

تقسیم‌بندی جدید کلاستروم انسان براساس نشانه‌های آناتومیکی و یافته‌های مورفولوژیکی

✉ محمد رضا نام‌آور *M.Sc.، یوسف صادقی **M.D., Ph.D.، حسین حقیر ***M.D., Ph.D.

* گروه علوم تشریح دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شیراز و دانشجوی دکتری گروه علوم

تشریح دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

** گروه علوم تشریح و مرکز تحقیقات بیولوژی سلولی و مولکولی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم

پزشکی شهید بهشتی

*** گروه علوم تشریح دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد

تاریخ وصول: فروردین ماه ۸۴، تاریخ پذیرش: اردیبهشت ماه ۸۴

چکیده

هدف: ارایه تقسیم‌بندی کلاستروم انسان بر اساس مشخصه‌های آناتومیکی و یافته‌های مورفولوژیکی
مواد و روش‌ها: تعداد ده مغز از افراد تازه فوت شده که هیچ سابقه بیماری عصبی نداشته و مرگ آنها نیز به علت بیماری عصبی نبوده، انتخاب شد. نمونه‌ها پس از ثبوت و قالب‌گیری به ضخامت ۲۵ میکرومتر به صورت کروئال و سریال بریده شد. تعدادی از برشها به روش تصادفی سیستماتیک انتخاب و با روش kluver-Barrera رنگ‌آمیزی شد. با استفاده از نشانه‌های آناتومیکی و یافته‌های مورفولوژیکی کلاستروم تقسیم‌بندی شد. تعداد نورون در واحد حجم و تعداد کل نورون در هر بخش و حجم هر بخش به تفکیک با استفاده از روش‌های جدید استریولوژی محاسبه شد.

یافته‌ها: بعد از بررسی برشهای کروئال، در کلاستروم انسان در هر دو جهت پشتی - شکمی (Dorso-ventral) و قدامی - خلفی (Antero-posterior) سه بخش قابل تفکیک است. در جهت پشتی - شکمی سه بخش کلاهک (Cap)، پشتی، عمودی یا جزیره‌ای (Dorsal, Vertical or Insular) و شکمی، افقی یا پایینی (Ventral, Horizontal or Inferior) وجود دارد. شیار حلقوی جزیره‌ای (Circular insular sulcus) در بالا و شیار رینال (Rhinal sulcus) در پایین به ترتیب بخش پشتی را از بخشهای کلاهک و شکمی جدا می‌کنند. کلاهک کوچکترین و بخش شکمی بزرگترین حجم کلاستروم را اشغال می‌کنند. تعداد نورون در واحد حجم یا تراکم نورونی (Neuronal density) از کلاهک به سمت بخش شکمی کاهش می‌یابد. در جهت قدامی - خلفی نیز سه بخش جلویی (Anterior)، مرکزی یا میانی (Central or middle) و عقبی یا خلفی (Posterior) مشخص است. معیار تقسیم‌بندی کلاستروم در این جهت بخش گلوبوس پالیدوس (Globus pallidus) از هسته عدسی شکل (Lentiform nucleus) است. به طوری که قسمتی از کلاستروم که در جلو این هسته قرار دارد، تحت نام بخش جلویی (قدامی)، قسمتی که در عقب آن قرار دارد به عنوان بخش خلفی یا عقبی و قسمت مجاور با هسته مذکور بخش میانی یا مرکزی در نظر گرفته شد. در این جهت بخش خلفی کوچکترین و مرکزی بزرگترین حجم کلاستروم را اشغال می‌کنند. همچنین تعداد نورون در هر بخش با حجم آن ارتباط دارد. تراکم نورونی از جلو به عقب کاهش می‌یابد. طول جلویی - عقبی کلاستروم $28/06 \pm 5/25$ میلی‌متر بود و در زنان کمی طولتر بود.

نتیجه‌گیری: برای اولین بار کلاستروم انسان در دو جهت پشتی - شکمی و قدامی - خلفی به سه بخش مجزا و آناتومیکی تقسیم شد. این بخشها از نظر مورفولوژی و تعداد نورون، تکامل، ارتباطات و عملکرد با هم متفاوت هستند.

کلید واژه‌ها: کلاستروم انسان، هسته‌های قاعده‌ای، استریولوژی، مورفومتری

✉ آدرس مکاتبه: شیراز، دانشکده پزشکی، بخش علوم تشریح،

صندوق پستی ۷۱۳۴۸-۴۵۷۹۴ Email: namavarreza@yahoo.com

مقدمه

هسته‌های قاعده‌ای یکی از مهمترین بخشهای سیستم عصبی مرکزی است که در رفتارهای مختلف شامل اعمال شناختی، کنترل حرکتی و رفتار جنسی نقش مهمی برعهده دارند. کلاستروم یا پیش دیواره (Claustrum) یکی از هسته‌های قاعده‌ای مغز است که اطلاعات بسیار کمی و بعضاً متناقض در مورد ساختمان، تقسیمات، منشأ، ارتباطات و عمل آن مخصوصاً در انسان وجود دارد [۱-۴].

کلاستروم، ورقه نازکی از ماده خاکستری است که درون ماده سفید نیمکره مغزی واقع شده است. اولین بار به عنوان هسته Taeniaform توسط Vicq d'Azyr مطرح شد ولی نام کلاستروم توسط Burdach ارایه شد [۵].

این هسته در خارج توسط کپسول خارجی (External capsule) از قشر جزیره‌ای (Insular cortex) و در داخل توسط کپسول خارجی تر (Extreme capsule) از هسته عدسی شکل (Lentiform nucleus) جدا می‌شود. آن با ماده سوراخدار جلویی (Anterior perforated substance)، آمیگدالا و قشر Prepiriform ادامه می‌یابد [۵-۱۰]. کلاستروم توسط شریان‌های مدولاری که خود انشعابات از شریان‌های نرم شامه‌ای - جزیره‌ای شریان مغزی میانی است، تغذیه می‌شود [۱۱].

از نظر تکامل، کلاستروم دو منشأ جنینی متفاوت دارد. قسمت مجاور قشر جزیره منشأ نئوکورتکسی (Lateral palial) دارد، در حالی که قسمت مجاور آمیگدالی آن منشأ هسته‌های قاعده‌ای (Lateral ganglionic eminence) دارد، قسمت اخیر قدیمی‌تر است [۴-۹، ۱۸-۱۲].

با بررسیهای ردیابی عصبی (Neuron tracing) و الکتروفیزیولوژیکی روی حیوانات مختلف مشخص شده است که کلاستروم در یک نیمکره با نواحی مختلف قشر و زیر قشری همان نیمکره (Ipsilateral) یا نیمکره طرف مقابل (Contralateral) به صورت یک‌طرفه یا متقابل (Reciprocal) و به صورت منطقه‌ای (Topographical) ارتباط دارد.

تحقیقات نشان داده است که اغلب قسمت جلویی کلاستروم با قشرهای حرکتی و prefrontal، قسمت مرکزی با

نواحی حسی پیکری (Somatosensory) و قسمت عقبی آن با قشرهای بینایی و شنوایی ارتباط دارد. همچنین قسمت مجاور جزیره‌ای با نئوکورتکس و قسمت مجاور آمیگدالی با قشرهای لیمبیک، بویایی، جزیره‌ای و کاسه چشمی (Orbital) ارتباط دارد [۱۸-۲۳، ۸، ۴، ۱].

کلاستروم با ساختمان‌های زیر قشری مثل تالاموس، هیپوتالاموس، ماده سیاه (Substantia nigra)، ماده خاکستری اطراف قنات مغزی، Pretectal، Locus coeruleus و هسته رافه خلفی نیز ارتباط دارد [۲۴، ۹ و ۲۵]. جالب توجه است که کلاستروم ارتباط وسیعی با هسته‌های قاعده‌ای ندارد [۲].

علی‌رغم تقریباً صد سال تحقیق، هنوز نقش کلاستروم کاملاً واضح نیست [۱۰]. با این وجود، کلاستروم را در فرآیند حافظه، فعالیت حرکتی، پاسخ‌های احساسی و رفتاری، شناختی و درک حس بویایی دخیل می‌دانند [۱۰، ۴، ۲، ۱-۸، ۲۲ و ۳۲-۲۶].

بیشتر مطالعات انجام شده روی ارتباطات کلاستروم با نواحی مختلف مغز و تکامل آن و اغلب روی حیوانات صورت گرفته است و اطلاعات بسیار کمی در رابطه با مورفولوژی آن در انسان و خصوصاً تقسیم‌بندی آن براساس نشانه‌های آناتومیک وجود دارد. به همین دلیل در این مطالعه برای اولین بار تقسیم‌بندی کلاستروم انسان بر اساس نشانه‌های آناتومیک و بررسیهای مورفومتریک صورت گرفت.

مواد و روشها

مطالعه حاضر روی ده مغز انسان (۵ زن و ۵ مرد) که همه آنها راست دست بوده و حداکثر ۲۴ ساعت از فوت آنها گذشته بود، انجام شد. نمونه‌ها که از بخش نوروپاتولوژی دانشگاه مونیخ آلمان تهیه شده بود، در زمان حیات شان هیچ‌گونه مشکل مغز و اعصاب نداشته و مرگ آنها نیز به علل بیماری‌های غیرمغزی بوده است.

همه نمونه‌ها توسط نوروپاتولوژیست مجرب بررسی و طبیعی بودن آنها محرز شد. سن نمونه‌ها در زمان مرگ بین ۳۷ تا ۶۷ (۵۵/۷±۱۰) سال و وزن مغز ۱۳۵±۱۳۳۲ گرم بود (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات عمومی افراد مورد مطالعه

شماره مغز	جنس	سن (سال)	وزن مغز (گرم)	علت مرگ	طول جلویی - عقبی کلاستروم (mm)
۱	مرد	۶۵	۱۳۵۰	نارسایی کبد	۲۴/۴۸
۲	مرد	۵۸	۱۵۰۰	سکته قلبی	۲۰/۴۰
۳	زن	۵۲	۱۲۰۰	سپسین (Sepsis)	۲۸
۴	زن	۵۹	۱۲۹۰	سپسین	۳۵/۳۸
۵	مرد	۴۱	۱۳۷۰	سپسین	۲۸/۶۸
۶	مرد	۶۷	۱۲۵۰	سپسین	۲۸/۳۸
۷	زن	۶۵	۱۵۱۰	نارسایی قلب راست	۲۱/۷۸
۸	زن	۶۴	۱۱۷۰	نارسایی قلب راست	۲۵/۳۳
۹	مرد	۶۹	۱۵۰۰	سپسین	۳۳/۱۰
۱۰	زن	۳۷	۱۱۸۰	سپسین	۳۴/۷۳
میانگین $\pm$ انحراف معیار	-	۵۵/۷ $\pm$ ۱۰/۵۹	۱۳۳۲ $\pm$ ۱۳۵/۴۶	-	۲۸/۰۶ $\pm$ ۵/۲۵

مغزها از مجموعه بیرون آورده و توسط نخعی که از زیر شریان قاعده‌ای عبور داده می‌شد در ظرف محتوی فرمالین ۴ درصد به مدت دو هفته قرار داده شد. سپس مغزها در جهت کروئال (Coronal) به ضخامت دو سانتی‌متر برش داده و نمونه‌های حاوی کلاستروم به مدت دو هفته دیگر در فرمالین ۴ درصد قرار داده شد.

نمونه‌ها برای ثبوت بهتر در اتانول ۷۰ درصد و ۹۶ درصد هر کدام به مدت یک هفته قرار داده شد. بعد از این مرحله، نمونه‌ها در دستگاه خودکار پردازنده بافت Hypercenter XP (Shandon, Germany) قرار گرفته و در انتها درون پارافین قالب‌گیری شدند.

بلوک‌ها توسط میکروتوم Leitz (Wetzlar, Germany) به صورت کروئال و متوالی به ضخامت ۲۵ میکرومتر برش داده شدند. از هر ۲۰ برش یکی به روش نمونه‌برداری تصادفی سیستماتیک (Uniform random systematic sampling) انتخاب شده، روی لام قرار گرفته و به روش Kluver-Barrera (با کمی تغییر) رنگ آمیزی شد. در این روش رشته‌های میلین دار به رنگ آبی و جسم سلول‌های عصبی به رنگ ارغوانی در می‌آید.

برای اندازه‌گیری طول جلویی - عقبی (Anteroposterior) کلاستروم تعداد برش حاوی کلاستروم در ضخامت برش (۲۵ میکرومتر) ضرب شد (جدول ۱). ضخامت برش برای کلاستروم، بعد از رنگ آمیزی و مراحل آماده سازی بافتی، توسط بررسی حداقل پنج ناحیه در هر برش توسط دستگاه

Microcator (Heidenhain, Germany) و تمرکز کردن از سطح به عمق بافت با استفاده از عدسی $\times 100$ اندازه‌گیری شد [۳۳-۳۶]، که $1/13 \pm 24/31$ میکرومتر بود. میزان چروکیدگی بافتی $2/75$ درصد بود که قابل چشم پوشی است [۳۷].

حجم کلاستروم و بخشهای آن، تعداد کلی نورون و تراکم نورونی در هر بخش با روش‌های استریولوژی محاسبه شد [۳۸] و [۳۹].

یافته‌ها

در رنگ‌آمیزی Kluver-Barrera مرز بین ماده سفید و خاکستری مغز کاملاً مشخص بوده و به راحتی می‌توان محدوده خارجی و داخلی کلاستروم را تعیین کرد. در این روش از برشهای کروئال استفاده شد که بهترین و مرسوم‌ترین روش برای مطالعات نوروآناتومیکی است [۴۰].

کلاستروم در جلو و پایین ضخیم‌تر است و در اینجا با ماده سوراخدار جلویی ادامه می‌یابد. مرز کلاستروم انسان در جلو (Anterior) قشر کاسه چشمی (Orbital) و در عقب (Caudal) قشر Perirhinal است. کلاستروم در طرف داخل و جلو توسط قسمت جلویی جسم سخت (Forceps minor corpus callosum) و در داخل و عقب توسط کپسول خارجی از Caudate-putamen جدا می‌شود. این هسته در خارج توسط کپسول خارجی تر از قشر جزیره‌ای جدا می‌شود.

کلاستروم در زن ($29/12 \pm 6/03$) بیشتر از مرد ($27/01 \pm 4/79$) بود (جدول ۱).

با بررسیهای استریولوژیک تراکم نورونی و حجم بخشهای کلاستروم انسان (اطلاعات منتشر نشده) مشخص شد که در جهت پشتی - شکمی، بخش کلاهی کمترین و بخش شکمی بیشترین درصد حجم کلاستروم را تشکیل می‌دهد. همچنین تراکم نورونی از کلاهی به سمت بخش شکمی کاهش نشان می‌داد. در جهت جلویی - عقبی، بخش عقبی یا خلفی کوچکترین و مرکزی بزرگترین بخش کلاستروم هستند. تراکم نورونی از جلو به عقب نیز کاهش می‌یافت.

بمات

در مطالعه حاضر، برای اولین بار کلاستروم انسان بعد از بررسیهای آناتومیکی برشهای کروئال با استفاده از نشانه‌های کاملاً آناتومیکی و رنگ آمیزی Kluver-Barrera در دو جهت پشتی - شکمی و جلویی - عقبی تقسیم‌بندی شد. در جهت پشتی - شکمی کلاستروم به سه بخش کلاهی، پشتی (عمودی یا جزیره‌ای) و شکمی (پایینی) و در جهت جلویی - عقبی نیز به سه بخش جلویی، مرکزی (میانی) و خلفی (عقبی) تقسیم شد.

علی‌رغم این که مطالعات آناتومیکی با استفاده از رنگ آمیزی گلژی یا رنگ آمیزی سلولی، ساختمان یکنواختی در کلاستروم را گزارش نموده‌اند [۴۱، ۲۱]، با استفاده از رنگ آمیزی‌های مختلف، مورفولوژی، ترتیب نورون‌ها در کلاستروم و همین‌طور شکل ساختمان در برشهای کروئال و حتی الگوی بیان ژن کلاستروم به بخشهایی تقسیم شده است.

اغلب مؤلفین و محققین کلاستروم را در حیوانات مختلف در جهت پشتی - شکمی به دو بخش پشتی و شکمی، با نام‌های متعدد، تقسیم کرده‌اند. بعضی از آنها هر یک از بخشهای مذکور را نیز به مناطق یا نواحی کوچکتر با نام‌های مختلف تقسیم نموده‌اند.

نشانه یا معیار جدایی بین دو بخش فوق‌التهای جزیره یا شیار Rhinal است. بخش بالایی را به عنوان بخش یا کلاستروم پشتی، جزیره‌ای، مجاور جزیره‌ای، عمودی یا متراکم و بخش

در این مطالعه بعد از بررسیهای آناتومیکی و مورفولوژیکی، در کلاستروم انسان در هر دو جهت پشتی - شکمی (Dorso-ventral) و جلویی - عقبی (Antero-posterior) سه بخش مشاهده شد. در جهت پشتی - شکمی یا از بالا به پایین سه بخش کلاهی (Cap)، پشتی، عمودی یا جزیره‌ای (Dorsal) و شکمی یا افقی (Ventral or horizontal) قابل تفکیک است.

بخش کلاهی در برشهای کروئال توسط خط فرضی افقی که در ادامه شیار حلقوی جزیره‌ای (Circular insular sulcus) بوده، از بخش پشتی جدا می‌شود. بخش کلاهی روی شیار حلقوی به صورت قوسی یا منحنی واقع می‌شود. بخش پشتی کاملاً عمودی و باریک است.

بخش شکمی توسط خطی فرضی که به‌طور افقی از انتهای جزیره کشیده می‌شود یا شیار رینال (Rhinal sulcus)، از بخش پشتی جدا می‌شود (شکل ۱). بخش شکمی کاملاً افقی و پهن و در بعضی قسمت‌ها به صورت پراکنده و جدا از هم می‌باشد. قطعه قطعه بودن این بخش به علت عبور فیبرهای رابط جلویی و دسته قلابی شکل (Uncinate fascicle) است. بخش پشتی از ابتدا تا انتهای کلاستروم گسترش می‌یابد، در حالی که بخشهای کلاهی و شکمی در قسمت‌های جلویی و عقبی کلاستروم مشاهده نمی‌شوند. از جلو به عقب، در برشهای کروئال، بخش شکمی نسبت به کلاهی زودتر ظاهر شده و دیرتر ناپدید می‌شود.

در بررسی از جلو به عقب نیز در کلاستروم سه بخش قابل تفکیک است. بهترین نشانه آناتومیکی برای تقسیم‌بندی کلاستروم از جلو به عقب ظهور و ناپدید شدن بخش Globus pallidus (GP) از هسته عدسی شکل است.

در این مطالعه، قسمتی از کلاستروم که در جلوی GP واقع شده را به عنوان بخش جلویی یا قدامی (Anterior)، قسمتی که در عقب آن قرار دارد را بخش عقبی یا خلفی (Posterior) و قسمت مجاور GP را بخش مرکزی یا میانی (Central or Middle) آورده شده است.

طول جلویی - عقبی کلاستروم در انسان بین $20/40$ تا $35/78$ ($28/06 \pm 5/25$) میلی‌متر بود. طول جلویی - عقبی

در عمق قشر جزیره و ناحیه پایینی در عمق قشر پیریفورم واقع می‌شوند [۲۱].

تنها در یکی از مطالعات گذشته کلاستروم (موش) را در جهت پشتی - شکمی به سه ناحیه تقسیم‌بندی نموده است که بر اساس بیان ژن بوده و مرز دقیقی عنوان نکرده است [۲۱]. در این تقسیم‌بندی سه ناحیه بالایی، بینابینی و پایینی تا اندازه‌ای با بخشهای کلاهک، پشتی و شکمی در تقسیم‌بندی تحقیق حاضر مطابقت دارد.

مجموع بخشهای کلاهک و پشتی در تقسیم‌بندی تحقیق حاضر معادل با بخش پشتی در تحقیقات [۴۲] Rowniak، تحقیقات [۴۳] Hinova-Palova، [۱۷] Guirado، [۲۱] Real و [۲۷] Morys، بخش جزیره‌ای در تحقیقات [۴۸] Brockhaus و [۲۲] Majak، بخش مجاور جزیره‌ای در تحقیق [۴۹] Macchi، بخش متراکم در تحقیق [۵] Rae یا بخش عمودی در تحقیقات [۴۵] Filiminoff و [۴۶] Dejerine است. همچنین بخش شکمی در تحقیقات [۴۳] Hinova-Palova، [۱۷] Guirado و [۱] Morys، بخش پایینی در تحقیقات [۴۶] Filiminoff و [۴۵] Dejerine، بخش قطعه قطعه در تحقیق [۵] Rae، بخش گیجگاهی در تحقیق [۴۸] Brockhaus، بخش Prepiriform در تحقیقات [۴۹] Macchi، [۲۲] Morys [۲۷] Majak و هسته Endopiriform در مطالعات دیگران [۲۸، ۲۱، ۱] تا اندازه‌ای با بخش شکمی در تقسیم‌بندی حاضر مطابقت دارد. در بعضی مطالعات واژه کلاستروم را برای بخش پشتی به کار می‌برند و بخش شکمی به عنوان هسته جداگانه Endopiriform معرفی شده است [۱].

مقالات بسیار کمی کلاستروم را از جلو به عقب تقسیم‌بندی کرده‌اند. به‌علاوه در این تقسیم‌بندی‌ها هیچ نشانه آناتومیکی برای محل جدایی بخشها ذکر نشده است. Filiminoff علاوه بر تقسیم‌بندی کلاستروم در جهت پشتی - شکمی، آن را از جلو به عقب به سه منطقه جلویی، بینابینی و خلفی تقسیم نموده است [۴۶]. Wojcik در کلاستروم خرگوش از سه بخش جلویی، مرکزی و خلفی نام برده است [۱۰]. وی عنوان نموده که بخش جلویی بزرگترین بخش کلاستروم است. او تقسیم‌بندی‌اش را بر اساس مورفولوژی، ترتیب نوروها در کلاستروم و همینطور

پایینی را با نام‌های بخش یا کلاستروم شکمی، پایینی، افقی، پیریفورم، قطعه قطعه، گیجگاهی، Prepiriform، یا هسته اندوپیریفورم نام برده‌اند [۱، ۵، ۹، ۱۷، ۲۲، ۳۰ و ۴۹-۴۲].

Dejerine [۴۵] و Filiminoff [۴۶] تنها دو بخش اصلی عمودی (Vertical) و پایینی (Inferior) را توصیف نمودند که توسط فیبرهای دسته قلابی شکل (Uncinate) به جزایر کوچکی از ماده خاکستری تقسیم می‌شود. Landua نام Claustrium parvum را مطرح کرد که به عنوان جزایر ماده خاکستری درون ماده سفید زیر قشر گیجگاهی توصیف شد [۴۷]. Brockhaus دو بخش اصلی جزیره‌ای و گیجگاهی برای کلاستروم گزارش کرد که بخش گیجگاهی در وضعیت شکمی قرار می‌گرفت. او بخش جزیره‌ای را به دو قسمت جزیره‌ای پشتی و جزیره‌ای شکمی تقسیم نمود که قسمت جزیره‌ای شکمی زیرمجموعه‌های متراکم و مشبک (Reticular) داشت. بر طبق تقسیم‌بندی او بخش گیجگاهی از سه قسمت گیجگاهی خارجی (واقع در شکنج بالایی گیجگاهی)، prepiriform (نزدیک به قشر پیریفورم) و Praeamygdaleum (در مجاورت جسم آمیگدالوئید) تشکیل می‌شد. او بین قسمت Praeamygdaleum و جسم آمیگدالوئید کلاستروم گیجگاهی مشبک را توصیف کرد [۴۸]. Macchi قسمت‌های مجاور جزیره‌ای (Parainsular) و Prepiriform کلاستروم در گربه را گزارش نمود [۴۹]. Rae کلاستروم انسان را به دو قسمت پشتی (متراکم) و شکمی (قطعه قطعه) تقسیم کرد که قسمت شکمی از جزایر پراکنده‌ای از ماده خاکستری در مجاورت جسم آمیگدالوئید و قشر گیجگاهی تشکیل می‌شد [۵].

Hinova-Palova و همکارانش نیز کلاستروم را به دو بخش پشتی و شکمی تقسیم نمودند. آنها بخش پشتی را بخش بزرگتر کلاستروم عنوان نموده‌اند [۴۳]. Beneyto و Prieto چهار ناحیه Claustrium parvum، قسمت پشتی، منطقه بینابینی و بخش شکمی را در کلاستروم گربه پیدا کردند [۸]. Real و همکارانش بر اساس الگوی بیان کادهرین (وپروتئین‌های پیوند کلسیم) و آرایش سلولی سه ناحیه را در کلاستروم موش تشخیص دادند که از بالا به پایین شامل ناحیه بالایی (Superior)، بینابینی (Intermediate) و پایینی (Inferior) هستند که دو ناحیه ابتدایی

همکارانش این نسبت در انسان ۰/۲ درصد بود که با مطالعه حاضر مطابقت دارد [۱].

تراکم نورونی در بخش عقبی کلاستروم خرگوش کم است که می‌تواند به این علت باشد که این بخش قدیمی‌تر و بالغ‌تر است و در اصل یک شیب قوی در قسمت طولی وجود دارد. در حالی که قسمت جلویی جوانتر است. این مسئله برای Chinese Hamster نیز توصیف شده است [۵۳]. در انسان نیز تراکم نورونی از جلو به عقب و از کلاهک به سمت بخش شکمی کاهش می‌یابد.

با بررسیهای آناتومیک و مورفولوژیکی مشخص شد که کلاستروم انسان در جهت پشتی-شکمی از سه بخش کلاهک، پشتی و شکمی تشکیل می‌شود. بخش شکمی بیشترین حجم کلاستروم را اشغال می‌کند و دارای نورون بیشتری می‌باشد در حالی که کلاهک کوچکترین بخش بوده و کمترین نورون را دارد.

تعداد نورون در واحد حجم از کلاهک به طرف بخش شکمی کاهش می‌یابد. کلاستروم در جهت جلویی-عقبی نیز از سه بخش جلویی، مرکزی یا میانی و خلفی یا عقبی تشکیل می‌شود. بخش مرکزی بزرگترین و خلفی کوچکترین حجم کلاستروم را اشغال می‌کند. تعداد نورون در واحد حجم از جلو به عقب کاهش می‌یابد.

تقدیر و تشکر

این مقاله قسمتی از نتایج طرح تحقیقاتی مصوب معاونت‌های پژوهشی دانشکده و دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی است. بر خود لازم می‌دانیم که از آن معاونت‌های محترم تشکر نماییم. نویسندگان مقاله همچنین از بخش نوروپاتولوژی دانشگاه مونیخ آلمان به ریاست پروفیسور HA Krezschmar برای در اختیار قرار دادن نمونه‌های مغز انسان، گروه مغز و اعصاب بیمارستان قائم (عج) مشهد به مدیریت آقای دکتر اعتمادی بابت استفاده از آزمایشگاه نوروپاتولوژی و گروه علوم تشریحی دانشگاه علوم پزشکی شیراز به مدیریت آقای دکتر مصباح و همچنین آقای دکتر نورافشان برای در اختیار قرار دادن آزمایشگاه استریولوژی تشکر و قدردانی نماییم.

شکل ساختمان در برشهای کروئال با رنگ آمیزی کرزیل و یوله انجام داده است. در مطالعه ما بخش مرکزی یا میانی بزرگترین بخش کلاستروم بود. این تفاوت ممکن است ناشی از تفاوت محل جدایی بخشها از هم باشد.

همچنین بعضی از مؤلفین کلاستروم را از داخل به خارج به دو بخش داخلی (Medial) و خارجی (Lateral) تقسیم نموده‌اند. Dinopoulos و همکارانش با رنگ آمیزی کرزیل و یوله در خارپشت (Hedgehog)، دو بخش داخلی و خارجی را نام برده‌اند [۵۰]. در جوندگان، گوشتخواران و پریمات‌ها از داخل به خارج یکنواختی سلولی وجود دارد [۲۴ و ۵۱]. در موش‌ها در زمان تولد دو بخش داخلی و خارجی مشخص است ولی بعداً این دو بخش با هم ترکیب شده و مرزی وجود ندارد [۵۲].

طول جلویی-عقبی کلاستروم در میمون (Macaque) ۲۴ [۱۷ و ۵۳] و در سگ ۱۴-۱۶ میلی‌متر بررسیها گزارش شده است [۳۲]. در مطالعه ما طول کلاستروم انسان $28/06 \pm 5/25$ میلی‌متر بود و طول کلاستروم در زنان بیشتر از مردان بود.

شکل کلاستروم در برشهای کروئال در سگ مشابه بومرنگ در بخشهای جلویی و مرکزی است [۵۱]، در حالی که در خرگوش این قسمت‌ها مثل قطره و گرز است [۲۳-۲۴]. در انسان کلاستروم در جلوترین و عقب‌ترین قسمت در برشهای کروئال به صورت عمودی و باریک است. ولی با ظهور بخشهای کلاهک و شکمی شکل ثابت و یکنواختی ندارد. به طوری که در بعضی قسمت‌ها بخش شکمی به سمت داخل یا خارج گسترش می‌یابد و در بعضی برشها می‌توان دو قسمت خارجی و داخلی برای بخش شکمی در نظر گرفت. در بعضی برشها، بخش شکمی به صورت قطعه قطعه است. اختلاف شکل بین گونه‌ها ممکن است به اختلاف در ساختمان قشری (Gyrification) باشد [۱۰].

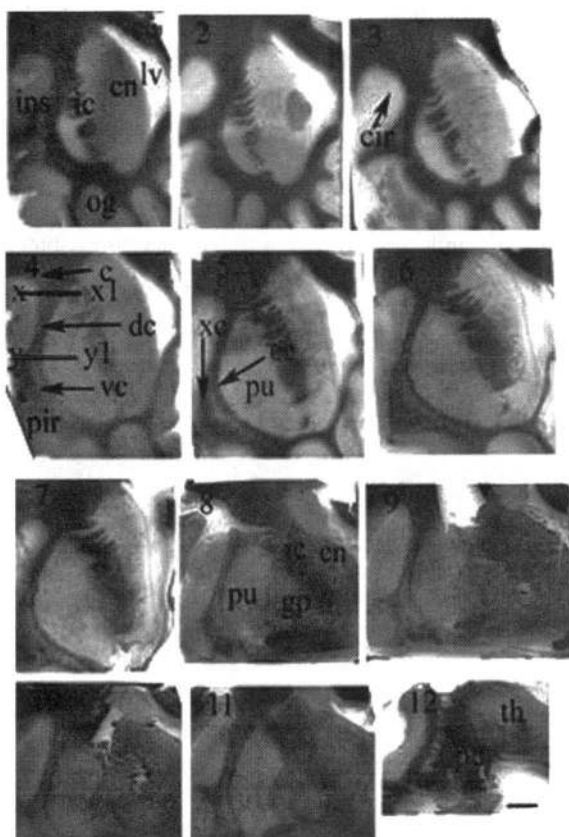
در اکثر حیوانات حجم کلاستروم متناسب با حجم قشری است [۷]. کلاستروم در خرگوش و در موش صحرایی ۰/۸۵ درصد حجم نیمکره را تشکیل می‌دهد [۱۰]. این نسبت در مطالعه حاضر ۰/۱۹۷ درصد بود. در مطالعه Morys و

References

- Morys J, Bredel B, Maciejewska B, Sadowski M, Sidorowicz M, Kowianska J, Narkiewicz O. Division of the human claustrum according to its architecture and morphometric parameters. *Folia Morphol (Warsz)* 1966; 55(2): 82-69.
- Shibuya H, Yamamoto T. Electrophysiological and morphological features of rat claustral neurons: an intracellular staining study. *Neuroscience* 1998; 85(4): 1037-49.
- Gomez-Urquijo SM, Gutierrez-Ibarluzea I, Bueno-Lopez JL, Reblet C. Percentage incidence of γ -aminobutyric acid neurons in the claustrum of the rabbit and comparison with the cortex and putamen. *Neurosci Lett* 2000; 282: 177-80.
- Lipowska M, Kowianski P, Majak K, Jagalska-Majewska H, Morys J. The connections of the endopiriform nucleus with the insular claustrum in the rat and rabbit. *Folia Morphol* 2000; 59(2): 77-83.
- Rae ASL. The form and structure of the human claustrum. *J Comp Neurol* 1954; 100: 15-39.
- Carpenter MB. Core text of neuroanatomy. 4th ed. Williams & Wilkins London, 1991, p 279
- Hadjikhani N, Roland P. Cross-modal transfer of information between the tactile and the visual representations in the human brain: a positron emission tomographic study. *J Neurosci* 1998; 18(3): 1072-84.
- Beneyto M, Prieto JJ. Connections of the auditory cortex with the claustrum and endopiriform nucleus in the cat. *Brain Res Bull* 2001; 54(5): 485-98.
- Zhang X, Hannesson DK, Saucier DM, Wallace AE, Howland J, Corcoran ME. Susceptibility to kindling and neuronal connections of the anterior claustrum. *J Neurosci* 2001; 21(10): 3674-8.
- Wojcik S, Dziewiatkowski J, Kowianski P, Ludkiewicz B, Jagalska-Majewska H, Morys J. Qualitative and quantitative study of the postnatal development of the rabbit claustrum. *Int J Dev Neurosci* 2002; 20(2): 113-23.
- Sener RN. Lesions affecting the claustrum. *Comput Med Imag Graph* 1998; 22: 57-61.
- Morys J, Narkiewicz O, Wisniewski HM. The human claustrum in some congenital malformations of the brain. *Folia Morphol (Warsz)* 1990; 49(3): 177-84.
- Striedter GF, Marchant TA, Beydler S. The "neostriatum" develops as part of the lateral pallium in birds. *J Neurosci* 1998; 18(15): 5839-49.
- Stoykova A, Treichel D, Hallonet M, Cruss P. Pax6 modulates the dorsoventral patterning of the mammalia telencephalon. *J Neurosci* 2000; 20(21): 8042-50.
- Kunzle H, Radtke-Schuller S. Cortical connections of the claustrum and subjacent cell groups in the hedgehog tenrec. *Anat Embryol* 2001; 203: 403-15.
- Reblet C, Alejo A, Blanco-Santiago RI, Mendizabal-Zubiaga J, Fuentes M, Bueno-Lopez JL. Neuroepithelial origin of the insular and endopiriform parts of the claustrum. *Brain Res Bull* 2002; 57(3-4): 495-7.
- Guirado S, Real MA, Olmos JL, Davila JC. Distinct types of Nitric oxide-producing neurons in the developing and adult mouse claustrum. *J Comp Neurol* 2003; 465: 431-44.
- Kowianski P, Dziewiatkowski J, Karwacki Z, Morys J. The different patterns of maturation of the claustrum connections in a rabbit. *Folia Morphol* 2000; 59(3): 193-200.
- Shima K, Hoshi E, Tanji J. Neuronal activity in the claustrum of the monkey during performance of multiple movements. *J Neurophysiol* 1996; 76(3): 2115-9.
- Baizer JS. Serotonergic innervation of the primate claustrum. *Brain Res Bull* 2001; 55(3): 431-4.
- Real MA, Davila JC, Guirado S. Expression of calcium-binding proteins in the mouse claustrum. *J Chem Neuroanat* 2003; 25: 151-60.
- Majak K, Kowianski P, Morys J, Spodnik J, Karwacki Z, Wisniewski HM. The limbic zone of the rabbit and rat claustrum: a study of the claustrum connections based on the retrograde axonal transport of fluorescent tracers. *Anat Embryol* 2000; 201: 15-25.
- Jakubowska-Sadowska K, Morys J, Sadowski M, Kowianski P, Karwacki Z, Narkiewicz O. Visual zone of the claustrum shows localizational and organizational differences among rat, guinea pig, rabbit and cat. *Anat Embryol* 1998; 198: 63-72.
- Kowianski P, Morys J, Karwacki Z, Dziewiatkowski J, Narkiewicz O. The cortico-related zones of the rabbit claustrum - study of the claustrum connections based on the retrograde axonal transport of

- fluorescent tracers. *Brain Res* 1998; 784: 199-209.
25. Narkiewicz O, Sloniewski P, Morys J. Pretectal projections to the claustrum in the Cat. *Verh Anat Ges* 1983; 77: 685-7.
26. Mohapel P, Zhang X, Gillespie GW, Chlan-Fourney J, Hannesson DK, Corley SM, Li XM, Corcoran ME. Kindling of claustrum and insular cortex: comparison to perirhinal cortex in the rat. *Europ J Neurosci* 2001; 13: 1501-9.
27. Morys J, Bobinski M, Kozłowski P, Dziwiątkowski J, Switka A, Wisniewski H, et al. Narkiewicz O. The pathology of the claustrum in Galloway syndrome indicates the existence of claustrum-entorhinal pathway. *Folia Morphol (Warsz)* 1993; 52(1): 1-9.
28. Kowianski P, Lipowska M, Morys J. The piriform cortex and the endopiriform nucleus in the rat reveal generally similar pattern of connections. *Folia Morphol (Warsz)* 1999; 58(1): 9-19.
29. Kowianski P, Timmermans JP, Morys J. Differentiation in the immunocytochemical features of intrinsic and cortically projecting neurons in the rat claustrum - combined immunocytochemical and axonal transport study. *Brain Res* 2001; 905: 63-71.
30. Majak K, Kowianski P, Dziwiątkowski J, Karwacki Z, Luczynska A, Morys J. Claustrum connections in the rabbit and rat - a stereological study. *Folia Morphol* 2000; 59(1): 47-56.
31. Sloniewski P, Morys J. The claustrum as the structure related to the somatosensory evoked potentials in the man. *Verh Anat Ges* 1987; 81: S. 891-2.
32. Maciejewska B, Morys J, Berdel B, Narkiewicz O. Insular claustrum of the dog - a morphometric investigation of cellular structure. *Folia Morphol (Warsz)* 1994; 53(4): 209-19.
33. Airey DC, Lu L, Williams RW. Genetic control of the mouse cerebellum: Identification of quantitative trait loci modulating size and architecture. *J Neurosci* 2001; 21(14): 5099-109.
34. Capurso SA, Calhoun ME, Sukhov RR, Mouton PR, Price DL, Koliatsos VE. Deafferentation causes apoptosis in cortical sensory neurons in the adult rat. *J Neurosci* 1997; 17(19): 7372-84.
35. Luk KC, Sadikot AF. GABA promotes survival but not proliferation of parvalbumin-immunoreactive interneurons in rodent neostriatum: an in vivo study with stereology. *Neuroscience* 2001; 104(1): 93-103.
36. Camarero G, Avendano C, Fernandez-Moreno C, Villar A, Contreras J, Pablo FD, Pichel JG, Varela-Nieto I. Delayed inner ear maturation and neuronal loss in postnatal Igf-1-deficient mice. *J Neurosci* 2001; 21(19): 7630-41.
37. Russ JC, Dehoff RT. Practical stereology. 2nd ed. Kluwer Academic/ Plenum publishers. New York, 2000, p 381.
38. Mouton PR. Principles and practices of unbiased stereology: an introduction for bioscientists. 1st ed. The John Hopkins University Press, Baltimore. 2002, pp 29-113.
39. Howard CV, Reed MG. Unbiased stereology: three-dimensional measurement in microscopy. 1st ed. BIOS Scientific publishers, Oxford. 1998, pp 1-106.
40. Harasty JA, Halliday GM, Kril JJ, Code C. Specific temporoparietal gyral atrophy reflects the pattern of language dissolution in Alzheimer's disease. *Brain* 1999; 122: 675-86.
41. Reynhout K, Baizer JS. Immunoreactivity for calcium-binding proteins in the claustrum of the monkey. *Anat Embryol* 1999; 199: 75-83.
42. Rowniak M, Sztajn S, Robak A, Klawon M. The types of neurons in the claustrum of bison bonassus: Nissl and Golgi study. *Folia Morphol (Warsz)* 1994; 53(4): 231-7.
43. Hinova-Palova DV, Paloff A, Christova T, Ovtcharoff W. Topographical distribution of NADPH-Diaphorase positive neurons in the cat's claustrum. *Europ J Morphol* 1997; 135(2): 105-16.
44. Krettek JE, Price JL. Projections from the amygdaloid complex and adjacent olfactory structures to the entorhinal cortex and to the subiculum in the rat and cat. *J Comp Neurol* 1977; 172: 723-52.
45. Dejerine J. Anatomie des centres nerveux. Paris 1895; Vol. 1, (Abs).
46. Filiminoff IN. The claustrum, its origin and development. *J Hirnforsch* 1966; 8: 503-28.
47. Laundua E. Le claustrum parvum chez l'homme. *Mem Soc Vand Sci Nat* 1938; 41: 45-62.
48. Brockhaus H. Die cyto- und myeloarchitektonik des cortex claustralis und des claustrum beim menschen. *J Psychol Neurol* 1940; 49: 249-348.
49. Macchi G. Sulla morfologia, struttura e rapporti del claustrum nell'uomo. *Cervello* 1948; 24: 1-26.
50. Dinopoulos A, Papadopoulos GC, Michaloudi H,

- Parnavelas JG, Uylings HBM, Karamanilidis AN.** Calustrium in the hedgehog (*Erinaceus europaeus*) brain: cytoarchitecture and connections with cortical and subcortical structures. *J Comp Neurol* 1992; 316: 187-205.
51. **Morys J, Narkiewicz O, Maciejewska B, Wegiel J, Wisniewski HM.** Amyloid deposits and loss of neurones in the claustrum of the aged dog. *Neuroreport* 1994; 5: 1825-8.
52. **Baizer JS, Lock TM, Youakim M.** Projections from the claustrum to the prelunate gyrus in the monkey. *Exp Brain Res* 1997; 113: 564-8.
53. **Ten Donkelaar HJ, Lammers GJ, Gribnau AAM.** Neurogenesis in the amygdaloid nuclear complex in a rodent (the Chinese hamster). *Brain Res* 1979; 165: 348-53.



▲ شکل ۱. برش‌های کرونال کلاستروم انسان در جهت قدامی - خلفی به روش رنگ‌آمیزی: Kluver-Barrera. Scale bar = ۲cm. خط فرضی بین بخش‌های کلاهک و پشتی، yl = خط فرضی بین بخش‌های پشتی و شکمی.

C: Claustrum cap, CC: Corpus Callosum, Cn: Caudate nucleus, dc: Claustrum dorsal part, ec: external capsule, gp: globus pallidus
ic: Internal capsule, ins: Insula, lv: Lateral ventricle, pir: piriform cortex, pu: Putamen, th: Thalamus, vc: Claustrum ventral part
Xc: Extreme capsule