبی وابسته به یک سیستم عملکردی (مانند سیستم کولینرژیک یا سروتونرژیک) طراحی شده‌اند، گاهی به عبور برخی از رشته‌های چنین سیستمهایی از درون کپسول خارجی اشاره شده است (۴-۹). از سوی دیگر، اکثر کتب مرجع نوروآناتومی بدون اشاره به رشته‌های تشکیل دهنده این کپسول، تنها به ذکر موقعیت آناتومیک و تسوپوگرافی آن بسنده کرده‌اند (۱۷-۱۰). تعداد اندکی از کتب نوروآناتومی نیز که درباره رشته‌های عصبی کپسول خارجی مطالب بسیار مختصری را بیان کرده‌اند در این زمینه اتفاق نظر ندارند. برخی از این منابع رشته‌های عصبی کپسول خارجی را در گروه رشته‌های خروجی<sup>۲</sup> قرار می‌دهند. که مناطق قشری مغز را به نواحی زیر قشری مرتبط می‌سازد (۱۸، ۱۹)؛ در حالی که منابع دیگر این رشته‌ها را جزو رشته‌های هماهنگی<sup>۳</sup> می‌دانند، که مناطق مختلف قشر مغز را در یک نیمکره به هم متصل می‌کند (۲۰، ۲۱). با توجه به اختلاف نظرهای موجود و نظر به اینکه در جستجوی به عمل آمده توسط نویسندگان، در چهل سال گذشته هیچ تحقیقی که منحصراً به بررسی رشته‌های عصبی کپسول خارجی مغز انسان پرداخته باشد، به دست نیامده است. بنابراین تحقیق حاضر با هدف شناسایی هر چه بیشتر و تعیین انواع رشته‌های عصبی میلین‌دار کپسول خارجی مغز انسان طراحی و اجرا شده است.

## مواد و روشها

این تحقیق روی ۱۰ مغز (۲۰ نیمکره مغزی) بالغ، سالم و طبیعی که نیمی متعلق به زنان و نیم دیگر متعلق به مردان بود انجام گرفت. این

افراد به علل بیماریهای مختلف غیرمغزی فوت کرده بودند و مغز آنها حداکثر ۱۲ ساعت پس از مرگ از درون جمجمه خارج شد. پس از تأیید سالم و طبیعی بودن مغز توسط نوروپاتولوژیست، در ظرف محتوی چهار تا پنج لیتر فرمالین ۴ درصد به مدت دو هفته قرار داده شد. محلول فرمالین اولیه پس از ۲۴ ساعت با محلول فرمالین تازه جایگزین شد. به منظور حفظ ساختار طبیعی مغز، شریان قاعده‌ای لیگاتور و مغز توسط آن در محلول فرمالین معلق نگه داشته شد.

پس از گذشت دو هفته، تثبیت نسبی به دست آمد. این مغزها در سه گروه مختلف بررسی شدند. ۶ مغز با ماکروتوم به فواصل دو سانتیمتری در جهت کروئال و دو مغز با ماکروتوم به فواصل دو سانتیمتری در جهت پاراسازیال برش متوالی داده شد. دو مغز دیگر با ماکروتوم در جهت افقی<sup>۱</sup> به فواصل دو سانتیمتری تحت برشهای متوالی قرار گرفت. سپس هر یک از برشها کدگذاری شد و به مدت یک هفته دیگر در محلول فرمالین ۴ درصد قرار گرفت تا تثبیت کامل شود. این مقاطع بافتی پس از تثبیت به مدت یک هفته در الکل ۷۰ درجه و سپس به مدت یک هفته در الکل ۹۶ درجه قرار گرفتند. نمونه‌ها ضمن عبور از الکلهای درجه بندی شده آگیری شدند و سپس مرحله عبور از استن و آغشتگی به پارافین انجام گرفت. در نهایت این مقاطع بافتی درون بلوکهای پارافینی قرار گرفتند. بلوکهای مذکور دارای ابعاد بزرگی بودند که در مقاطع کروئال و افقی شامل هر دو نیمکره مغز و در مقاطع پاراسازیال شامل نیمکره مغزی مربوط بود. این بلوکها روی Jung, Heidelberg) tetrander که دارای تیغه‌های طویل است، قرار گرفتند. این میکروتوم قادر به ایجاد برشهای میکروسکوپی از بلوکهای وسیعی است که حتی شامل هر دو نیمکره باشند. به کمک این میکروتوم برشهایی به ضخامت ۱۵ میکرومتر از نمونه‌ها تهیه شد. از هر ۲۰ برش متوالی یک برش برای رنگ‌آمیزی روی لامهایی به ابعاد ۱۴/۵×۱۰ سانتیمتر منتقل شد (یعنی برشهای ۱، ۲۱، ۴۱ و...) سایر برشها به ترتیب و با قید شماره در بین کاغذهای مخصوص و درون جعبه‌هایی حفظ شدند. از این برشهای حفظ شده بعداً در مرحله مطالعه لامهای میکروسکوپی استفاده شد و بسیاری از آنها رنگ‌آمیزی شدند.

رنگ‌آمیزی اصلی مورد استفاده در این تحقیق، رنگ‌آمیزی Klüver - Barrera بود. در این روش، رشته‌های میلین‌دار و سلولها همزمان با هم و با دو رنگ متفاوت رنگ‌آمیزی می‌شوند. در این رنگ‌آمیزی رشته‌های میلین‌دار با Luxal Fast Blue به رنگ آبی تیره و جسم سلولها با Cresyl Violet به رنگ ارغوانی درمی‌آیند و نورویلها رنگ نمی‌گیرند. مزیت این رنگ‌آمیزی، نمایش دادن همزمان رشته‌های میلین‌دار و هسته‌های مختلف یا قشر خاکستری مغز است. بنابراین محل شروع یا ختم رشته‌ها در هسته‌های مختلف سیستم عصبی مرکزی یا قشر مغز به خوبی نشان داده می‌شود. در برخی موارد که به نظر می‌رسید بررسی رشته‌های میلین‌دار نیاز

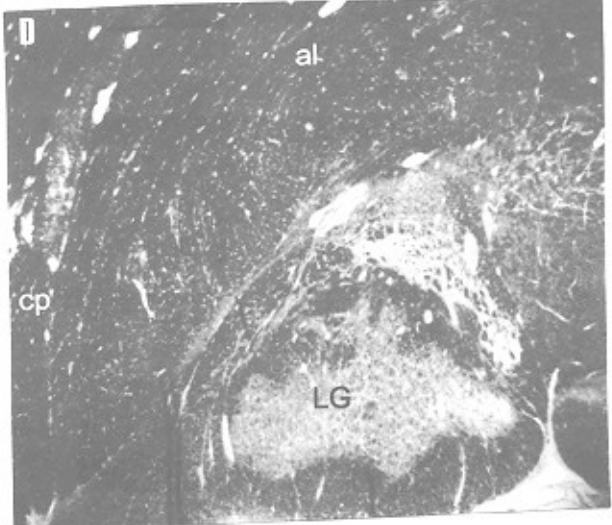
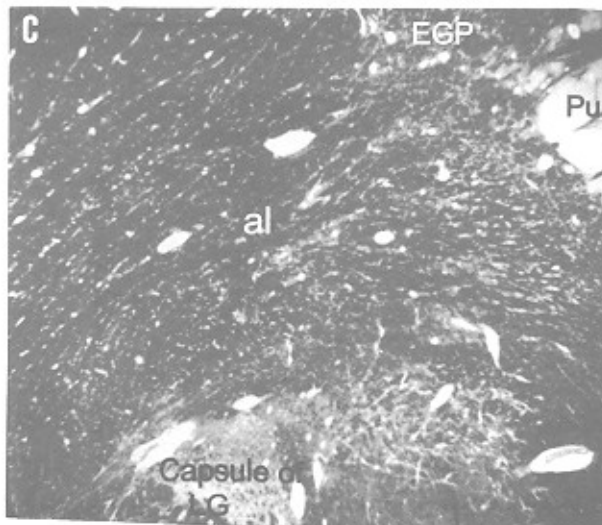
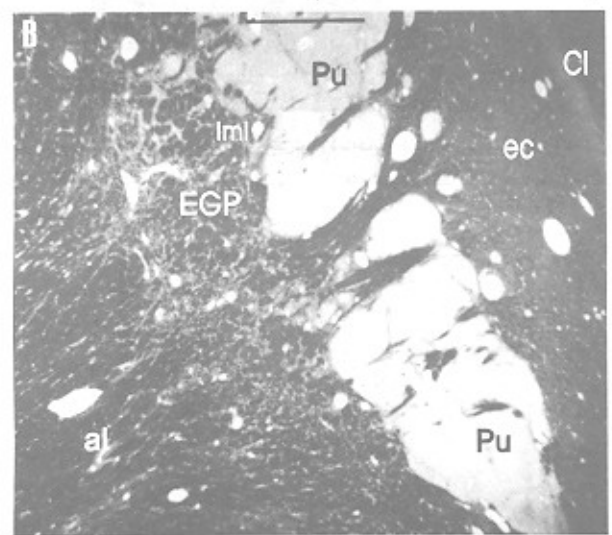
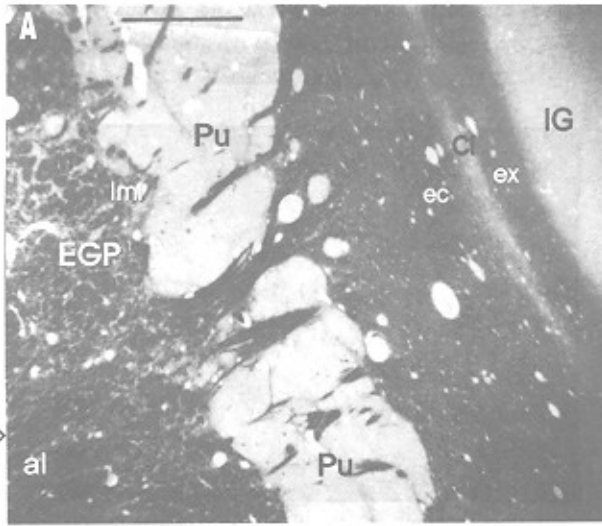
1. Serial section
2. Projection
3. Association
4. Horizontal

## رشته‌های کپسول خارجی

رشته‌هایی از قسمتهای مختلف قشر مغز و از طریق تاج شعاعی وارد کنار پشتی کپسول خارجی می‌شوند. این رشته‌ها در جهت شکمی و شکمی دمی به سمت کنار شکمی کپسول خارجی حرکت می‌کنند. اغلب این رشته‌ها با عبور از درون، زیر یا پشت بخش خلفی پوتامن (یعنی به صورت درون عدسی، زیر عدسی یا پشت عدسی) و پس از عبور از روی جسم زانویی خارجی وارد پایه‌های مغزی (Cerebral peduncles) می‌شوند (شکل‌های ۱A-D). بین آن دسته از رشته‌های عصبی که از کپسول خارجی وارد پایه‌های مغزی می‌شوند با هسته زیر تالاموسی (Subthalamic) و جسم سیاه ارتباطی مشاهده نشد (شکل ۲). رشته‌هایی ضمن عبور از بخش پشتی پوتامن، کپسول خارجی را با بازوی خلفی کپسول داخلی مرتبط می‌کنند (شکل ۳).

به دقت بیشتری دارد، یکی از برشها بلافاصله قبل یا بعد از لام مورد نظر به روش Heidenhain - Woelcke رنگ آمیزی شد. در این روش رشته‌های عصبی میلین‌دار به رنگ سیاه درمی‌آیند، در حالی که سلولها و نورویپلها رنگ نمی‌گیرند. رشته‌های میلین‌دار که سیاه رنگ می‌شوند در زمینه بدون رنگ با وضوح بسیار زیاد قابل مشاهده خواهند بود. بنابراین در مواردی که به دقت بیشتری نیاز باشد از این روش استفاده می‌شود. البته چون در این روش مرز هسته‌ها و قشر مغز مشخص نمی‌شود لازم است ابتدا با روش دیگری حدود هسته‌ها تعیین گردد. در این تحقیق ابتدا با رنگ آمیزی Kluver - Barrera حدود هسته‌ها و قشر مغز تعیین شد و در صورت لزوم برخی از لامها با روش (Heidenhain-Woelcke) رنگ شدند.

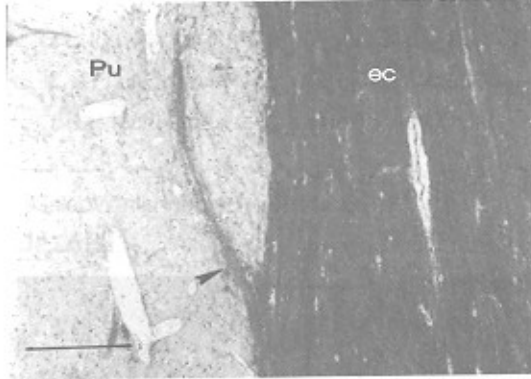
## یافته‌ها



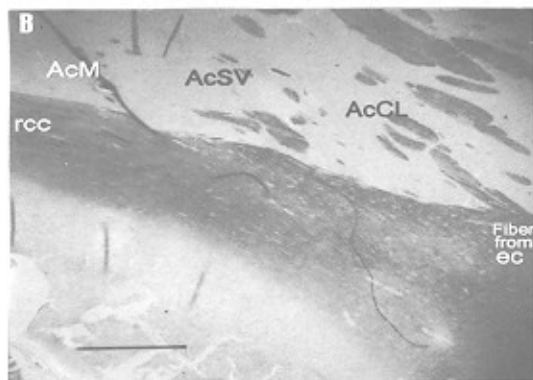
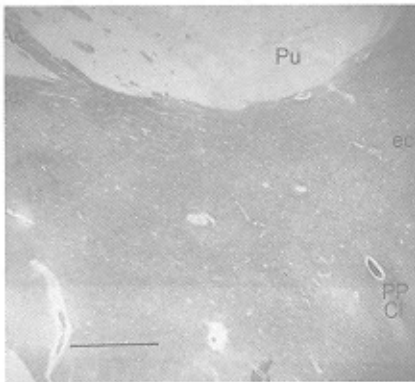
شکل ۱: مقطع کروئال از نواحی شکمی بخش خلفی پوتامن (Pu)، کپسول خارجی (ec)، کپسول منتهایی (ex)، کلاستروم (Cl) و شکنج اینسولا (IG)

تصاویر A تا D از خارج به سمت داخل مرتب شده‌اند؛ به عبارت دیگر، تصویر A نسبت به B و B نسبت به C و C نسبت به D خارج‌تر قرار گرفته‌اند. همان‌طور که مشاهده می‌شود رشته‌هایی از کپسول خارجی ضمن عبور از درون بخش خلفی پوتامن، تیفه مدولاری داخلی (Im) و گلوبوس پالیدوس خارجی (BGP) و عبور از روی جسم زانویی خارجی (LG) وارد پایه مغزی (cp) می‌شوند. این رشته‌ها، بخش خلفی پوتامن را به قطعاتی تقسیم می‌کنند. رنگ آمیزی: Kluver-Barrera. خط مقیاس معادل یک میلیمتر.

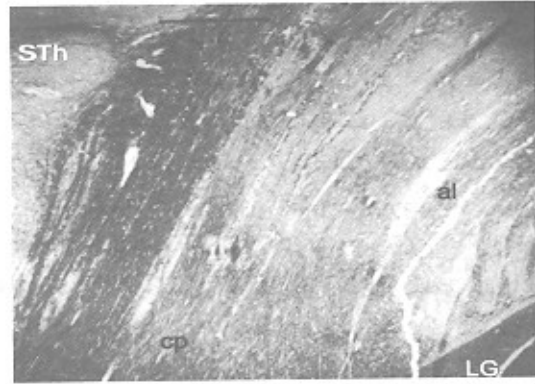
این کپسول ارتباط می دهند (شکل ۴ و ۵).  
 رشته‌هایی از روستروم کورپوس کالوزوم تا درون بخش شکمی  
 کپسول خارجی امتداد می‌یابند. پستی به این رشته‌ها، تعدادی رشته  
 عصبی مشاهده شدند که از کپسول خارجی به ناحیه شکمی هسته  
 Accumbens می‌روند (شکل ۶).



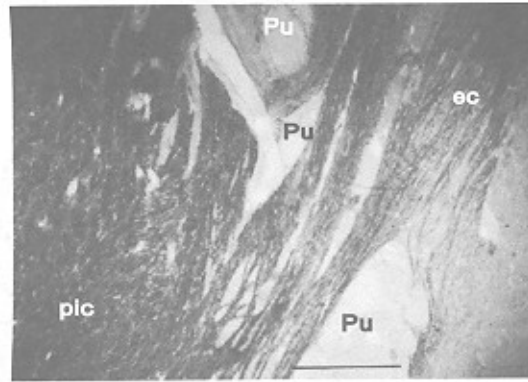
شکل ۵: در همان مقطع شکل ۴ فقط کمی پایین‌تر، رشته‌هایی مشاهده می‌شوند (پیکان) که بین  
 پوتامن (Pu) و نواحی شکمی کپسول خارجی (ec) مبادله شده‌اند. رنگ‌آمیزی: Klüver-Barrera.  
 خط مقیاس: ۲۵۰ میکرومتر



شکل ۶: مقطع کروئال از نواحی قدام جسم مخطط. A: در این تصویر کپسول خارجی (ec)، پوتامن  
 (pu) هسته Accumbens (Ac)، کلاستروم پره پیروفورم (PPCI) و روستروم کورپوس کالوزوم  
 (rcc) مشاهده می‌شوند. B: کمی داخلتر از تصویر A قرار دارد و در آن تقسیم‌بندی هسته  
 Accumbens به بخشهای سنترولترال (AcCL)، ساب‌نوتریکولار (AcSV) و مدیال (AcM) دیده  
 می‌شود. رشته‌هایی که از کپسول خارجی آمده‌اند به نواحی شکمی بخش سنترولترال هسته

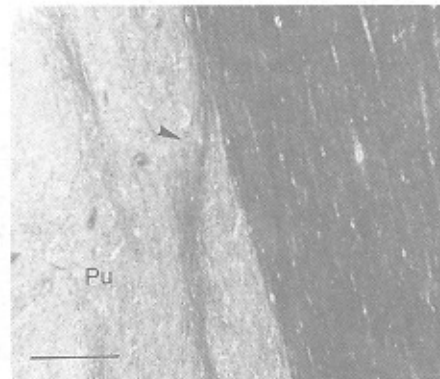


شکل ۲: این تصویر نسبت به تصویر ۱D داخلتر واقع شده است. همان طور که مشاهده  
 می‌شود، رشته‌هایی که از کپسول خارجی می‌آیند (al) و از روی جسم زائوس خارجی (LG)  
 می‌گذرند و وارد پایه مغزی (cp) می‌شوند توسط رشته‌های دیگری که از مراکز بالاتر می‌آیند، به  
 رنگ تیره‌تر در داخل رشته‌های مورد نظر (al) قرار داشته و از هسته زیر تالاموسی (STh) می‌آیند  
 هستند. رنگ‌آمیزی: Heidenhain-Woelcke و خط‌مقیاس: یک میلی‌متر



شکل ۳: مقطع کروئال از نواحی پستی بخش خلفی پوتامن (Pu)، کپسول خارجی (ec)، کپسول  
 منتهایی (cx) و کلاستروم (CL). همان طور که مشاهده می‌شود رشته‌هایی از کپسول خارجی (ec)  
 شمن عبور از درون پوتامن (Pu) وارد بازوی خلفی کپسول داخلی (pic) می‌شوند. رنگ‌آمیزی:  
 Heidenhain-Woelcke. خط مقیاس: یک میلی‌متر

۱۳۴



شکل ۴: مقطع کروئال پوتامن (Pu) و کپسول خارجی (ec) در سطح کیسماهی بیضایی  
 همان‌طور که مشاهده می‌شود برخی از رشته‌های کپسول خارجی (پیکان) پوتامن را به نواحی پیش  
 کپسول خارجی مرتبط می‌کنند. رنگ‌آمیزی: Klüver-Barrera خط مقیاس: ۲۵۰ میکرومتر

رشته‌هایی بین پوتامن و کپسول خارجی مبادله می‌شوند، برخی از  
 این رشته‌ها، پوتامن را به نواحی پستی و گروهی آن را به نواحی شکمی

وجود رشته‌های قشری - تگمنتومی را در کپسول خارجی مغز انسان تأیید کردند. از آنجا که این رشته‌های عصبی از نواحی مختلف قشر مغز و از طریق تاج شعاعی و کپسول خارجی وارد بازوی خلفی کپسول داخلی یا پایه مغزی می‌شوند، می‌توان به طور غیرمستقیم نتیجه‌گیری کرد که احتمالاً برخی از رشته‌های عصبی پیرامیدال و اکستراپیرامیدال که از نواحی مختلف قشر مغز منشأ گرفته‌اند پس از گذشتن از تاج شعاعی به جای آنکه وارد کنار پشتی کپسول داخلی شوند به کنار پشتی کپسول خارجی وارد می‌شوند و راه خود را از دسته اصلی جدا می‌کنند. این رشته‌های عصبی در پی آن هستند که در اولین فرصت خود را به دسته اصلی برسانند و بقیه راه را با دسته اصلی طی کنند؛ بنابراین ضمن حرکت به سمت شکمی و شکمی دمی در نهایت از یکی از مسیرهای زیر خود را به دسته اصلی می‌رسانند:

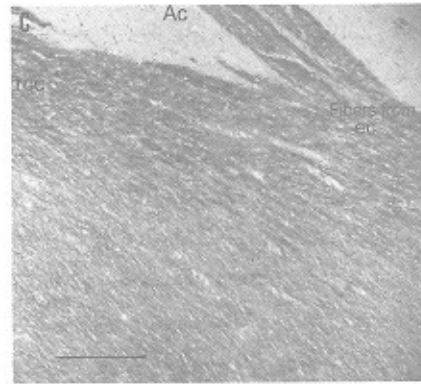
- ۱- از درون بخش پشتی پوتامن عبور کرده، وارد بازوی خلفی کپسول داخلی می‌شوند؛
- ۲- کمی پایین‌تر، از درون بخش شکمی انتهایی خلفی پوتامن گذشته، وارد پایه مغزی می‌شوند؛
- ۳- از زیر بخش خلفی پوتامن عبور کرده به پایه مغزی می‌رسند و در واقع در ساختار بخش زیر عدسی کپسول داخلی شرکت می‌کنند؛
- ۴- از پشت پوتامن می‌گذرند و در واقع در ساختار بخش پشت عدسی کپسول داخلی شرکت می‌جویند. عبور گروهی از رشته‌های عصبی پیرامیدال و اکستراپیرامیدال از چنین مسیری دارای اهمیت بالینی است.

۳۵

طی ضایعات کپسول داخلی به دلیل درگیری رشته‌های عصبی پیرامیدال و اکستراپیرامیدال، فلج اسپاستیک نیمه مقابل بدن (همی پلژی اسپاستیک) حاصل می‌شود (۱۷)؛ اما با کمال تعجب در همی پلژی اسپاستیک ناشی از آسیب کپسول داخلی، اندام فلج شده هنوز قادر به انجام تعدادی از حرکات ارادی است (۱۷). یکی از توجیه‌های ممکن می‌تواند عبور برخی از رشته‌های پیرامیدال و اکستراپیرامیدال از مسیر کپسول خارجی باشد. در واقع کپسول خارجی مسیری دست نخورده را برای عبور برخی از رشته‌های عصبی پیرامیدال و اکستراپیرامیدال مهیا می‌کند تا این رشته‌ها بدون عبور از کپسول داخلی از تاج شعاعی وارد پایه مغزی شده و در واقع کپسول داخلی، مخصوصاً نواحی پشتی آن را بای پاس (By-pass) کنند.

از سوی دیگر، می‌توان به طور غیرمستقیم نتیجه‌گیری کرد که ضایعات کپسول خارجی به دلیل قطع برخی از رشته‌های پیرامیدال و اکستراپیرامیدال می‌تواند موجب علائم بالینی مربوط در مقیاس محدودتر شود. این نتیجه‌گیری غیرمستقیم توسط گزارش Kleinert و همکارانش (۲۳) از ظهور علائم اکستراپیرامیدال به دنبال نیکروز کپسول خارجی، حمایت می‌شود.

عبور بخشی از رشته‌های عصبی پیرامیدال و اکستراپیرامیدال از مسیر کپسول خارجی احتمالاً به چگونگی رشد و تکامل هسته عدسی<sup>۱</sup>



رنگ آمیزی: Klüver-Barrera. خط مقیاس A و B: یک میلی‌متر و C: ۲۵۰ میکرومتر  
 Accumbens ختم می‌شوند. C محل ارتباط رشته‌هایی که از کپسول خارجی آمده‌اند با هسته Accumbens و رشته‌های روستروم کورپوس کالوزوم با بزرگنمایی بیشتر نشان داده شده است.

رشته‌هایی از کپسول خارجی به سمت دسته خلفی رابط قدامی تعقیب شدند، برخی از این رشته‌ها وارد دسته خلفی رابط قدامی شده و سایر رشته‌ها در سلولهای هسته بازالیس Meynert ختم می‌شوند. رشته‌هایی از لوب فرونتال ضمن عبور از بخش سری کپسول خارجی، پوتامن و بازوی قدامی کپسول داخلی وارد تالاموس می‌شوند که در نهایت در هسته داخلی پشتی تالاموس<sup>۱</sup> خاتمه می‌یابند. دسته طولی تحتانی و دسته قلابی از بخش شکمی کپسول خارجی عبور می‌کند.

## بحث

همان‌طور که بیان شد رشته‌هایی از قسمت‌های مختلف قشر مغز و از طریق تاج شعاعی وارد کنار پشتی کپسول خارجی می‌شوند و سپس به سمت کنار شکمی این کپسول حرکت می‌کنند. این رشته‌های عصبی در نهایت به صورت زیر عدسی، درون عدسی یا پشت عدسی وارد پایه‌های مغزی می‌شوند. البته گروهی از این رشته‌ها کمی بالاتر، از درون بخش پشتی پوتامن گذشته و ابتدا وارد بازوی خلفی کپسول داخلی می‌شوند و سپس به همراه رشته‌های این کپسول به پایه مغزی می‌رسند. از آنجا که این رشته‌ها ارتباط دهنده نواحی مختلف قشر مغز با تگمنتومی مغز میانی هستند، بنابراین می‌توان آنها را رشته‌های قشری - تگمنتومی نامید. طبق تعریف، این رشته‌ها در گروه رشته‌های خروجی تقسیم بندی می‌شوند. وجود چنین رشته‌هایی در کپسول خارجی مغز انسان توسط همین نویسندگان با تکنیک تشریح رشته‌های عصبی (روش Klingler) در سال ۲۰۰۰ میلادی گزارش شده است (۲۲). این یافته‌ها با نتایج به دست آمده از مغز میمون شباهت زیادی دارد. Berke در سال ۱۹۶۰ با روش تعقیب رشته‌های دژنره موفق شد وجود رشته‌های قشری - تگمنتومی در کپسول خارجی مغز میمون را اثبات کند (۳). از آنجا که استفاده از روش‌هایی مانند ردیابی و تعقیب رشته‌های دژنره عملاً از نظر اخلاقی قابل اجرا روی مغز انسان زنده نیست، در این تحقیق و همچنین در پژوهش قبلی، نویسندگان با دو روش متفاوت و قابل اجرا روی مغز انسان مرده (روش بافت‌شناسی، رنگ آمیزی میلین و روش Klingler)

1. Medial dorsal  
 2. Lentiform nucleus

مطابقت دارد (۴، ۵، ۶، ۷، ۲۵). امروزه معتقدند که رشته‌های کولینرژیک مغز از سلولهایی در هسته بازالیس Meynert شروع می‌شوند و به بخش‌های جدید قشری مغز ختم می‌گردند و در این مسیر برخی از چنین رشته‌هایی از درون کپسول خارجی عبور می‌کنند (۲۵). در تحقیق حاضر مشخص شد که رشته‌هایی بین کپسول خارجی و ناحیه شکمی هسته Accumbens مبادله می‌شود. این یافته‌ها با نظر Groenewegen که معتقد است آورانهای کورتیکال در مغز گربه از طریق کپسول خارجی به هسته Accumbens می‌رسند و اغلب در ناحیه شکمی این هسته ختم می‌شوند، مطابقت دارد (۲۶).

ارتباط بین کورپوس کالوزوم و کپسول خارجی برای نخستین بار در تحقیق حاضر و پژوهش قبلی توسط همین نویسندگان (۲۲) گزارش شده است؛ بنابراین یافته جدیدی محسوب می‌شود. این رشته‌ها و نیز رشته‌هایی از رابط قدامی که وارد کپسول خارجی می‌شوند از گروه رشته‌های تقاطعی هستند.

همان طور که گفته شد دستجات طولی تحتانی و فلایی که از دستجات هماهنگی طویل و معروف مغز هستند، از بخش شکمی کپسول خارجی عبور می‌کنند. بنابراین حضور رشته‌های هماهنگی نیز در کپسول خارجی تایید می‌شود.

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد کپسول خارجی بخشی از ماده سفید نیمکره‌های مغزی است که حاوی دستجات عصبی بسیار متنوع و شامل هر سه نوع رشته‌های عصبی (خروجی، هماهنگی و تقاطعی) است. رشته‌های قشری - تگمتومی حجم اصلی رشته‌های کپسول خارجی را خصوصاً در نواحی پشنی کپسول تشکیل می‌دهند. این کپسول مسیر بسیار مهمی را برای ارتباط قشر مغز با هسته‌های زیر قشری<sup>۲</sup> و همچنین ارتباط نواحی مختلف قشر مغز با یکدیگر فراهم می‌سازد. برای تعیین آوران یا وبران بودن ارتباطات عصبی یافت شده در این تحقیق باید از روشهای دیگری که قابل اجرا روی مغز انسان باشند، استفاده کرد.

### تقدیر و تشکر

این مطالعه بخشی از طرح تحقیقاتی مصوب شماره ۳۳۸۹ معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی است و محل اجرای آن در گروه علوم تشریحی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، بخش نوروپاتولوژی دانشگاه علوم پزشکی مشهد و بخش نوروپاتولوژی دانشگاه مونیخ بوده است.

نویسندگان مراتب تقدیر خود را از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و همچنین از کارکنان بخشهای نوروپاتولوژی دانشگاه مونیخ و دانشگاه علوم پزشکی مشهد برای تهیه نمونه‌های مورد نیاز ابراز می‌دارند.

نویسندگان همچنین از آقای پروفسور Kretschmann (استاد دانشگاه هانور آلمان) به خاطر کمک در تهیه مقالات و آقای دکتر

بستگی دارد و نیازمند بررسیهای جنین شناسی و تکاملی است. همان طور که گفته شد رشته‌هایی بین پوتامن و کپسول خارجی مبادله می‌شوند. برخی از این رشته‌ها از کنار پشنی کپسول خارجی به پوتامن می‌رسند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از قشر مغز و تاج شعاعی وارد پوتامن می‌شوند پس جزء رشته‌های خروجی هستند. عبور رشته‌های قشری - مخططی، بین نواحی مختلف قشر مغز و پوتامن، از درون کپسول خارجی میمون به اثبات رسیده است (۱۳، ۱۸)، اما به گفته Williams و همکارانش به دلیل تفاوت‌های زیاد بین یافته‌های موجود در گونه‌های مختلف پستانداران، بدون وجود قرینه‌ای در مغز انسان نمی‌توان این یافته‌ها را به مغز انسان تعمیم داد (۱۸). یافته‌های تحقیق حاضر شواهدی را مهیا می‌کنند که به کمک آن می‌توان وجود رشته‌های قشری - مخططی در کپسول خارجی را به مغز انسان نیز تعمیم داد. هر چند با این روش نمی‌توان در مورد آوران یا وبران بودن چنین رشته‌هایی اظهار نظر کرد، ولی براساس اطلاعات کلاسیک ارتباط قشر با جسم مخطط از نوع آوران است (۱۸). برخی از رشته‌هایی که پوتامن و کپسول خارجی را به هم وصل می‌کنند، از کنار شکمی کپسول وارد می‌شوند. به نظر می‌رسد این رشته‌ها توسط دستجات هماهنگ طویلی که در بخش شکمی کپسول خارجی قرار دارند (مانند دسته قلاب) از نواحی مختلف قشر لوبهای جلوی، تمپورال و اکسیپیتال وارد کپسول خارجی شده، به پوتامن می‌رسند. از آنجا که وجود چنین ارتباطاتی تاکنون در انسان یا حیوان گزارش نشده، از یافته‌های با ارزش این تحقیق است. این رشته‌ها نیز در گروه رشته‌های خروجی تقسیم بندی می‌شوند.

در تحقیق حاضر ارتباطی بین رشته‌هایی از کپسول خارجی که وارد پایه مغزی می‌شوند با هسته زیر تالاموسی و جسم سیاه یافت نشد، در حالی که Williams و همکارانش ارتباط بین هسته زیر تالاموسی با این رشته‌ها را در مغز میمون مطرح کردند (۱۸) و Kaelber و Afifi ارتباط این رشته‌ها با بخش خارجی جسم سیاه را در مغز گربه عنوان نمود (۲۴). علت اختلاف بین یافته‌های این تحقیق با یافته‌های Williams و همکارانش (۱۸)، Kaelber و Afifi (۲۴) احتمالاً به دو عامل مربوط می‌شود: عامل اول، اختلاف در نمونه مورد آزمایش است؛ به عبارت دیگر، یافته‌های Williams و همکارانش روی مغز میمون و Kaelber و Afifi روی مغز گربه بوده، در حالی که یافته‌های تحقیق حاضر از مغز انسان به دست آمده است. عامل دوم، اختلاف در روش کار است؛ در مورد مغز انسان ما از نظر اخلاقی مجاز به استفاده از روشهای تجربی نیستیم هر چند دقیق‌تر باشند، لذا باید از روشهای قابل اجرا روی مغز انسان سود برد. به علاوه در تحقیق حاضر ما فقط رشته‌های عصبی میلین‌دار را تعقیب می‌کنیم و چه بسا رشته‌های غیر میلین‌دار در ایجاد ارتباط بین کپسول خارجی و هسته زیر تالاموسی یا جسم سیاه نقش داشته باشند که در این تحقیق مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. به علاوه Williams و همکارانش در چاپ بعدی کتاب خود اشاره‌ای به این ارتباطات نکرده‌اند (۱۰).

وجود ارتباط بین هسته بازالیس Meynert و کپسول خارجی با یافته‌های پژوهشهایی که روی مسیرهای کولینرژیک مغز کار می‌کنند

## References

1. Türe U, Yasargil MG, Pait TG: Is there a superior occipitofrontal fasciculus? A microsurgical study. *Neurosurgery* 1997; 40(6): 1226-1232
2. Sych L: The external capsule in the dog's brain (myeloarchitectonics and topography). *Acta Biol Exper* 1960; 20: 91-101
3. Berke JJ: The claustrum, the external capsule and the extreme capsule of macaca mulatta. *J Com Neurol* 1960; 115: 297-331
4. Moor RY, Halaris AE, Jones BE: Serotonin neurons of the midbrain raphe: Ascending projections. *J Comp Neurol* 1978; 180(3): 417-738
5. Lidov HGW, Molliver ME: An immunohistochemical study of serotonin neuron development in the rat: Ascending pathways and terminal fields. *Brain Res Bulletin* 1982; 8: 389-430
6. Kristt DA, Mc Gowan RA, Martin Mack Kinon N, Solomon J: Basal forebrain innervation of rodent neocortex: studies using acetylcholinesterase histochemistry, Golgi and lesion strategies. *Brain Res* 1985; 337: 19-39
7. Ellison DW, Kowall NW, Martin JB: Subset of neurons characterized by the presence of NADPH-Diaphorase in human substantia innominata. *J Comp Neurol* 1987; 260: 233-245
8. Kitt CA, Mitchell SJ, DeLong MR, Wainer BH, Priebe DL: Fiber pathways of basal forebrain cholinergic neurons in monkeys. *Brain Res* 1987; 406: 192-206
9. Schambra UB, Sulik KK, Petrusz P, Lauder JM: Ontogeny of cholinergic neurons in the mouse forebrain. *J Comp Neurol* 1989; 288: 101-122
10. Williams PL, Warwick R, Dyson M, Bannister LH: *Gray's Anatomy*, 38ed, Churchill Livingstone, New York, 1995, pp 1120, 1131, 1176-1180, 1189
11. Nieuwenhuys R, Voogd J, Van Huijzen C: *The Human Central Nervous System* Springer - Verlag, Berlin, 1988, pp 70, 90-101, 365
12. Waxman SG, de Groot J: *Correlative Neuroanatomy*, 22ed, A Lange Medical Book, 1995, p 150
13. Nottle J: *The Human Brain*, 4ed, Mosby, 1999, pp 451-452, 513
14. Fitz Gerald MJT: *Neuroanatomy Basic & Applied*, WB saunders, 1996, p 15
15. Barr ML, Kierman JA: *The Human Nervous System, An Anatomical Viewpoint*, 6ed, JB Lippincott Company, 1993, pp 212-213, 253-257
16. Burt AM: *Textbook of Neuroanatomy*, WB saunders, 1993, p 160
17. Tan CK, Wong WC: *Handbook of Neuroanatomy*. PG Publishing, 1990, p 200
18. Williams PL, Warwick R, Dyson M, Bannister LH: *Gray's Anatomy*, 37ed, Churchill Livingstone. New York, 1989, pp 992, 1055, 1060, 1075, 1076, 1080
19. Snell RS: *Clinical Neuroanatomy for Medical Students*, 3ed. Little Brown & Company, 1992, p 575
20. Parent A: *Carpenter's Human Neuroanatomy*, 9ed, Williams & Wilkins, Baltimore, 1996, p 38- 41
21. Carpenter MB: *Core Text of Neuroanatomy*, 4ed, Williams & Wilkins, Baltimore, 1991, p 36
۲۲. حقیر حسین، صادقی یوسف، مهرآئین پرویز: بررسی رشته‌های عصبی کپسول خارجی مغز انسان. پژوهنده ۱۳۷۹، سال ۵، شماره ۲، صفحه ۱۴۴-۱۳۵
23. Kleniert A, Sinczuk Walczak H, Goragj B: Acute poisoning by carbon monoxide affecting the extrapyramidal system. *Med Pr* 1998, 49(6): 573-577
24. Kaelber WW, Affi AK: Nigroamygdaloid fiber connections in the cat. *American J Anat* 1977; 148 (1): 129-135
25. Selden NR, Gitelman DR, Salamon-Muragyama N, Parish TB, Mesulam MM: Trajectories of cholinergic pathways within the cerebral hemispheres of the human brain. *Brain* 1998; 121: 2249-2257
26. Groenewegen HJ, Room P, Witter MP, Lohman AHM: Cortical afferents of the nucleus accumbens in the cat, studied with the anterograde and retrograde transport techniques. *Neuroscience* 1982; 7(4): 977-996

