بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی پزشکی گرایش بیوالکتریک

عنوان پایان نامه :

ارزیابی روش های اندازه‌گیری پیوسته و ناپیوسته ICP غیرتهاجمی روی بیماران تومور مغزی

استاد راهنما : دکتر محمد میکائیلی

استاد مشاور: دکتر امیرسعید صدیقی

نگارش : علیرضا مقاره زاده

بهار ۸۹

کلیه حقوق این اثر متعلق به دانشگاه شاهد می باشد

تقـــدیم بـــه پـــدر فـــداکار و مـــادر دلـــسوزم

خدایا به من توفیق عطا فرما تا بر آن‌چه مرا، از دانش بخشیده‌ای شکرگزار باشم. به آنان که کلامی به من آموخته‌اند و مرا بنده خویش قرارداده‌اند، اجر فراوان ده. مرا شایستگی عنایت فرما تا در بازمانده حیات خویش سزاوار علم فزون‌تر از جانب تو باشم. به من نعمتی عطا کن تا آموخته‌هایم سودمند باشد و به یاری نعمتی که به من اداکرده‌ای، بنده‌ای شایسته برای تو و یاری توانا برای بندگانت باشم.

با سپاس وستایش بیکران به درگاه دانای یکتا، که همواره توکل به او یاری‌دهنده راه‌های پرپیچ وخم زندگیم بوده‌است و وجود و نعمات بی‌پایانش را در نهایت کرم و بخشندگی بر من روا داشته‌است.

درآغاز برخود فرض می‌دانم، تا از کلیه عزیزانی که در طول تحصیل همواره راهنما و مشوق من بوده‌اند، تقدیر و تشکر نمایم.

از استاد راهنمای ارجمند، جناب آقای دکتر میکائیلی و از استاد مشاور گرامی آقای دکتر صدیقی که بدون راهنمایی‌های ایشان پیمودن این مسیر ناممکن می‌نمود، کمال امتنان را دارم.

هم‌چنین مراتب سپاس خود را از کلیه اساتید و دوستانی که در مراحل انجام این تحقیق از نظرات ارزنده‌ی ایشان بهره‌مند شده‌ام، اعلام می‌دارم.

در پایان از پدر بزرگوار و مادر مهربانم که همراه و مشوق اصلی من در دوران تحصیل بوده‌اند، قدردانی می‌نمایم.

چکیده

اندازه‌گیری فشار درون جمجمه‌ای بعد از جراحی‌های مغزی در بیماران ضربه مغزی یا توموری و یا مبتلایان به هیدروسفالوس، از اهمیت ویژه‌ای برای مراقبت‌های بعد از عمل برخوردار است. روش متداول اندازه‌گیری فشار درون جمجمه‌ای قرار دادن کاتتر در فضای مناسبی از جمجمه با ایجاد سوراخی در جمجمه می‌باشد. این روش علاوه بر تهاجمی بودن احتمال ایجاد عفونت در مغز را افزایش می‌دهد.

تلاش‌های گوناگونی در دو دهه گذشته برای اندازه‌گیری غیرتهاجمی این فشار انجام شده که در بعضی موارد موفقیت‌های قابل توجهی حاصل شده است. از آن جمله، روش اندازه‌گیری غیرتهاجمی اشمیت توسط مدلسازی ایجاد فشار مایع مغزی توسط یک سیستم خطی می‌باشد. این روش برای اولین بار در ۱۹۹۸ ارائه شد و در تا سال ۲۰۰۵ کامل‌تر گردید. این روش با خطای قابل قبولی امکان تخمین پیوسته شکل موج فشار درون جمجمه‌ای را فراهم می‌کند. او از این روش برای اندازه‌گیری فشار درون جمجمه‌ای در بیماران ضربه مغزی بهره برد.

در این پایان‌نامه، روش‌های اندازه‌گیری غیرتهاجمی فشار درون جمجمه‌ای به اختصار آورده شده است و روش اندازه‌گیری غیرتهاجمی فشار درون جمجمه‌ای توسط مدل خطی اشمیت پیاده‌سازی شده است. این روش برای اولین بار روی بیماران توموری بستری شده در بیمارستان شهدای تجریش مورد آزمایش قرار گرفته است و عملکرد این روش روی این دسته از بیماران بررسی شده است. نتایج نشان دهنده کرولیشن ۰,۹۶ و میزان خطای ۲,۱۷ mmHg با معیار جذر میانگین مربعات خطا میان سیگنال تهاجمی و شکل موج شبیه‌سازی شده می‌باشد.

فهرست مطالب

فصل ۱) آناتومی، فیزیولوژی و خواص ساختار مغز ۴

۱,۱) دستگاه عصبی ۵
۱,۱,۱) ساختمان های عمومی مغز ۵
۲,۱,۱) مکانیسم های حفاظتی مغز ۱۱
۲,۱) مایع مغزی- نخاعی (CSF) ۱۹
۱,۲,۱) مکانیزم تولید CSF ۲۰
۲,۲,۱) میزان تولید CSF ۲۱
۳,۲,۱) جذب CSF ۲۱
۴,۲,۱) دینامیک داخل جمجمه ۲۲
۳,۱) مروری بر مدل‌های ساختاری بیومکانیکی بافت مغز ۲۵
۴,۱) هیدروسفالی ۲۸
۱,۴,۱) عوارض ناشی ازهیدروسفالی ۲۹
۲,۴,۱) هیدروسفالی فشار نرمال ۳۰

فصل ۲) هیدرودینامیک مایع مغزی نخاعی ۳۳

۱,۲) مروری کلی برتحقیقات انجام شده بر هیدرودینامیک CSF و دینامیک ICP ۳۴
۲,۲) رابطه فشار و میزان جذب و ترشح CSF ۳۶
۱,۲,۲) فشارداخل بطنی (IVP) ۳۸
۲,۲,۲) رابطه فشار - جریان ۳۹
۳,۲,۲) سرعت ترشح CSF ۳۹
۴,۲,۲) سرعت جذب CSF ۴۰
۳,۲) بررسی دینامیک بطنهای جانبی به کمک تکنیک ام.آر.آی ۴۱
۱,۳,۲) نتایج آزمایشات CINE ۴۳
۲,۳,۲) بیماران هیدروسفال ارتباطی ۴۵
۴,۲) مدلسازیهای تئوری و محاسبات ریاضی در دینامیک ICP ۴۶
۱,۴,۲) تحلیل غیرخطی ۴۷
۲,۴,۲) مدل ریاضی هیدرودینامیک داخل جمجمه ۴۸
۳,۴,۲) شبیه سازی دینامیک ICP ۵۰
۵,۲) دینامیک پالسی CSF ۵۲

۱,۵,۲) مدلسازی دینامیک پالسی CSF ۵۳
۲,۵,۲) آزمایش بر روی حیوانات ۵۴
۳,۵,۲) مدلسازی یک بعدی جریان CSF ۵۴

فصل ۳) روشهای اندازهگیری غیرتهاجمی فشار جمجمهای ۳۵

۱,۳) روشهای معمول محاسبه فشار مایع مغزی ICP و مشکلات این روشها ۶۴
۲,۳) اهمیت استفاده از روشهای غیرتهاجمی در تعیین فشار مایع مغزی- نخاعی ۶۵
۳,۳) مروری بر تحقیقات انجام شده ۶۵
۱,۳,۳) روشهای تجربی ارائه شده جهت تعیینICP ۶۶
۴,۳) روشهای کاربردی محاسبهٔ ICP به صورت غیر تهاجمی ۶۹
۱,۴,۳) روش اشمیت ۶۹
۲,۴,۳) رابطه ICP با RI و PI ۷۴
۵,۳) جمع بندی ۷۵

فصل ۴) داپلر عروق مغزی ۴۵

۱,۴) سونوگرافی داپلر عروق مغزی و جریان خون مغز ۷۷
۲,۴) استفاده از داپلر عروق مغزی جهت بررسی فیزیولوژی عروق مغز ۸۲
۱,۲,۴) پدیده خود تنظیمی عروق مغزی ۸۲
۲,۲,۴) خود تنظیمی در قسمتهای مختلف شریانهای مغزی ۸۳
۳,۴) ارزیابی خود تنظیمی عروق مغزی در شرایط بیماری ۸۴
۱,۳,۴) بیماری ایسکمیک عروق مغزی: ۸۴
۲,۳,۴) خونریزی تحت عنکبوتیه: ۸۵
۳,۳,۴) تروما ۸۶
۴,۳,۴) افزایش ناگهانی فشار داخل مغز ۸۷
۴,۴) واکنش دهی عروق مغزی ۸۷
۵,۴) ارزیابی واکنش دهی عروق در شرایط بیماری ایسکمیک مغزی ۸۸
۶,۴) مشخصههای TCD ۸۹
۷,۴) فیزیک اولتراسوند ۹۱
۱,۷,۴) امواج ۹۱
۲,۷,۴) تولید و دریافت امواج اولتراسوند ۹۱
۳,۷,۴) پیزوالکتریک ۹۲
۴,۷,۴) اثر داپلر ۹۴
۵,۷,۴) کاربرد داپلر در گردش خون ۹۵
۶,۷,۴) محاسبه فرکانس داپلر ۹۵
۷,۷,۴) داپلر با موج مداوم ۹۶
۸,۷,۴) داپلر با موج پالسی ۹۷
۸,۴) دستگاه TCD ۹۸
۹,۴) روش معاینه با TCD ۹۹

۱,۹,۴) پنجرههای طبیعی جمجمه ۹۹

فصل ۵) پیادهسازی و ارائه نتایج ۱۰۳

۱,۵) مشخصات جمعیت آماری مورد آزمایش ۱۰۴
۲,۵) دستگاههای ثبت سیگنال و روش استخراج دادهها ۱۰۵
۳,۵) پیادهسازی و نتایج اندازهگیریهای غیرتهاجمی ۱۰۹
۱,۳,۵) روش اشمیت ۱۰۹
۲,۳,۵) روش معاینه با TCD ۱۱۴
۴,۵) جمعبندی و بحث ۱۱۶
۵,۵) توصیههایی برای کارهای بعدی ۱۱۸

منابع و مراجع ۱۲۰

مقدمه

در طول ۲۰ سال گذشته تحقیقات وسیعی جهت پیشرفت در درمان بسیاری از بیماریهای مربوط به سیستم عصبی، انجام گرفته است. با این حال نیاز هرچه بیشتر برای داروهای موثر، سیستم‌های انتقال پیشرفته، تشخیص دقیق-تر بیماریها و محاسبات در ضمن کارکرد سیستم‌های عکس برداری، دانشمندان را به آن داشته تا با ساخت مدل‌ها یا شبیه‌سازی‌های دقیق‌تر کامپیوتری از مغز و گردش جریان CSF، قدرت پزشکان را جهت تشخیص بهتر و درمان موفق‌تر بیماریها، طراحی شنت‌های مؤثرتر برای درمان هیدروسفالی و تشخیص پیچیدگیهای ضمن درمان صدمات مغز، بالاتر ببرند.

در این میان بررسی فشار داخل مغزی (ICP) فاکتور بسیار مهم مرتبط به نارسایی‌ها و مرگ و میر بیماران دارای مشکلات عصبی و مغزی همچون تومورهای مغزی، سکته مغزی، هیدروسفالی و ضربات مغزی است. عملاً افزایش فشار مغزی منجر به ممانعت از جریان خون داخل مغز و کم‌خونی در بدن انسان و یا در دیگر بیماریهای منجر به اختلال در حرکت مایع مغزی نخاعی، مثل هیدروسفالی و... خواهد شد. بنابراین کنترل افزایش فشار مغزی نقش بسیار مهمی را در فعالیتهای پزشکی و جراحی مغز و اعصاب ایفا می‌کند.

از طرفی دیگر عدم توانایی در شناسایی سریع این افزایش فشار و کنترل آن می‌تواند خطر ابتلاء مریض به مشکلات و آسیب‌های بیشتر ضمن درمان را همراه داشته باشد. بنابراین امکان نمایش پیوسته این فشار در مراحل اولیه نارسایی، می‌تواند باعث درمان بهتر و جلوگیری از بروز هر نوع مشکل غیر بازگشت‌پذیر باشد. مسئله قابل توجه دیگر این است که عوامل بیولوژیکی منجر به افرایش فشار داخل مغز و یا حقیقت نارساییهای مغزی عصبی به خوبی شناخته شده نیستند.

درسالهای اخیر دسترسی به روش‌هایی جهت محاسبهٔ فشار ICP به صورت غیرتهاجمی در دنیا مورد توجه قرار گرفته است. مشکلات روشهای تهاجمی چون عمل جراحی، عفونت ضمن عمل، کارنکردن دستگاههای وارد شونده به داخل مغز و هزینهٔ زیاد با صرف وقت بالا دلیل رویکرد به روشهای غیرتهاجمی بوده است.

این روشها اصولاً به نحوی پارامترهای دیگر فیزیولوژیک بدن مثل فشار شریانی خون (ABP[1]) و سرعت جریان خون (BFV[2]) در مغز را با روابطی منطقی به ICP مرتبط می‌کند. جدای از این روشهای ساده که در فصول بعدی به تفصیل کامل این روشها می‌پردازیم، دستگاههایی الکتریکی نیز جهت تسهیل محاسبه به خدمت آمده‌اند. در فصل سوم، به کلیهٔ روشهایی که در دههٔ اخیر جهت محاسبهٔ غیر تهاجمی ICP مورد توجه قرار گرفته است ، اشاره شده است.

بنابر امکانات و شرایط ما در ایران، پس از بررسی و تحقیق، در این پایان نامه عملاً دو روش کاربردی و عملی جهت محاسبهٔ فشار به صورت غیر تهاجمی انتخاب شده است. با اجرای آزمایشات، مقادیر ICP به صورت تهاجمی به دست می‌آید. به کمک مقادیر تهاجمی ICP و دیگر پارامترهای موثر در دو روش اصلی منتخب در این پایان‌نامه، به محاسبهٔ مقدار ICP به صورت غیرتهاجمی پرداخته شد. محاسبهٔ ICP بر اساس مدل خطی اشمیت برای اندازه‌گیری پیوسته و براساس ایجاد رابطه خطی میان پارامترها برای اندازه‌گیری مقدار متوسط، بخش اصلی موضوع این پایان‌نامه است.

هدف اصلی در این پایان نامه بررسی روش اشمیت روی بیماران توموری و مقایسه نتایج با روش‌های مشابه می-باشد. در نهایت در این پایان‌نامه، پارامترهای مختص بیماران توموری برای اندازه‌گیری غیرتهاجمی ICP بدست می آید.

در ابتدا سیستم عصبی و هیدوردینامیک مایع مغزی نخاعی در فصل اول و دوم بررسی می‌شود. روشهای محاسبهٔ ICP به صورت تهاجمی و بررسی سایر روشهای ارایه شده در زمینه محاسبه غیر تهاجمی ICP، مقالات و تحقیقات انجام شده جهت ارائه روشهای مختلف محاسبهٔ ICP به صورت تهاجمی و غیرتهاجمی در فصل سوم آورده شده است. معرفی سیستم داپلر عروق مغزی، با تمرکز بر اصول و ساختار آن نیز در فصل چهارم توضیح داده خواهد شد.

[1] Arterial blood pressure

[2] Blood flow velocity

نهایتاً روش انجام کار و آزمایشات، انتخاب بیماران و شرایط انجام روشهای کاربردی منتخب از انواع روش‌ها در بیمارستان و اعمال روشهای آماری جهت دستیابی به نتایج و گزارشات لازم، موضوعات مورد بحث درفصل آخر این پایان‌نامه است.

نتیجه‌گیری و بحث کلی جهت ارائه نتایج از فعالیت‌های انجام شده در راستای برآوردن هدف‌های اصلی، انتخاب بهترین روشها و پارامترهای آزمایشگاهی مربوط به گزارشات در این پایان نامه، موضوع آخر این پایان نامه می‌باشد.

فصل ۱) آناتومی، فیزیولوژی و خواص ساختار مغز

- دستگاه عصبی
- مایع مغزی نخاعی
- مروری بر مدل‌های ساختاری بیومکانیکی بافت مغز
- هیدروسفالی

۱،۱) دستگاه عصبی

دستگاه عصبی از وسیع‌ترین و مهم‌ترین دستگاه‌های بدن می‌باشد که ارتباط یک موجود زنده را با محیط خارج فراهم نموده و در عین حال برقراری ارتباط بین قسمتهای مختلف بدن موجود زنده‌ی پر سلولی مثل انسان نیز بر عهده آن می باشد.

دو سیستمی که جهت هماهنگی بین محیط داخلی بدن و ارتباط آن با محیط خارج وجود دارد عبارتند از:

۱- سیستم اعصاب

۲- سیستم غدد و ترشحات هورمونی آنها

سیستم اعصاب که در بدن دارای وسعت زیادی می‌باشد، خود از دو قسمت عمده تشکیل شده است:

۱- اعصاب غیرارادی[1]

۲- اعصاب ارادی[2]

و اما اعصاب ارادی (خودکار) به قسمتی از سیستم عصبی اطلاق می‌شود که به طور غیر ارادی عمل کرده و احشایی همچون معده، مثانه، قلب و... را تحت کنترل خود دارد. این سمت از سیستم اعصاب خود به دو بخش مرکزی و محیطی تقسیم می‌شود؛ منظور از سیستم اعصاب خودکار مرکزی قسمتی است که داخل جمجمه و یا ستون مهره‌ها قرارگرفته و تحت عناوین مغز و طناب نخاعی[3] خوانده می‌شود.

۱،۱،۱) ساختمان های عمومی مغز

مغز یکی از پیچیده‌ترین و وسیع‌ترین قسمت‌های سیستم اعصاب مرکزی ارادی می‌باشد که در انسان از دو نیمکره تشکیل شده و نسبت به مغز سایر پستانداران دارای حجم بیشتری می‌باشد.

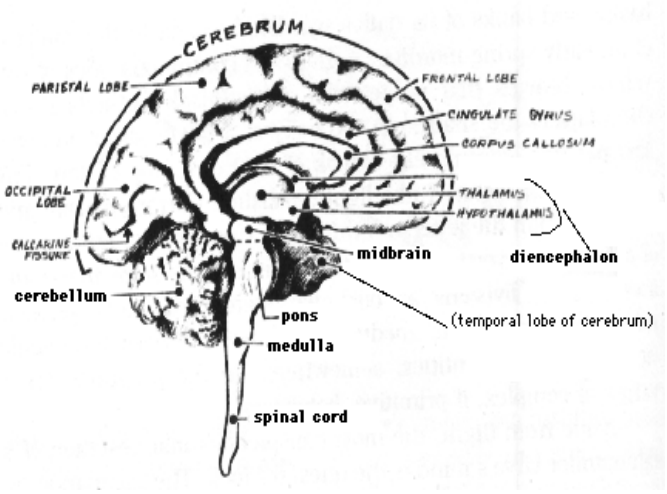
---

[1] Autonomic

[2] Somatic

[3] Spinal cord

وزن آن حدود ۱۵۰۰ گرم بوده و شامل چهار قسمت عمده می‌باشد:[۱] ساقه مغـزی[۱]، مخچـه[۲]، دیانـسفالون [۳]و مخ[۴]. (شکل ۱-۱) .



شکل۱-۱: ساختمان های اصلی در مغز[۳]

۱،۱،۱،۱) ســـاقه مغزی

قسمت‌های عمدهٔ ساقه مغزی عبارتند از: مغزمیانی[۵]، پل مغزی[۶] و بصل النخاع[۷]. مغز میانی که به صـورت یـک ساقه کوتاه ضخیم به طول ۲ الی ۲/۵ سانتیمتر، در انتهای ساقهٔ مغزی قرارگرفته است،ارتباط پل و مخچه را با مغز برقرار می‌سازد. در عین حال اعصاب خودکار بینایی و شنوایی از مغز میانی عبور می‌کنند. بـه ایـن ترتیـب عکـس‌العمـل‌هـایی همچون تغییر قطر مردمک چشم با تغییر ناگهانی نور،بستن ناخود آگاه و... به مغز میانی نسبت داده می‌شوند [۲].

پل مغزی که از پایین به بصل النخاع و از بالا به مغز میانی محدود می‌شود، ساختمانی کوتاه و پل مانند دارد که عمدتاً از رشته‌های عصبی ارتباط دهنده‌ی مخ، مخچه،بصل النخاع و مغز میانی تشکیل شده است [۲].

---

[1] Brain stem
[2] Cerebellum
[3] Diencephalon
[4] Cerebrum
[5] Midbrain
[6] Pons
[7] Medulla oblongata

بصل النخاع که یکی از مهمترین مراکز حیاتی بدن می‌باشد، در پایین‌ترین قسمت ساقهٔ مغزی قرار گرفته و پل مغزی را به طناب نخاعی متصل می‌نماید. اعصاب خودکار مراکز قلبی- عروقی و مرکز تنفسی در بصل النخاع واقع شده است. اعصاب حرکتی، حسی و ارتباطی نیز از بصل النخاع عبور می‌کنند [۲].

۲،۱،۱،۱) مخچه

مخچه که دومین ساختمان بزرگ مغز می باشد، در پشت پل مغزی و بصل النخاع قرارگرفته و به عنوان یک مرکز هماهنگ کنندهٔ حرکات عضلانی، در برقراری وضعیت تعادلی بدن نقش مهمی برعهده دارد. برقراری تعادل در بدن، درک موقعیت بدن در فضا، هماهنگی بین حرکات و زمان بندی بین آنها از جمله وظایف مخچه به حساب می‌آید.

۳،۱،۱،۱) دیانسفالون

بخش های مختلف دیانسفالون،که عمیق ترین بخش مغز به حساب می آید، عبارتند از تالاموس[1]،هیپو-تالاموس[2]، اپی تالاموس[3] و تالاموس شکمی[4].

تالاموس، یک هستهٔ بزرگ و بیضی شکل است که تعداد زیادی هستهٔ کوچک دیگر را در خود جای داده است. طول آن ۴ cm بوده و یک ایستگاه مهم حسی است که تمام حواس (به جزحس بویایی) از آن عبور می‌کنند. تالاموس، پیام های حسی رسیده را تقویت کرده و به سمت قشر مخ هدایت می کند [۱].

هیپوتالاموس، که به صورت یک تودهٔ کوچک در زیر تالاموس قرارگرفته است،اعمال مهمی همچون تنظیم ترشح هورمون های هیپوفیزی،تنظیم حرارت بدن،ایجاد هماهنگی دراعمالی نظیر خوردن،نوشیدن، حالت تدافعی و تهاجمی و... را بر عهده دارد.

اپی‌تالاموس و تالاموس شکمی نیز از جمله تقسیمات دیانسفالون می باشند که درمحل عبور رشته‌های مهم عصبی بوده، ارتباط بین اجزاء دیانسفال را برقرار می سازند.

---

[1] Thalamus

[2] Hypothalamus

[3] Epithalams

[4] Ventral thalamus

۴،۱،۱،۱) مخ

بارزترین ویژگی فیزیکی مغز وجود یک جفت نیمکره های بزرگ آن است که حدود ۵۸٪ ازبافت مغزی را به خود اختصاص داده است و شامل دو نیمکرهٔ مخ می‌باشد،که این دو توسط یک سری از رشته های مغزی به نام کورپوس کالزوم[۱] به یکدیگر متصل می‌شوند. بخش خارجی مخ از قسمت‌های اصلی آن است که قشر مخ و یا کورتکس[۲] نامیده می‌شود. قشر یک پوشش نازک (حدود ۴/۵ میلیمتر)، شیاردار و شامل بیش از ۵۰ میلیون عصب و ۲۵۰ میلیون سلول پشتیبان می‌باشد. لبه‌های برآمدهٔ قشر، چین‌ها یا شکنج‌ها نامیده می‌شوند. شکنج‌ها به وسیلهٔ ناودان‌ها[۳] و فرورفتگی-های[۴] شکاف‌داری از هم جدا شده اند.

این شکنج‌ها و ناودان‌ها سطح قشر مخ را افزایش می‌دهند که نتیجه آن یک تناسب ۳ به ۱ از مادهٔ خاکستری قشری[۵] به مادهٔ سفید[۶] آن خواهد بود. در زیر مادهٔ خاکستری،یک لایه ضخیم از مادهٔ سفید قرارگرفته است. مادهٔ سفید شامل مجموعه ای از الیاف میلین دارحسی،حرکتی و یا ارتباطی می‌باشد [۲].

۵،۱،۱،۱) بطن‌های مغز[۷]

در داخل مغز تعدادی حفره‌های متصل به هم وجود دارند که بطن نامیده می‌شوند. این بطن‌ها از مایع مغزی-نخاعی[۸] پرشده و توسط سلولهای خاصی که آپاندیم[۹] نامیده می‌شوند،مفروش شده‌اند. چهار بطن مغزی شامل بطن‌های طرف راست و چپ واقع در نیمکره‌های مخ، بطن سوم واقع دردیانسفالون و بطن چهارم ما بین پل مغزی وبصل النخاع می‌باشند. (شکل ۱-۲)دو بطن طرفی از طریق سوراخ بین بطنی مونر[۱۰] با بطن سوم ارتباط پیدا می‌کنند. بطن سوم نیز از

---

[1] Corpus Callosum
[2] Cortex
[3] Sulci
[4] Fissures
[5] Gray Matter
[6] White Matter
[7] Bain ventricles
[8] Cerebro-spinal Fluid
[9] Apandiem
[10] Intravantricular foramina of monro

طریق مجرای مغزی[۱] و یا همان مجرای سیلویوس[۲]،که در مغز میانی واقع شده است،با بطن چهارم مرتبط می‌شود. بطن چهارم نیز به نوبهٔ خود با کانال مرکزی نخاع[۳] ممتد می‌گردد و همچنین ازطریق سه سوراخ موجود درسقف خود، به فضای تحت عنکبوتیه[۴] ارتباط پیدا می‌کند.

کانال مرکزی نخاع نیز در انتهای خود اتساع کوچکی پیدا کرده،که بطن انتهایی نامیده می‌شود (شکل۱-۳) [۱].

۱,۵,۱,۱,۱) بطن‌های طرفی[۵]

دو بطن طرفی،هر کدام در یک نیمکرهٔ مخ واقع شده است،هریک حفره‌ای c شکل و ناهموار است که دارای یک قسمت مرکزی به نام "تنه" و سه شاخ به نام‌های"شاخ قدامی"[۶]، "شاخ خلفی"[۷] و "شاخ تحتانی"[۸] می باشد (شکل۱-۲). درمحل اتصال تنهٔ بطن طرفی با شاخ تحتانی آن یک شبکه از رگ های خونی به نام شبکهٔ کورئید[۹] به درون شاخ تحتانی امتداد می‌یابد. این شبکه در مکانی که تنه و شاخ‌های تحتانی و خلفی بطن طرفی به یکدیگر می‌پیوندند، بزرگترین اندازهٔ خود راپیدا می‌کند. شبکه کوروئید بطن طرفی از طریق سوراخ بین بطنی مونرو در امتداد شبکهٔ کوروئید بطن سوم قرار می‌گیرد. این شبکه‌های کوروئیدی محل اصلی ترشح مایع مغزی-نخاعی می‌باشند. هر بطن طرفی حدود ۷ تا۱۰ میلی لیتر از مایع مغزی-نخاعی را درخود جای داده است [۱].

۲,۵,۱,۱,۱) بطن سوم

بطن سوم به صورت یک فضای شکاف مانند بین تالاموس و هیپوتالاموس قرارگرفته، در جلو از طریق سوراخ بطنی مونرو با بطن‌های طرفی و درعقب ازطریق قنات سیلویوس با بطن چهارم ارتباط پیدا می‌کند. شبکهٔ کوروئیدی بطن سوم در بالای سقف آن واقع شده و به شبکهٔ کوروئیدی بطنهای طرفی متصل می‌شود.

---

[1] Cerebral Aqueduct
[2] Aqueduct of Sylvius
[3] Central channel of spinal cord
[4] Subaracnoid space
[5] Lateral ventricle
[6] Anterior horn
[7] Posterior horn
[8] Inferior horn
[9] Choroid Plexus

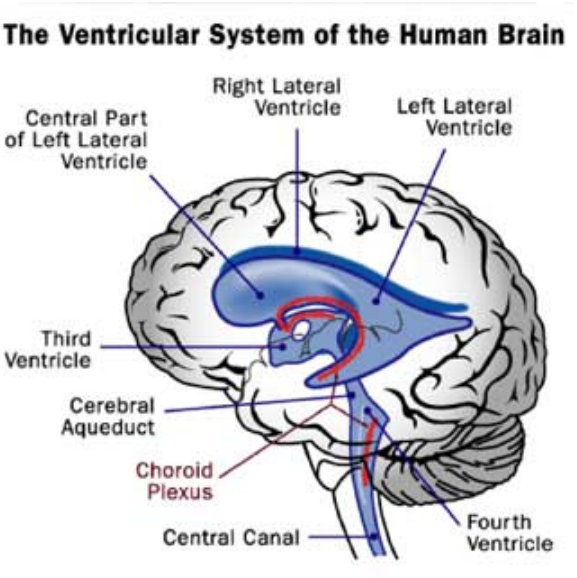
مجرای مغزی (قنات سیلویوس)،به طول تقریبی ۱٫۸ cm،که فاقد شبکهٔ کوروئیدی بوده، دو بطن سوم و چهارم را به یکدیگر مرتبط می‌سازد.

۳،۵،۱،۱،۱) بطن چهارم

بطن چهارم حفره ای است که در جلوی مخچه، عقب پل مغزی و نیمهٔ فوقانی بصل‌النخاع قرارگرفته است. این بطن در بالا با مجرای مغزی و درپایین با کانال مرکزی نخاع ممتد می‌گردد. سقف خیمه‌ای شکل این بطن به درون مخچه پیشروی می‌کند، استطاله‌های طرفی آن بصل‌النخاع را در طرفین دور زده و درجلو سوراخ‌های طرفی بطن چهارم (سوراخ های لوشکا[1]) را پدید می‌آورند. یک سوراخ میانی نیز در سقف بطن چهارم وجود دارد که سوراخ ماژندی[2] نامیده می‌شود.

کانال مرکزی نخاع که در بالا به درون بطن چهارم باز می‌شود، از پایین در سرتاسر طول نخاع امتداد یافته است، درانتها متسع شده و بطن انتهایی راپدید می‌آورد [۲].

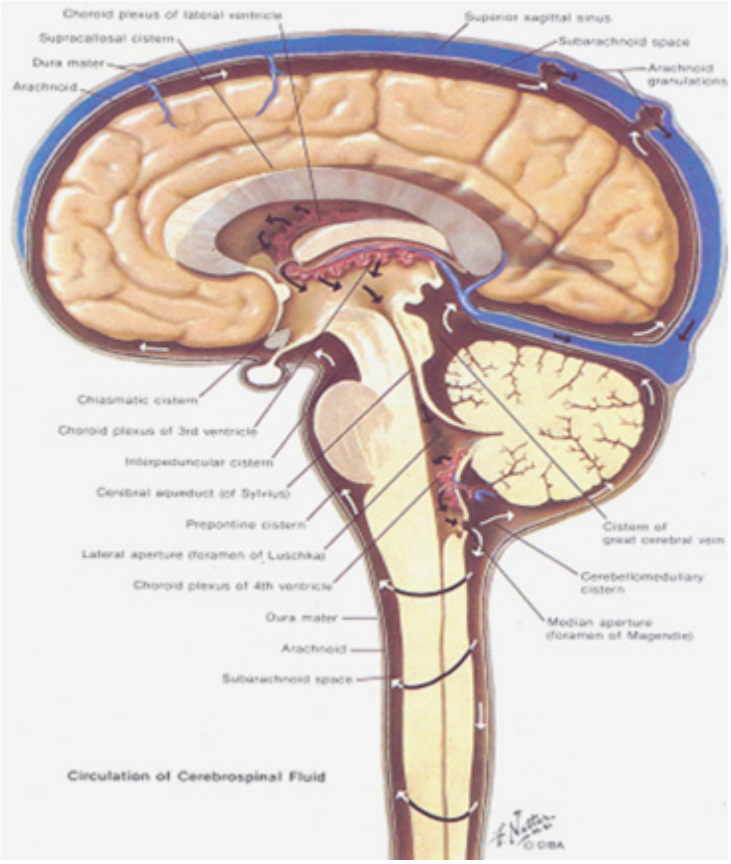
این کانال که درانتهای خود مسدود است، فاقد شبکهٔ کوروئیدی بوده،توسط لایهٔ آپاندیمی پوشیده شده و از مایع مغزی-نخاعی پر می‌شود.



شکل ۱-۲: بطن‌های مغزی [۴]

[1] Luschka

[2] Majendie



شکل۱-۳: منشأ و مسیر گردش مایع CSF [۴]

۲،۱،۱) مکانیسم های حفاظتی مغز

از آنجا که مغز انسان ساختمان نیمه جامدی دارد، (دریک فرد بالغ ۷۵٪مغز از آب تشکیل شده است) لذا جهت محافظت، نیازمند یک سیستم نگهدارندهٔ پیشرفته می‌باشد. به این منظور، در حالیکه توسط پرده‌های مختلفی (مننژها) و به صورت شناور در مایع شفافی (مایع مغزی-نخاعی) در داخل جمجمه محصور شده است،به وسیلهٔ پوست سر،موها، چربی و دیگر بافت ها محافظت می‌شود [۲].

۱،۲،۱،۱) جمجمه

مجموعهٔ استخوان‌هایی که اسکلت سر و صورت را تشکیل می‌دهند، یک محفظهٔ استخوانی محکم و با استقامت به نام جمجمه را به وجود می‌آورند. این محفظه استخوانی قسمت مهم و حجیم اعصاب مرکزی، یعنی مغز را در خود