تحقیقی

تفاوت جنسی در حجم و شاخص‌های آناتومی سطحی قشر سینگولیت در مغز افراد طبیعی (یک مطالعه استریولوژیک و ماکروسکوپیک)

دکتر حسین حقیر
استادیار گروه علوم تشریح دانشگاه علوم پزشکی مشهد
پروفسور پرویز مهرآئین
استاد گروه نوروپاتولوژی دانشگاه مونیخ ، آلمان
دکتر مهدی مهدی‌زاده
دانشیار گروه علوم تشریح دانشگاه علوم پزشکی ایران

نویسنده مسؤول : دکتر حسین حقیر
پست الکترونیکی : drhaghir@yahoo.com
نشانی : مشهد ، صندوق پستی ۳۸۷۵-۹۱۳۷۵
تلفن ۸۵۹۶۵۲۲-۰۵۱۱ ، نمابر : ۸۵۹۱۹۲۲

وصول مقاله : ۸۳/۱۱/۴
اصلاح نهایی : ۸۴/۳/۴
پذیرش مقاله : ۸۴/۳/۲۰

چکیده

زمینه و هدف : *قشر سینگولیت در بسیاری از عملکردهای مغز انسان نقش دارد. تفاوت جنسی در حجم و شاخص‌های سطحی قشر سینگولیت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این تحقیق به منظور تعیین تفاوت جنسی در حجم و شاخص‌های آناتومی سطحی قشر سینگولیت در نیم‌کره چپ مغز افراد سالم و راست دست انجام شد.*

روش بررسی : *این مطالعه توصیفی - مقطعی روی ۷۲ مغز (۳۸ مرد و ۳۴ زن) اتوپسی شده متعلق به افراد راست دست انجام شد. نیم‌کره راست هر مغز برای مطالعات نوروپاتولوژیک و تأیید سلامت مغز و نیم‌کره چپ برای بررسی‌های استریولوژیک استفاده شد. محاسبه حجم، مساحت و ضخامت قشر سینگولیت از روی تصاویر برش‌های کورونال و سریال ۵ میلی‌متری نیم‌کره چپ هر مغز، به کمک روش استریولوژیک انجام گرفت. نتایج با آزمون تی‌استودنت تحلیل شد.*

یافته‌ها : *حجم قشر سینگولیت چپ در مردان و زنان به ترتیب ۳/۰۶±۱۰/۹۲ و ۲/۳۰±۱۰/۰۵ سانتی‌متر مکعب بود. مساحت بیرونی قشر مذکور در مردان ۱۰/۷۳±۴۳/۸۷ سانتی‌متر مربع و در زنان ۸/۶۸±۴۳/۷۴ سانتی‌متر مربع بود. مساحت درونی قشر سینگولیت چپ در مردان و زنان به ترتیب ۱۱/۵۶±۳۴/۸۷ و ۸/۰۸±۳۶/۵۵ سانتی‌متر مربع بود. تفاوت جنسی معنی‌داری در حجم و مساحت‌های قشر سینگولیت چپ مشاهده نشد. ضخامت قشر سینگولیت چپ در مردان ۰/۵±۲/۸۸ میلی‌متر و در زنان ۰/۳±۲/۵۱ میلی‌متر بود. ضخامت قشر سینگولیت چپ در زنان نسبت به مردان ۱۲/۸۵ درصد کمتر بود ($P<0/05$).*

نتیجه‌گیری : *هر چند حجم و مساحت‌های بیرونی و درونی قشر سینگولیت چپ در دو جنس مشابه است ولی ضخامت این قشر در زنان راست دست و سالم به طور معنی‌داری کمتر از مردان است. هر چند اهمیت عملکردی این تفاوت‌ها و شباهت‌های جنسی در نواحی مختلف قشر مغز انسان هنوز به خوبی روشن نیست ، ولی دانشمندان به هنگام بررسی‌های مورفومتریک خود روی مغز باید از وجود چنین تفاوت‌ها و شباهت‌هایی آگاه باشند.*

کلید واژه‌ها : *تفاوت جنسی - قشر سینگولیت - حجم - آناتومی سطحی - مغز انسان*

مقدمه

هر چند بیش از صد سال از کشف بزرگ‌تر بودن مغز مردان نسبت به زنان ، حتی پس از اصلاح عامل اندازه بدن، می‌گذرد (۳-۱) ، هنوز بسیاری از پرسش‌های اساسی در مورد تفاوت جنسی در ساختار مغز انسان بدون پاسخ باقی مانده است (۴).

نویسندگان در مقالات قبلی خود به این نتیجه رسیده‌اند که علی‌رغم بیشتر بودن حجم نیم‌کره چپ در مغز مردان، حجم قشر لوب‌ها و شکنج‌های مختلف این نیم‌کره الزاماً در مردان بیشتر از زنان نیست و به عبارت دیگر تفاوت جنسی حجم قشر مغز در انسان پدیده‌ای موضعی و نه عمومی است (۸-۵). از سوی دیگر، در زمینه تفاوت‌های جنسی در شاخص‌های آناتومی سطحی قشر مغز، مطالعات معدودی صورت گرفته که نتایج متناقضی در پی داشته است. برخی مطالعات نشان داده‌اند که ضخامت قشر مغز مردان و زنان مشابه است (۴و۹و۱۰). مطالعه دیگری نشان داده که قشر مغز زنان ضخیم‌تر از مردان است (۱۱) و در نهایت مطالعه دیگری قشر مغز مردان را ضخیم‌تر از زنان می‌داند (۱۲). این تناقض‌ها نشان می‌دهد که احتمالاً تفاوت جنسی در شاخص‌های آناتومی سطحی قشر مغز انسان نیز پدیده‌ای موضعی است و از ناحیه‌ای به ناحیه دیگر قشر متفاوت است.

قشر سینگولیت در بسیاری از عملکردهای مغز انسان از جمله هیجانات، انگیزش‌ها، توجه، حافظه، یادگیری و تکلم نقش دارد (۱۳و۱۴). با این حال تفاوت جنسی در حجم و شاخص‌های سطحی قشر سینگولیت کمتر مورد توجه قرار گرفته است. علی‌رغم جستجوی فراوان تنها سه مقاله در رابطه با تفاوت جنسی در شکنج سینگولیت انسان یافت شد. هر سه مقاله به کمک تصویربرداری با رزونانس مغناطیسی (MRI) حجم شکنج سینگولیت را مورد ارزیابی قرار داده بودند. Yucel و همکاران (۱۵) عدم تقارن بین نیم‌کره‌ای بیشتری را در حجم شکنج سینگولیت مردان نسبت به زنان گزارش کردند. Allen و همکاران (۱۶و۱۷) دریافتند که حجم کل

شکنج سینگولیت در مردان بیشتر از زنان است. اما آنها علت تفاوت حجم شکنج سینگولیت در بین این دو جنس را عمدتاً ناشی از تفاوت حجم ماده سفید و نه قشر سینگولیت عنوان کردند. از سوی دیگر، مطالعه‌ای که شاخص‌های آناتومی سطحی قشر سینگولیت را به طور اختصاصی مورد بررسی قرار داده باشد ، یافت نشد.

در این مطالعه، تفاوت جنسی در حجم و شاخص‌های آناتومی سطحی قشر سینگولیت نیم‌کره چپ در مغز افراد سالم و راست دست با روش بدون تورش (Unbiased) استریولوژیک روی نمونه‌های اتوپسی بررسی می‌شود.

روش بررسی

این تحقیق یک مطالعه مقطعی - توصیفی روی ۷۲ مغز اتوپسی شده انسان می‌باشد. این مغزها مربوط به افراد راست دستی بود که در زمان حیات علایم بیماری‌های نورولوژیک و روانی نداشته‌اند و نیز به علل غیرمغزی فوت کرده بودند و گزارش نوروپاتولوژی آنها از نظر ماکروسکپی و میکروسکپی نمایانگر سلامت کامل مغز، پرده‌ها و عروق مغزی بود. بیمارانی که در کلینیک‌های وابسته به دانشگاه مونیخ، به هر علتی، فوت کنند، طبق قانون در دپارتمان پاتولوژی تحت اتوپسی کامل تمام بدن قرار می‌گیرند و مغز آنها به دپارتمان نوروپاتولوژی ارسال می‌گردد. تمامی نمونه‌های تحقیق از بانک مغز دپارتمان نوروپاتولوژی دانشگاه مونیخ آلمان جمع‌آوری شد. ۳۸ مغز متعلق به مردان با محدوده سنی ۸۴-۵۸ سال (۷/۵±۶۹/۵ سال) و ۳۴ مغز متعلق به زنان با محدوده سنی ۸۳-۶۱ سال (۵/۵±۶۷/۲ سال) بود. مردان و زنان از نظر سنی مشابه یکدیگر بودند.

مغزها حداکثر طی مدت ۲۴ ساعت پس از مرگ از درون جمجمه خارج و بعد از توزین، توسط نخی که از زیر شریان بازیلار عبور داده می‌شد، درون ظرفی محتوی ۴ تا ۵ لیتر محلول فرمالدئید ۴ درصد به صورت معلق نگهداری می‌شد (۱۸). حداقل زمان برای تثبیت (فیکساسیون) مغزها ۴هفته بود. مغزها تا زمانی در محلول فرمالین نگهداری می‌شدند که از بازگشت تورم ابتدایی ناشی از تثبیت اطمینان حاصل می‌شد. یعنی زمانی که وزن مغز تثبیت شده معادل وزن مغز تازه می‌گردید (۱۹).

پس از کامل شدن تثبیت، مغزها برای بررسی‌های نوروپاتولوژیک و استریولوژیک آماده می‌شدند. ابتدا تنه مغزی از بالای برجستگی‌هایی چهارگانه قطع و سپس دو نیم‌کره توسط یک برش ساژیتال میانی از یکدیگر جدا می‌شد. سپس نیم‌کره راست هر مغز برای بررسی‌های نوروپاتولوژیک (جهت تأیید سلامت مغز) و نیم‌کره چپ برای مطالعات استریولوژیک مورد استفاده قرار می‌گرفت.

لپتومننژ نیم‌کره چپ هر مغز با احتیاط برداشته و از سطوح فوقانی - خارجی و داخلی این نیم‌کره همراه با خط کش مقیاس عکس‌برداری شد. بعد نیم‌کره چپ توسط ماکروتوم به صورت سریال و موازی در سطح کورونال با ضخامت ۵ میلی-متر برش داده شد. هر یک از برش‌ها شماره‌گذاری و همراه با خط‌کش مقیاس عکس‌برداری شد. سپس تمام برش‌های یک نیم‌کره کنار هم چیده و مجدداً از سطوح فوقانی - خارجی و داخلی آن عکس‌برداری گردید.

شکنج سینگولیت روی سطح داخلی نیم‌کره در برش‌های کورونال شامل موارد زیر در نظر گرفته و تعیین حدود شد:

الف) شکنج سینگولیت پره کالوزال، در جلوی زانوی کورپوس کالوزوم قراردارد و در بالا و پایین توسط شیار سینگولیت محدود می‌شود.

ب) شکنج سینگولیت سوپراکالوزال، در بالای تنه کورپوس کالوزوم قرار دارد و توسط شیار سینگولیت (و شیار ساب پاریتال) در بالا و شیار کالوزال در پایین محدود می‌شود.

ج) شکنج سینگولیت رتروکالوزال و تنگه (Isthmus) سینگولیت، در خلف اسپلنیوم کورپوس کالوزوم قرار دارد و توسط شیارهای ساب پاریتال و کالکارین در عقب و شیار کالوزال در جلو محدود می‌شود.

مرز بین قشر شکنج سینگولیت و ماده سفید زیر آن به وضوح در برشها قابل مشاهده بود.

برای تعیین حجم قشر سینگولیت از اصل کاوالیری (Cavalieri's princide) استفاده شد. بدین منظور یک گرید نقطه‌ای به صورت کاملاً تصادفی روی هر یک از تصاویر مقاطع کورونال نیم‌کره چپ مغز قرار می‌گرفت و تعداد نقاطی که در هر تصویر با سطح مقطع قشر سینگولیت برخورد داشت، شمارش می‌شد (Pi). با معلوم بودن مساحت مربوط به هر نقطه از گرید (P)(α) ، ضخامت برش‌ها (t)و بزرگ‌نمایی تصویر (با توجه به خط کش مقیاس) ، حجم قشر سینگولیت توسط فرمول $V=t.\Sigma Pi.\alpha_{(p)}$ محاسبه می‌شد (۲۰).

از آنجا که حجم کل نیم‌کره چپ در مطالعات قبلی نویسندگان محاسبه شده بود (۵) ، حجم قشر سینگولیت چپ در هر مورد بر اساس رابطه زیر نسبت به حجم نیم‌کره چپ

تصحیح شد:

$$NV= \frac{(MHV)\times(CinV)}{(HV)}$$

NV: حجم تصحیح شده قشر سینگولیت
MHV: میانگین حجم نیم‌کره چپ در گروه جنسی مربوطه
Cin V: حجم قشر سینگولیت قبل از تصحیح
HV: حجم نیم‌کره چپ فرد

ابزار استریولوژیک مورد استفاده برای محاسبه مساحت، گرید خطی بود. این گرید به صورت تصادفی روی تک‌تک تصاویر مقاطع کورونال نیم‌کره چپ مغز قرار می‌گرفت. برای محاسبه مساحت بیرونی و درونی قشر سینگولیت، نقاط تلاقی خطوط گرید به ترتیب با سطوح بیرونی و درونی قشر شمارش می‌شد. منظور از سطح بیرونی قشر، سطحی است که با نرم شامه تماس دارد و سطح درونی قشر، سطحی است که با ماده سفید در تماس می‌باشد. در نهایت مساحت‌های بیرونی و درونی قشر سینگولیت به صورت جداگانه با استفاده از فرمول $S=2\times h\times I\times t$ محاسبه شد. در این فرمول S مساحت قشر، I تعداد نقاط تلاقی خطوط گرید با سطح مورد نظر قشر، h فاصله خطوط گرید از یکدیگر و t ضخامت برش‌ها می‌باشد.

برای تصحیح مساحت‌های بیرونی و درونی قشر سینگولیت چپ، ابتدا سطح مقطع میدساژیتال نیم‌کره چپ با استفاده از گرید نقطه‌ای محاسبه می‌شد، سپس طبق فرمول ذیل تصحیح صورت می گرفت:

$$NS= \frac{(MMA)\times(S)}{(MA)}$$

NS: مساحت تصحیح شده قشر سینگولیت
MMA: میانگین سطح مقطع مید ساژیتال نیم‌کره چپ در گروه جنسی مربوطه
S: مساحت قشر سینگولیت قبل از تصحیح
MA: سطح مقطع مید ساژیتال نیم‌کره چپ فرد

برای محاسبه ضخامت قشر سینگولیت، حجم تصحیح شده قشر را بر مساحت متوسط قشر تقسیم می‌کنیم. مساحت متوسط قشر عبارتست از نصف مجموع مساحت‌های تصحیح شده بیرونی و درونی قشر.

ضخامت برش‌های کورونال نیم‌کره چپ مغز، تعداد نقاط گرید نقطه‌ای (تعداد نقاط در واحد سطح) و فاصله خطوط گرید خطی با محاسبه ضریب خطا (CE)، طبق فرمول Gundersen & Jensen (۲۱) کنترل شد.

داده‌های تحقیق به کمک نرم‌افزار آماری SPSS، از طریق محاسبه میانگین، واریانس و انحراف معیار برای هر شاخص و استفاده از آزمون تی استودنت برای تعیین معنی‌دار بودن اختلاف هر شاخص بین دو جنس تجزیه و تحلیل شد. مقدار P کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار تفسیر گردید.

یافته‌ها

حجم، مساحت‌های بیرونی و درونی و ضخامت قشر سینگولیت در نیم‌کره چپ مغز مردان و زنان سالم و راست دست در جدول (۱) نشان داده شده است.

به طوری که مشاهده می‌شود حجم قشر سینگولیت نیم‌کره چپ و همچنین مساحت‌های بیرونی و درونی آن در مردان و زنان سالم و راست دست مشابه است.

ضخامت قشر سینگولیت نیم‌کره چپ در زنان ۳/۵۱±۰/۳ میلی‌متر بود که نسبت به ضخامت این قشر در مردان (۲/۸۸±۰/۵ میلی‌متر) ۱۲/۸۵ درصد کمتر بود (P<۰/۰۵).

بحث

این تحقیق نشان داد که حجم و مساحت‌های بیرونی، درونی و متوسط قشر سینگولیت در نیم‌کره چپ بین دو جنس مشابه است. در حالی که قشر سینگولیت چپ در مردان سالم و راست دست به طور معنی‌داری ضخیم‌تر از زنان است (P<۰/۰۵).

Allen و همکاران (۱۷و۱۸) در مطالعه خود با استفاده از تصویربرداری با رزونانس مغناطیسی (MRI) دریافتند که شکنج سینگولیت چپ بزرگ‌تر از شکنج سینگولیت راست است.

جدول ۱: حجم و شاخص‌های آناتومی سطحی قشر سینگولیت نیم‌کره چپ در مغز مردان و زنان سالم و راست دست

شاخص (واحد)	مردان (N=۳۸)	زنان (N=۳۴)	درصد اختلاف در زنان نسبت به مردان *	مقدار P
حجم (سانتی متر مکعب)	۱۰/۹۲±۳/۰۶	۱۰/۰۵±۲/۳۰	-۷/۹۷	۰/۱۷
مساحت بیرونی(سانتی متر مربع)	۴۳/۸۷±۱۰/۷۳	۴۳/۷۴±۸/۶۸	-۰/۳۰	۰/۹۵
مساحت درونی(سانتی متر مربع)	۳۴/۸۷±۱۱/۵۶	۳۶/۵۵±۸/۰۸	۴/۸۲	۰/۴۷
ضخامت (میلی متر)	۲/۸۸±۰/۵	۲/۵۱±۰/۳	-۱۲/۸۵	۰/۰۰۱

** شاخص های مربوط به مردان ۱۰۰ درصد فرض شده است.*

Yucel و همکاران (۱۵) نیز معتقدند که عدم تقارن بین نیم‌کره‌ای در حجم شکنج سینگولیت در مردان بیشتر از زنان است.

Allen و همکاران (۱۶و۱۷) همچنین دریافتند که حجم شکنج سینگولیت در مردان بیشتر از زنان است. آنها علت تفاوت حجم شکنج سینگولیت در بین دو جنس را عمدتاً مربوط به تفاوت حجم ماده سفید این شکنج و نه قشر خاکستری آن می‌دانستند. در تحقیق حاضر نیز مشخص شد که حجم قشر سینگولیت در نیم‌کره چپ بین دو جنس مشابه است. در نتیجه یافته‌های این مطالعه نظر Allen و همکاران (۱۶و۱۷) را که معتقد بودند علت تفاوت جنسی در حجم شکنج سینگولیت مربوط به تفاوت حجم قشر خاکستری آن نیست، تأیید می‌کند.

متأسفانه علی‌رغم جستجوی فراوان، مقاله‌ای که در آن تفاوت‌های جنسی در آناتومی سطحی قشر سینگولیت به طور اختصاصی مورد بررسی قرار گرفته باشد ، یافت نشد. با این حال، چند مطالعه اتوپسی (پس از مرگ) و یک مطالعه تصویربرداری مغز (روی افراد زنده) آناتومی سطحی قشر مغز را به طور کلی در دو جنس مورد ارزیابی قرار داده‌اند که نتایج متناقضی داشته است. Henery و Mayhew (۱۱) معتقدند که به طور کلی قشر مغز زنان ضخیم‌تر از مردان است. برعکس Pakkenberg و Gundersen (۱۲) قشر مغز ضخیم‌تری را در مردان گزارش کرده‌اند. از سوی دیگر، Witelson و همکاران (۹) هیچ تفاوت جنسی معنی‌داری را در ضخامت قشر بخشی از قطعه گیجگاهی مغز نیافتند. Zilles و همکاران (۱۰) در مطالعه خود روی نمونه‌های اتوپسی، همچنین Nopoulos و همکاران (۴) نیز در مطالعه خود به کمک MRI بر روی افراد زنده، تفاوت جنسی معنی‌داری را درشاخص‌های آناتومی سطحی قشر مغز پیدا نکردند.

تحقیقات قبلی نویسندگان روی شاخص‌های آناتومی سطحی قشر لوب‌های مختلف نیم‌کره چپ، نشان می‌دهد که تفاوت جنسی در ضخامت قشر، همانند تفاوت جنسی در حجم قشر، پدیده‌ای موضعی است و از یک ناحیه به ناحیه دیگر قشر متفاوت است. به عنوان مثال، هر چند ضخامت قشر لوب آهیانه‌ای چپ در زنان کمتر از مردان می‌باشد ولی ضخامت قشر سایر لوب‌های نیم‌کره چپ در دو جنس تقریباً مشابه است (۲۲). بدین ترتیب می‌توان گفت علت تناقض‌های مشاهده شده در تفاوت جنسی ضخامت قشر مغز (۱۲-۴ و ۹) احتمالاً مربوط به این امر می‌شود که هر مطالعهٔ ناحیه‌ای از قشر را مورد بررسی قرار داده ولی نتیجه‌گیری را به کل قشر مغز تعمیم داده است. علت دیگر این تناقضات را می‌توان استفاده از روش‌های متفاوت محاسبه ضخامت قشر مغز دانست. در تحقیق حاضر برای این منظور از روش‌های بدون تورش استریولوژیک، که از دقیق‌ترین روش‌های محاسباتی است، استفاده شده است. به دلیل موضعی بودن تفاوت جنسی در قشر مغز انسان، لازم است مطالعات اختصاصی روی حجم و ضخامت قشر مناطق مختلف مغز انسان صورت گیرد تا الگوهای تفاوت جنسی هر ناحیه از قشر به طور اختصاصی تعیین گردد.

اهمیت عملکردی تفاوت‌های جنسی در حجم یا ضخامت قشر مغز هنوز به درستی مشخص نشده است. قشر سینگولیت و قشر پاراهیپوکامپال، هر دو از اجزای اصلی مدار Papez محسوب می‌شوند که یکی از مهم‌ترین مدارهای سیستم لیمبیک است (۲۳). مقایسه نتایج تحقیق حاضر با تحقیق قبلی نویسندگان (۸) نشان می‌دهد هر چند حجم قشر سینگولیت چپ بین دو جنس مشابه است، ولی حجم قشر پاراهیپوکامپال چپ در زنان کمتر از مردان می‌باشد. علت این تفاوت‌های جنسی موضعی در بخش‌هایی از قشر که ظاهراً در یک سیستم عملکردی قرار دارند، نامعلوم است، اما شاید بتوان آن را به این صورت توجیه نمود که بخش‌های مختلف قشر می‌توانند هم‌زمان به چند سیستم عملکردی مرتبط باشند. مثلاً قشر سینگولیت در بسیاری از عملکردهای مغز انسان از جمله هیجانات، انگیزش‌ها، توجه، حافظه، یادگیری و تکلم نقش دارد (۱۳و۱۴). هر چند برخی از این عملکردها را به مدار Papez نسبت می‌دهند ، اما بعضی دیگر از عملکردها به مدارهای عصبی دیگری ارتباط دارد (۱۳و۱۴).

نتیجه‌گیری

در نهایت می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که حجم و مساحت‌های بیرونی، درونی و متوسط قشر سینگولیت چپ بین دو جنس مشابه است. در حالی که قشر سینگولیت چپ در مغز مردان نسبت به زنان راست دست سالم ضخامت بیشتری دارد. هر چند اهمیت عملکردی این تفاوت‌ها و تشابه‌های جنسی هنوز مشخص نشده است، ولی دانشمندان به هنگام بررسی‌های مورفومتریک در جریان اتوپسی یا روش‌های تصویربرداری مغز باید از وجود چنین تفاوت‌ها و شباهت هایی که به طور طبیعی بین دو جنس وجود دارد ، آگاه باشند.

برای تعیین تفاوت‌های جنسی در سایر نواحی قشر مغز باید مطالعات بیشتری در آینده روی مغز افراد طبیعی و نیز مبتلایان به بیماری‌های مغزی صورت گیرد.

References

1) Pfister H. Das Hirngewicht im Kindesalter. Arch Kinderheilk. 1897; 23: 164-192.

2) Kretschmann HJ, Schleicher A, Wingert F, Zilles K, Loblich HJ. Human brain growth in the 19th and 20th century. J Neurol Sci. 1979; 213(40): 169-188.

3) Swaab DF, Hofman MA. Sexual differentiation of the human brain. A historical perspective. Prog Brain Res. 1984;61:361-74.

4) Nopoulos P, Flaum M, O'Leary D, Andreasen NC. Sexual dimorphism in the human brain: evaluation of tissue volume, tissue composition and surface anatomy using magnetic resonance imaging. Psychiatry Res. 2000; 98(1):1-13.

۵) حقیر ، ح. مهرآئین ، پ. تفاوت جنسی وزن مغز انسان و حجم ماده خاکستری و سفید آن در افراد طبیعی و مبتلایان به نورودژنراسیون با استفاده از روش‌های استریولوژیک و ماکروسکوپیک. مجله علوم تشریح ایران . ۱۳۸۲. سال اول. شماره ۲. صفحات ۲۱ تا ۲۹.

۶) حقیر ، ح. مهرآئین ، پ. تفاوت جنسی حجم قشر لوب‌های مختلف مغز انسان در افراد طبیعی و مبتلایان به نورودژنراسیون با استفاده از روش‌های استریولوژیک و ماکروسکوپیک. مجله علوم تشریح ایران. ۱۳۸۲. سال اول. شماره ۳. صفحات ۲ تا ۸.

۷) حقیر ، ح. مهرآئین ، پ. تفاوت جنسی در حجم قشر شکنج پیش مرکزی مغز انسان در افراد طبیعی و مبتلایان به بیماری‌های آلزایمر و پارکینسون با استفاده از روش‌های استریولوژیک و ماکروسکوپیک. مجله علوم تشریح ایران. ۱۳۸۲. سال اول. شماره ۴. صفحات ۲۹ تا ۳۴.

۸) حقیر ، ح. مهرآئین ، پ. تفاوت جنسی در حجم قشر پاراهیپوکامپال در افراد طبیعی و مبتلایان به بیماری‌های نورودژنراتیو با استفاده از روش‌های استریولوژیک و ماکروسکوپیک. مجله علوم تشریح ایران. ۱۳۸۲. سال اول. شماره ۵. صفحات ۱ تا ۶.

9) Witelson SF, Glezer II, Kigar DL. Women have greater density of neurons in posterior temporal cortex. J Neurosci. 1995 May;15(5 Pt 1):3418-28.

10) Zilles K, Armstrong E, Moser KH, Schleicher A, Stephan H. Gyrification in the cerebral cortex of primates. Brain Behav Evol. 1989; 34(3):143-50.

11) Henery CC, Mayhew TM. The cerebrum and cerebellum of the fixed human brain: efficient and unbiased estimates of volumes and cortical surface areas. J Anat. 1989; 167:167-80.

12) Pakkenberg B, Gundersen HJ. Neocortical neuron number in humans: effect of sex and age. J Comp Neurol. 1997; 384(2):312-20.

13) Devinsky O, Morrell MJ, Vogt BA. Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour. Brain. 1995; 118 (Pt 1): 279-306.

14) Vogt BA, Finch DM, Olson CR. Functional heterogeneity in cingulate cortex: the anterior executive and posterior evaluative regions. Cereb Cortex. 1992; 2(6):435-43.

15) Yucel M, Stuart GW, Maruff P, Velakoulis D, Crowe SF, Savage G, Pantelis C. Hemispheric and gender-related differences in the gross morphology of the anterior cingulate/paracingulate cortex in normal volunteers: an MRI morphometric study. Cereb Cortex. 2001; 11(1):17-25.

16) Allen JS, Damasio H, Grabowski TJ. Normal neuroanatomical variation in the human brain: an MRI-volumetric study. Am J Phys Anthropol. 2002; 118(4):341-58.

17) Allen JS, Damasio H, Grabowski TJ, Bruss J, Zhang W. Sexual dimorphism and asymmetries in the gray-white composition of the human cerebrum. Neuroimage. 2003; 18(4):880-94.

۱۸) حقیر ، ح. صادقی ، ی. روش بهبود یافته تشریح رشته‌های عصبی. مجله علوم تشریح ایران. ۱۳۸۱. سال اول. شماره ۱. صفحات ۱ تا ۱۶.

19) Bauchot R. Modifications of brain weight in the course of fixation. J Hirnforsch. 1967;9(3):253-83.

20) Russ JC, Dehoff RT. Practical Stereology. 2nd ed. New York. Plenum Press. 1999; pp: 57-62.

21) Gunderesen HJG, Jensen EB. The efficiency of systematic sampling in sterology and it's prediction. J Microsc. 1987; 147: 229-263.

۲۲) حقیر ، ح. مهرآئین ، پ. تفاوت جنسی در شاخص‌های آناتومی سطحی قشر لوب‌های مختلف مغز انسان در افراد طبیعی و مبتلایان به نورودژنراسیون با استفاده از روش‌های استریولوژیک و ماکروسکوپیک. مجله علوم تشریح ایران. ۱۳۸۳. سال دوم. شماره ۶. صفحات ۴۷ تا ۵۴.

23) Nolte J. The Human Brain: An Introduction to Its Functional Anatomy. 5th Ed. St Louis. Mosby. 2002; pp: 574-576.