

دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
دانشکده مهندسی پزشکی

پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع

مدلسازی حافظه اپیزودیک و فضایی در CA3 هیپوکمپوس

استاد راهنما

دکتر شهریار غریب زاده

استاد مشاور

دکتر فرزاد توحیدخواه

تهیه کننده

علی ریاضتی

بهار ۱۳۸۶

بسمه تعالی

شماره:

تاریخ:

فرم اطلاعات پایان نامه  
کارشناسی ارشد و دکترا

معاونت پژوهشی

فرم پروژه تحصیلات تکمیلی 7

1- مشخصات دانشجو

نام و نام خانوادگی: علی ریاضی

شماره دانشجویی: 83133153

دانشجوی آ

دانشکده: مهندسی پزشکی

بورسیه

رشته تحصیلی: بیو الکترونیک

معالی

نام و نام خانوادگی استاد راهنما: دکتر شهریار غریب زاده

عنوان به فارسی: مدل‌سازی حافظه اپیزودیک و فضایی در CA3 هیپوکامپوس

عنوان به انگلیسی: Spatial and Episodic Memory Modeling in CA3 of Hippocampus

نوع پروژه:

کاربردی

بینادری

توسعه‌ای

نظری

تاریخ شروع: بهمن 84

تاریخ خاتمه: خرداد 86

تعداد واحد: 6

سازمان تأمین کننده اعتبار:

واژه های کلید به فارسی:

حافظه اپیزودیک، حافظه فضایی، هیپوکامپوس، CA3، شبکه عصبی مورفولوژی

واژه های کلیدی به انگلیسی:

Episodic Memory, Spatial Memory, Hippocampus, CA3, Morphological Neural Network

نظرها و پیشنهادهای به منظور بهبود فعالیت های پژوهشی دانشگاه:

استاد راهنما:

دانشجو:

تاریخ:

امضاء استاد راهنما:

نسخه 1: معاونت پژوهشی

## چکیده

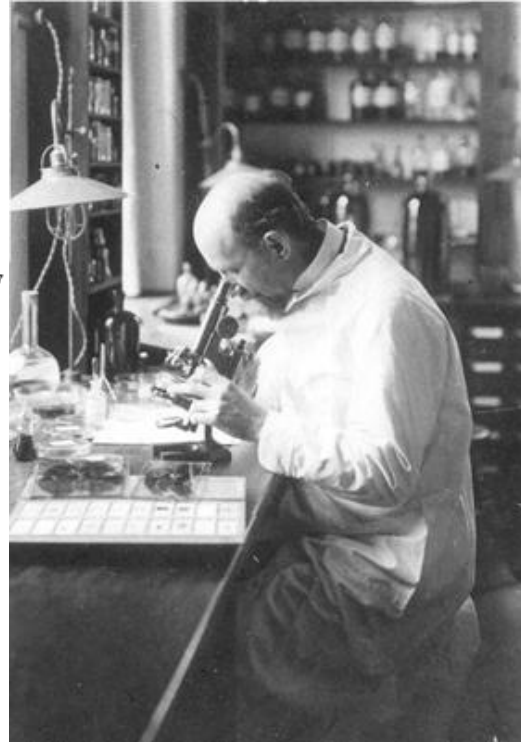
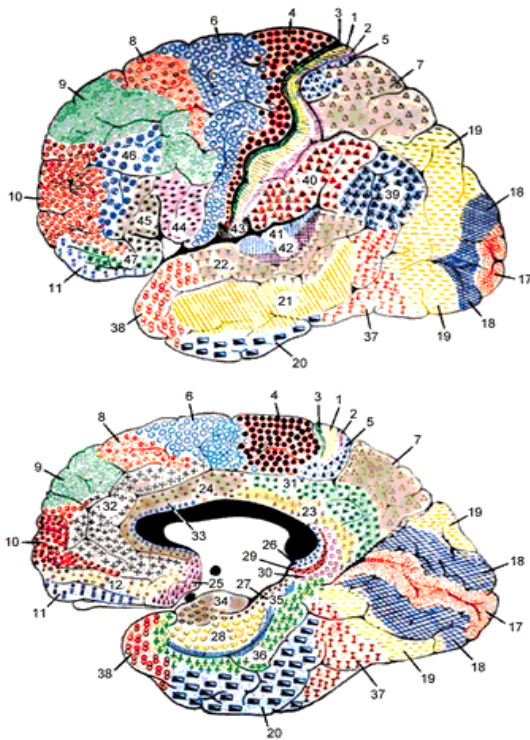
مغز انسان پیچیده ترین قسمت از اعضای بدن است. تعداد نورونها، انواع متنوع آنها و اتصالات بین آنها این پیچیدگی را افزایش داده است. این نکات پژوهشگران را وادار به تحقیق در مورد اعمال و اجزای مختلف مغز کرده است. ثابت شده است که هیپوکمپوس مغز نقشی مستقیم در ذخیره و بازیابی حافظه های اپیزودیک و فضایی دارد. در این پروژه مدلی برای CA3 -مرکز ذخیره اطلاعات- ارائه می کنیم. مدلی نوعی شبکه عصبی به نام شبکه عصبی مورفولوژیک است. بخاطر طبیعت غیر خطی این مدل، مدل دارای برتریهایی نسبت به مدل‌های دیگر مورد استفاده برای حافظه مانند هوپفیلد می باشد. به عنوان مثال می توان به ظرفیت بالای ذخیره سازی آن و مقاومت شبکه در برابر نویز اشاره کرد. همچنین مدل ما دارای شباهتهایی از نظر آناتومی، ساختار و کارکردهای CA3 واقعی می باشد. بهینه سازی کرنل، اثرات نویز بر روی ظرفیت حافظه و مدلی سرتاسری برای هیپوکمپوس می توانند نکاتی برای پژوهشهای بعدی باشند.

## فهرست:

1	فصل اول: پیشگفتار
6	آناتومی هیپوکمپوس
7	ساختار هیپوکمپوس
۱۴	فصل دوم: حافظه
۱۷	حافظه صریح و حافظه مجازی
۱۹	نقش هیپوکمپوس در ذخیره حافظه
۲۴	حافظه فضایی
۲۹	حافظه اپیزودیک
۳۱	مدل متحد فضایی و اپیزودیک
۳۳	فصل سوم: حافظه مورفولوژیک
۳۷	حافظه های انجمنی مورفولوژیک
۴۹	حافظه های خودانجمنی مورفولوژیک
۵۲	یادآوری الگوهای تغییر شکل یافته افزایشی و کاهششی
۵۳	شرایط یادآوری کامل برای ورودیهای تغییر شکل یافته
۵۹	فصل چهارم: مدلسازی
۶۱	داده شبکه
۶۶	انتخاب نوع شبکه
۶۸	۱. ذخیره حافظه فضایی
۶۹	۲. ذخیره حافظه فضایی و اطلاعات موجود در آن
۷۱	۳. بازیابی بدون نویز ترکیب حافظه فضایی و اطلاعات موجود در آن
۷۱	۴. بازیابی در حضور انواع نویز کاهششی، افزایششی و تصادفی
۷۳	۵. حافظه اپیزودیک
۷۵	۶. ذخیره حافظه اپیزودیک، حافظه فضایی همراه با اطلاعات موجود در آن
۷۶	۷. بازیابی بدون نویز شبکه
۷۶	۸. بازیابی همراه با نویز شبکه
۷۶	۹. شبیه سازی بیماری آلزایمر
۸۱	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهاد برای ادامه کار
۸۴	منابع

## فصل اول: پیشگفتار

از مهمترین دستگاههای موجود در بدن ، دستگاه عصبی است که خود ناظر بر اعمال دیگر دستگاههای بدن بوده و نقش هماهنگ کننده این دستگاهها با یکدیگر را بر عهده دارد ، ضمن آنکه انسان را از محیط پیرامونش مطلع و آگاه می سازد . به عبارت دیگر ساختمانهایی چون چشم ، بینی ، گوش و پوست تشکیلات حساسی به شمار می آیند که به وظایف دستگاه عصبی کمک می نمایند ، همچنین اعمالی چون تکلم ، تفکر و دیگر تظاهرات شعوری انسان وابسته به دستگاه عصبی می باشد .



شکل ۱-۱ در اوایل قرن بیستم کوریان برادمن مغز انسان را بر اساس ساختارهای سلولهای نورونی و نحوه قرارگیری لایه های آنها به ۵۲ بخش مجزا تقسیم کرد.

ساختمان دستگاه عصبی از بافت ویژه ای تشکیل شده است که خود از سلولهای خاصی به نام نورون یا سلول عصبی تشکیل شده است که از پیچیده ترین سلولهای بدن انسان به شمار می رود [1,2]. هر نورون دارای یک جسم سلولی، اکسون و دندریت می باشد. این نورونها تشکیل دهنده دستگاه اعصاب مرکزی و محیطی هستند. دستگاه اعصاب مرکزی انسان دارای هفت بخش اصلی است که هر قسمت آن وظیفه عملکرد خاصی را بر عهده دارد. این هفت بخش عبارتند از:

نخاع<sup>۱</sup>، ساقه مغز<sup>۲</sup> شامل بصل النخاع<sup>۳</sup>، پل مغزی<sup>۴</sup> و مغز میانی<sup>۵</sup>، مخچه<sup>۶</sup>، دیانسفالون<sup>۷</sup>، نیمکره های مغزی<sup>۸</sup>.

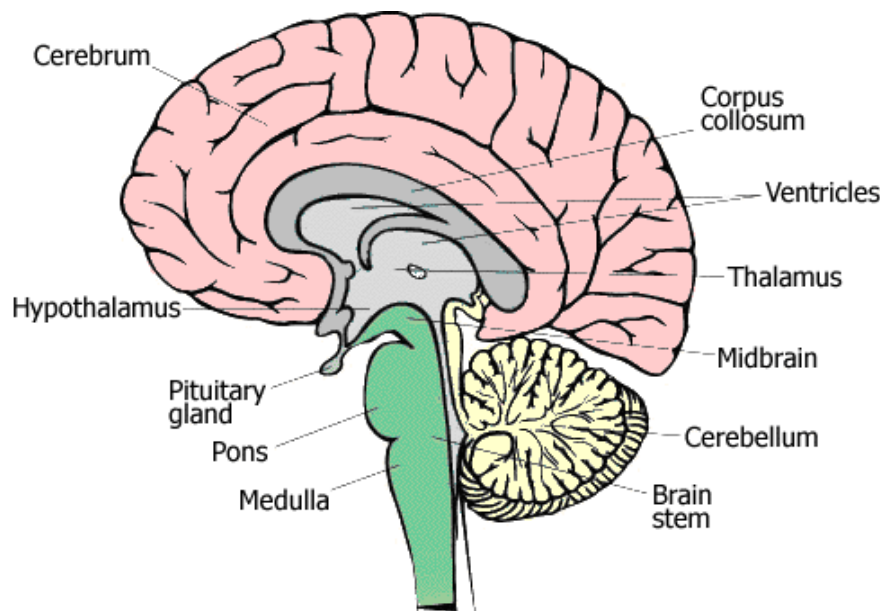
### ۱- نخاع:

- 
- Spinal Cord<sup>1</sup>
  - Brain Stem<sup>2</sup>
  - Medulla Oblongata<sup>3</sup>
  - Pons<sup>4</sup>
  - Midbrain<sup>5</sup>
  - Cerebellum<sup>6</sup>
  - Diencephalon<sup>7</sup>
  - Cerebral Hemisphere<sup>8</sup>

پایینی ترین قسمت سیستم عصبی مرکزی است . اطلاعات حسی را از پوست ، مفاصل و ماهیچه های تنه و عضلات دریافت می کند و سپس پردازش می نماید . پس از پردازش آنها را برای کنترل ماهیچه ها و تنه استفاده می کند . اجزای نخاع به نواحی گردنی ، پشتی ، کمری و خاجی تقسیم شده اند . نخاع به سمت بالا ادامه پیدا می کند تا جایی که ساقه مغز شروع می شود . ساقه مغز اطلاعات حسی پوست و ماهیچه های سر را دریافت کرده پس از پردازش این اطلاعات پیامهای کنترلی حرکتی را برای سر ارسال می نماید . ساقه مغز همچنین اطلاعات را از نخاع به مغز و از مغز به نخاع منتقل می کند . همچنین میزان هوشیاری و بیداری را تعیین می کند . ساقه مغز دارای چندین مجموعه جسم سلولی است که به آنها هسته نوروئی کرانیال می گویند . بعضی از این هسته ها اطلاعات را از پوست و ماهیچه های سر دریافت می کنند . بقیه پیامهای حرکتی خروجی برای صورت ، گردن و چشمها را کنترل می نمایند . بقیه برای اطلاعات تخصصی شده برای حواس مختلف مانند شنوایی ، تعادل و چشایی هستند .

## ۲- بصل النخاع :

که دقیقا بالای نخاع قرار دارد ، دارای چندین مرکز برای اعمال خودبخودی مانند گوارش ، تنفس و کنترل ضربان قلب است .



شکل ۱-۲ نواحی مختلف مغز انسان

## ۳- پل مغزی :

بالای بصل النخاع قرار دارد ، اطلاعات مربوط به حرکت را از نیمکره های مغزی به مخچه منتقل می کند .

#### ۴- مخچه :

پشت پل مغزی قرار دارد و به وسیله فیبرهای عصبی به نام پدونکل<sup>۹</sup> به ساقه مغز اتصال دارد . مخچه وظیفه تعیین میزان نیروی مورد نیاز و میزان جابجایی برای حرکت را بر عهده دارد و در یادگیری اعمال حرکتی دخالت می کند .

#### ۵- مغز میانی :

که بالای پل مغزی قرار دارد ، کنترل بسیاری اعمال احساسی و حرکتی را بر عهده دارد که شامل حرکت چشم و هماهنگی پاسخهای حرکتی شنوایی و بینایی می شود .

#### ۶- دیانسفالون :

بالتر از مغز میانی قرار دارد و از دو ساختار تشکیل می شود . یکی تالاموس<sup>۱۰</sup> است که بیشتر اطلاعاتی را که وارد قشر مغز می شوند پردازش می نماید . قسمت دیگر هیپوتالاموس<sup>۱۱</sup> است که اعمال خودبخودی ، عملکرد غدد درون ریز و هورمونی و اعمال احشایی را ساماندهی می نماید .

#### ۷- نیمکره های مغزی :

شامل یک لایه پیچ پیچ خارجی- قشر مغز<sup>۱۲</sup> - و سه ساختمان درونی بیسال گانگلیا<sup>۱۳</sup> ، هیپوکمپوس<sup>۱۴</sup> و هسته آمیگدالوئید<sup>۱۵</sup> است . بیسال گانگلیا در تنظیم عملکرد حرکتی نقش دارد . هیپوکمپوس به مسئله ذخیره حافظه می پردازد و هسته آمیگدالوئید پاسخهای غده ای و هورمونی و خودبخودی مربوط به حالات احساسی را هماهنگ می نماید . قشر مغز به چهار لوب تقسیم شده است: پیشانی<sup>۱۶</sup> ، آهیانه ای<sup>۱۷</sup> ، گیجگاهی<sup>۱۸</sup> ، پس سری<sup>۱۹</sup> [2].

هریک از این چهارلوب دارای عملکردهای خاصی است .

#### ۱- لوب پیشانی :

---

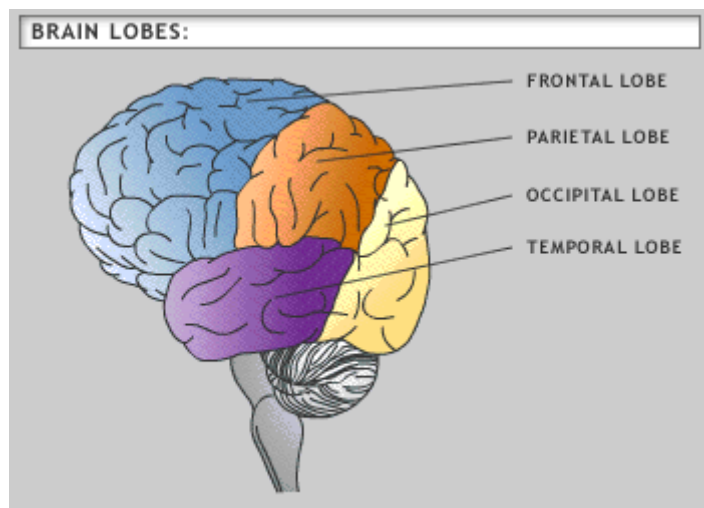
Peduncles<sup>9</sup>  
Thalamus<sup>10</sup>  
Hypothalamus<sup>11</sup>  
Cerebral Cortex<sup>12</sup>  
Basal Ganglia<sup>13</sup>  
Hippocampus<sup>14</sup>  
Amygdaloid Nuclei<sup>15</sup>  
Frontal<sup>16</sup>  
Parietal<sup>17</sup>  
Temporal<sup>18</sup>  
Occipital<sup>19</sup>



۱) ناحیه حرکتی اولیه در جلوی شیار مرکزی واقع و منطبق بر منطقه چهار ورودی است . تحریک این ناحیه سبب بروز انقباض عضلانی و حرکت در سمت مقابل بدن می شود . برخی از عضلات بدن دارای تحریک دوطرفه می باشد .

۲) ناحیه پیش حرکتی در جلوی ناحیه اولیه حرکتی قرار گرفته و منطبق بر منطقه شش ورودی است . این منطقه اطلاعات لازم را در نواحی حسی دریافت و دستورات لازم را به ناحیه حرکتی اولیه جهت اجرای حرکت می دهد .

۳) ناحیه چشمی فرونتال تعقیب ارادی اشیاء توسط چشمها را کنترل می کند . چنانچه این ناحیه آسیب ببیند سبب انحراف همزمان چشمها به سمت ضایعه می گردد . این ناحیه منطبق بر هشت ورودی است . ناحیه حرکتی تکلم ، در قسمت تحتانی لوب فرونتال قرار دارد و منطبق بر مناطق ۴۴ و ۴۵ ورودی است . این ناحیه در نیمکره غالب اهمیت بیشتری داشته و آسیب به آن منجر به عدم توانایی در صحبت کردن می شود .



شکل ۱-۳ لوبهای مغز

۲- لوب آهیانه ای :

الف) ناحیه حسی پیکری :

بخشی از لوب آهیانه ای است که دقیقاً در پشت شیار مرکزی واقع و مطابق با مناطق ۱ ، ۲ و ۳ ورودی است و دریافت کننده حسهای پیکری مانند لمس ، درد و حرارت هستند . در این ناحیه تصویر بدن به صورت معکوس تشکیل می شود . در این تصویر صورت پایین و اندام تحتانی در سمت بالا قرار دارند .

ب) ناحیه ارتباطی پیکری :

در قسمت فوقانی لوب آهیانه ای قرار دارد و مطابق با مناطق ۵ و ۲ برودمن است. این ناحیه توانایی تشخیص خصوصیات اشیاء مانند شکل، اندازه، جنس، موفقیت فضایی و زبری را بدون کمک سیستم بینایی به انسان می دهد.

ج) منطقه ورنیک:

در قسمت تحتانی لوب آهیانه ای و فوقانی گیجگاهی است و مطابق با ۳۹ و ۴۰ برودمن است. این منطقه امکان درک تفسیر جملات نوشته شده یا شنیده شده را فراهم می کند.

۳- لوب گیجگاهی:

ناحیه شنوایی اولیه، بر روی لوب گیجگاهی و منطبق بر نواحی ۴۱ و ۴۲ برودمن است. دریافت کننده تحریکات شنوایی است.

۴- لوب پس سری:

۱) منطقه بینایی اولیه، در لوب پس سری واقع و منطبق بر منطقه ۱۷ برودمن است. این منطقه تحریکات بینایی ارسالی از شبکیه چشم را دریافت می دارد.

۲) منطقه بینایی ارتباطی، این منطقه ناحیه بینایی اولیه را احاطه کرده و منطبق بر مناطق ۱۸ و ۱۹ برودمن است. در واقع پیامهای بینایی را از منطقه بینایی اولیه دریافت کرده و سپس به تفسیر پیامها، دید سه بعدی (فضایی)، حرکات چشم و تشخیص رنگها می پردازد.

## آناتومی هیپوکمپوس

کلمه هیپوکمپوس اولین بار توسط جولینو سزار آرانزی<sup>۲۰</sup> در ۱۵۶۴ در بولونیا استفاده شد. او اولین کسی بود که برآمدگی گیجگاهی مغزی<sup>۲۱</sup> را توصیف کرد. به نظر می آید که به دلیل شباهت ظاهری به هیپوکمپوس (جانور دریایی) از این اسم استفاده شد. پل بروکا<sup>۲۲</sup> در سال ۱۸۷۸ اتصالی میان هیپوکمپوس و اجزای اطرافش را شناسایی کرد و به این مجموعه لوب لیمبیک<sup>۲۳</sup> نام نهاد [4]. مفهوم لوب لیمبیک بوسیله جیمز پاپز<sup>۲۴</sup>، پل مک لین<sup>۲۵</sup> و دیگران گسترش داده شد تا مفهوم احساس را نیز دربربگیرد. قلمرو ساختمانهای نورونی رشد داده شد تا شامل اجزای زیرقشری<sup>۲۶</sup> نیز بشود تا بازنشاسی اتصالات با دیگر اجزای بدن گسترش یابد. این مسئله منجر به پیشنهادی از سوی

Giulio Cesare Aranzi<sup>20</sup>

Temporal Horns<sup>21</sup>

Paul Broca<sup>22</sup>

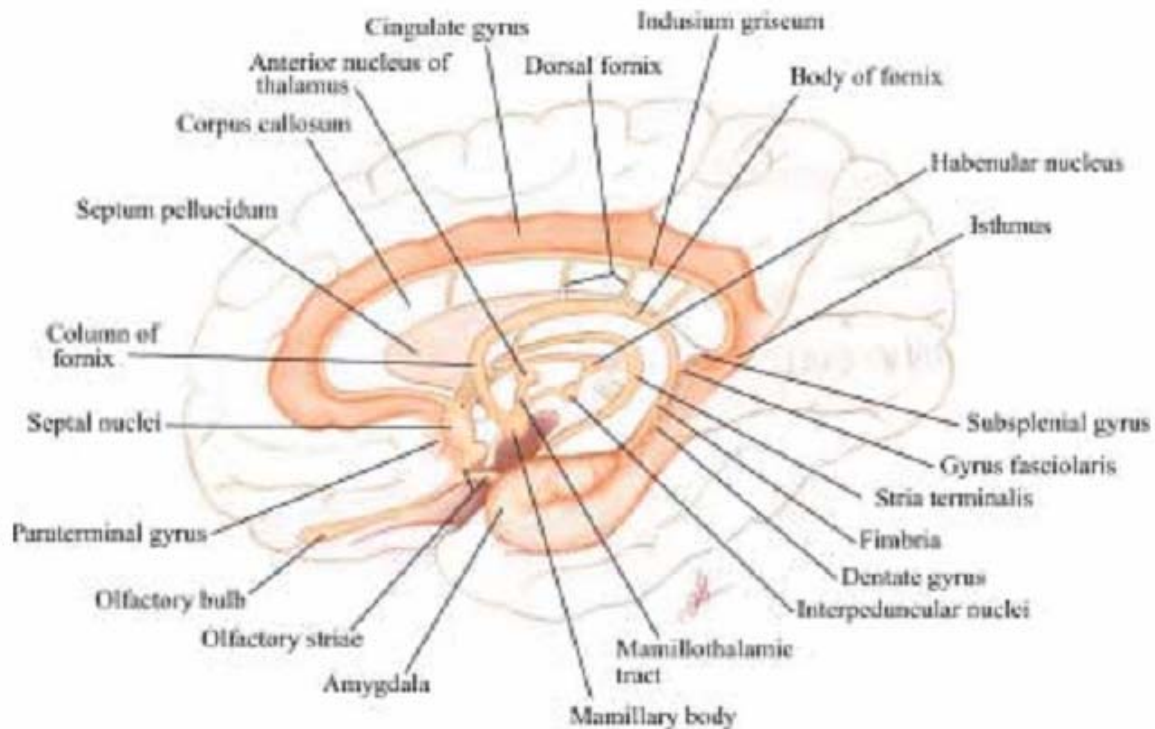
Limbic Lobe<sup>23</sup>

James Papez<sup>24</sup>

Paul Maclean<sup>25</sup>

Subcortical Elements<sup>26</sup>

برودال<sup>۲۷</sup> و دیگران گردید که مفهوم سیستم لیمبیک مناسب نیست و بهتر است حذف گردد. بحث بیشتر در این زمینه از حوصله بحث خارج است و برای سادگی جایگاه هیپوکمپوس را در سیستم لیمبیک متداول نشان می دهیم [5].



شکل ۱-۴ اجزای سیستم لیمبیک

در این قسمت آناتومی هیپوکمپوس را با استفاده از تصاویر MRI مرور می کنیم.

### ساختار هیپوکمپوس

ساختار پیچیده هیپوکمپوس و ساختارهای کناریش مانعی برای شناسایی آنهاست. این مسئله هنگامی پیچیده تر می شود که موسسات مختلف اسامی مختلفی را برای اجزای مختلف استفاده کنند. در اینجا از نامگذاری که در نوشته های دوورنوی<sup>۲۸</sup> (Ref) و گلور<sup>۲۹</sup> (Ref) و مقالات اخیر دیگر آمده است استفاده می کنیم و هیپوکمپوس را ساختمانی متشکل از شاخ آمون<sup>۳۰</sup> و DG<sup>۳۱</sup> می نامیم. کتابهای دیگر مانند آناتومی گری<sup>۳۲</sup> واژه هیپوکمپوس را برای شاخ آمون استفاده می کنند و آن

<sup>27</sup> Brodal

<sup>28</sup> Duvernoy

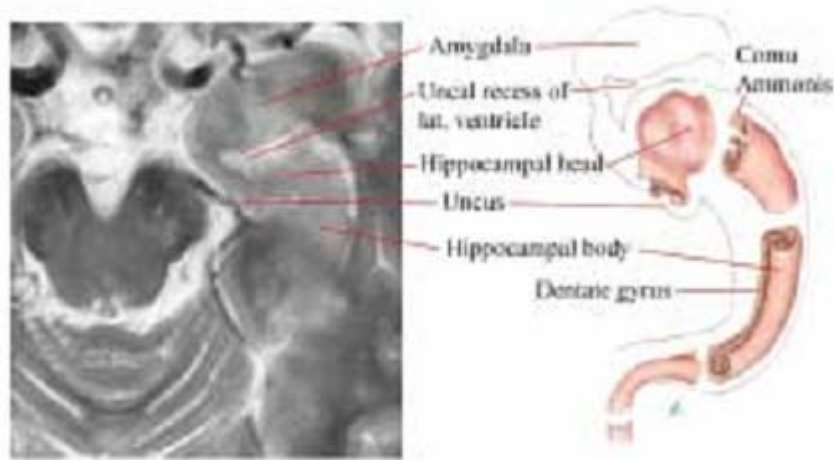
<sup>29</sup> Gloor

<sup>30</sup> Cornu Ammonis

<sup>31</sup> Dentate Gyrus

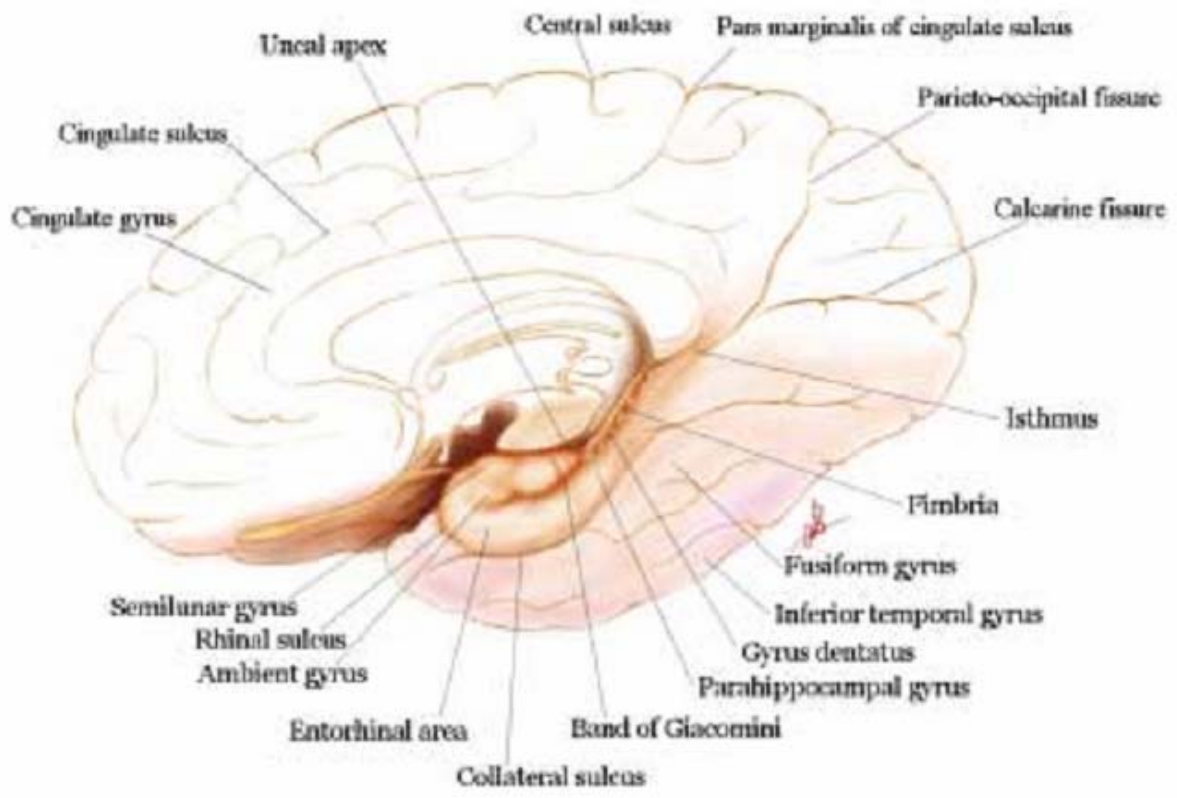
<sup>32</sup> Gray

را از DG مجزا نمایند . MRI محوری<sup>۳۳</sup> جایگاه هیپوکمپوس را در قسمت میانی لوب گیجگاهی نشان می دهد و در پایین شاخ گیجگاهی در حفره مغزی جانبی .



شکل ۱-۵ عکس MRI برداشته شده از هیپوکمپوس چپ شباهت آنرا به اسب دریایی نشان می دهد.

بخش قشر گیجگاهی شامل ایزوکورتکس ( نئوکورتکس ) است. ایزوکورتکس ساختاری تکامل یافته است که از نظر میکروسکوپی دارای شش لایه سلول است . ساختارهای قسمت میانی گیجگاهی از ۳ ، ۴ ، ۵ لایه الوکورتکس<sup>۳۴</sup> ابتدایی تر تشکیل شده است که به عنوان یک صفحه هموار قشری که به صورت پیشرونده روی هم می پیچند شروع به تکامل می کند تا ساختار خاکستری به هم پیوسته ای را تشکیل دهد که شکلی C شکل داشته و شامل شاخ آمون و DG می شود ( شکل ۱-۴ ) ( شکل ۱-۵ ) .

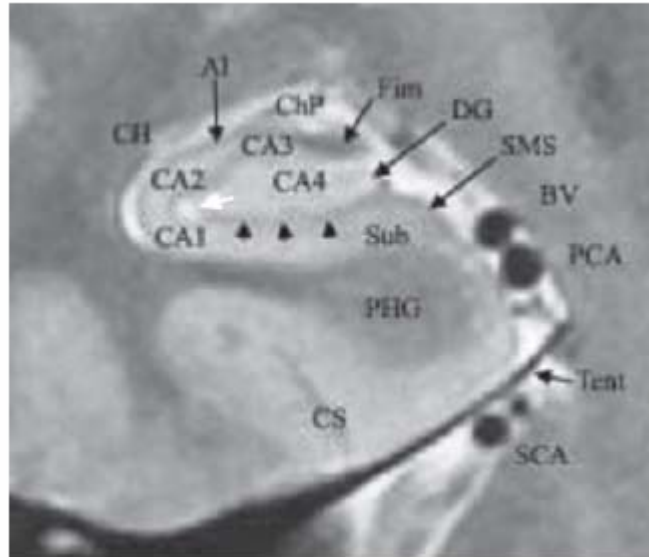


شکل ۱-۶ نمایی کناری از نیمکره های مغز که هیپوکمپوس در آن به سختی قابل مشاهده است.



شکل ۱-۷ ساختار هیپوکمپوس که اجزای بدنه و دم را نشان می دهد. شاخ آمون به چهار زیر شاخه CA1 تا CA4 تقسیم می شود.

تاشدگی میان شاخ آمون و DG به صورت پیشرونده محو می گردد و تنها دهانه شیار هیپوکمپوس<sup>۳۵</sup> را باقی می گذارد. آثار معمول این شیار به صورت کیسه های کوچک<sup>۳۶</sup> هیپوکمپوسی باقی می ماند. (شکل ۵)



شکل ۱-۸ اجزای مختلف هیپوکمپوس با عکس MRI

فیبرهای ماده سفید رنگ هیپوکمپوس در سطح بالایی آن جمع می شوند تا آلوئوس پوششی<sup>۳۷</sup> را شکل دهند که بوسیله اپنڈیما<sup>۳۸</sup> در شاخ گیجگاهی حفره جانبی پوشیده می شود و قسمت کوروید پلکسوس<sup>۳۹</sup> را می پوشاند. سپس فیبرهای جسم سفید آلوئوس به صورت مجموعه هایی جمع می شوند تا فیمبریا<sup>۴۰</sup> را تشکیل دهند که بوسیله فورنیکس<sup>۴۱</sup> از قسمت خلفی ادامه می یابند. شاخ آمون به صورت جانبی و پایینی همراه با چینهای پاراهیپوکمپوسی<sup>۴۲</sup> مخصوصا سوبیکولوم<sup>۴۳</sup> ادامه پیدا می کنند. از خارج هیپوکمپوس اکثرا مخفی است تنها دندانهای DG میان قسمت فوقانی فیمبریا و قسمت پایینی سوبیکولوم آشکار است (شکل ۱-۴).

قسمت Parahippocampal Gyrus از این نظر یکتاست که لایه ای از ماده سفید را بر روی قشر مغز می پوشاند که استراتوم مغزی سطحی Subiculum است. انتقال از الوکورتکس به ایزوکورتکس در لبه شیار Collateral است که MRI نشان دهنده ضخیم شدگی قشر در این نقطه است.

قسمت قدامی Parahippocampal Gyrus با نام قسمت Enrorhinal شناخته می شود که قسمت اصلی ورودیها به هیپوکمپوس است. پس از آن، در قسمت دم هیپوکمپوسی، قسمت جانبی

Alveus<sup>37</sup>  
Ependyma<sup>38</sup>  
Choroid Plexus<sup>39</sup>  
Fimbria<sup>40</sup>  
Fornix<sup>41</sup>  
Parahippocampal Gyrus<sup>42</sup>  
Subiculum<sup>43</sup>

پایینی شاخ آمونی دارای برآمدگیهایی است ، قسمت پیچ خوردگی آندریاس دتزیوس<sup>۴۴</sup> زیر فاسکیولا سینریا<sup>۴۵</sup> است و بعد از ادامه DG قرار دارد ( شکل ۱-۵ ).

در قسمت دم هیپوکمپوسی ، شاخ آمونی به سمت پایینی فیمبریا گسترش می یابد که به آن چین خوردگی فاسیولاریس<sup>۴۶</sup> گویند که در ادامه به قسمت اسپلنیوم کورپوس کالوسوم<sup>۴۷</sup> می رسد تا پوششی نازک از ماده خاکستری گردد که به آن ایندوسیوم کریسئوم<sup>۴۸</sup> گویند.

---

Andreas Retzius<sup>44</sup>  
Fasciola Cineria<sup>45</sup>  
Fasciolaris<sup>46</sup>  
Splenum of Corpus Collasum<sup>47</sup>  
Indusium Griseum<sup>48</sup>



## فصل دوم: حافظه

در سال ۱۸۶۱ پیرپل بروکا کشف کرد که ضایعه در ناحیه خلفی لوب پیشانی چپ ( ناحیه بروکا ) باعث ایجاد اشکالات کلامی در افراد می شود . کمی بعد نشان داده شد که بسیاری از اعمال ذهنی مانند ادراک و حرکات ارادی مربوط ، به عملکرد مدارهای نوروئی خاصی در مغز انسان هستند . این عمل محلی کردن اعمال مغز سوالی را پیش آورد که آیا سیستمهای گسسته ای نیز برای حافظه انسان در مغز وجود دارند ؟ اگر چنین است آیا تمام فرایندهای حافظه در یک منطقه جمع شده اند یا در مغز تقسیم گردیده اند [2] ؟

در مقابل دیدگاهی که بسیاری از اعمال مغز را محلی می کرد ، بسیاری از دانشمندان در مورد اینکه اعمال حافظه محل باشند، شک داشتند . دلیل این مسئله آن بود که ذخیره حافظه بسیاری از نقاط مختلف مغز را درگیر خود می کرد . این عقیده تا میانه قرن بیستم پابرجا بود . اما اکنون مشخص شده است که بعضی نقاط مغز اهمیت کمتر در ذخیره حافظه داشته و بعضی از نقاط آن نقش بسیار مهمی در ذخیره حافظه دارند .

اولین شخصی که مدارکی برای محلی بودن فرایندهای حافظه ارائه کرد یک جراح مغز به نام ویلدر پنیفیلد<sup>۴۹</sup> بود. وی شاگرد نوروفیزیولوژیست انگلیسی، چارلز شرینگتون<sup>۵۰</sup> بود که در اوایل قرن بیستم با استفاده از الکترودهای تحریکی، نقشه ای برای نقاط مختلف حرکتی مغز در میمونها ایجاد کرد. در دهه ۱۹۴۰ پنیفیلد همین کار را با استفاده از تحریک الکتریکی برای ایجاد نقشه ای از اعمال حرکتی، حسی و کلامی در قشر مغز انجام داد تا بتواند درمانی برای بیماران دارای اپیلهپسی موضعی ارائه دهد. چون مغز دارای گیرنده های درد نیست، او می توانست با استفاده از بی حسی موضعی آزمایش خود را روی بیماران انجام دهد. در حالی که بیماران هوشیار بودند به اعمال تحریکهای الکتریکی و پرسش از آنها پاسخ خود را از آنان دریافت کند.

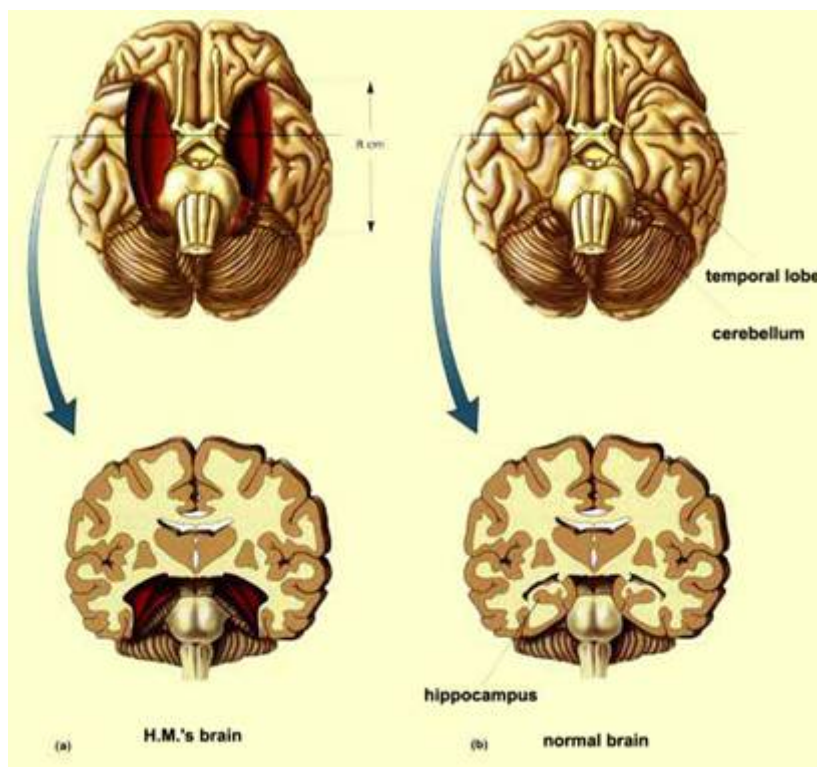
پنیفیلد آزمایشات خود را روی بیش از ۱۰۰۰ بیمار انجام داد. در مواردی نادر، او مشاهده می کرد که تحریک لوب گیجگاهی پاسخی را ارائه می دهد که ناشی از تجمع منسجم آزمایشات قبلی است. این مطالعات تحریک کننده بود ولی این گمان را ایجاد نکردند که لوب گیجگاهی در حافظه نقشی اساسی دارد زیرا اکثر بیماران پنیفیلد در این ناحیه دچار حمله ناگهانی می شدند. بنابراین گمان کردند که این پاسخها ناشی از حملات ناگهانی به آن مناطق است. علاوه بر این، این پاسخها تنها در ۸ درصد موارد تحریک شونده لوب گیجگاهی رخ می داد. شواهد بیشتری که این لوب در حافظه نقشی اساسی دارد در میانه دهه ۵۰ میلادی از مطالعه روی بیمارانی که هیپوکمپوس آنها و نواحی اطراف آن در ناحیه گیجگاهی کامل برداشته شده بود بدست آمد.

اولین و بهترین نمونه مطالعه اثرات لوب گیجگاهی بر حافظه بر روی بیماری به نام H.M. بود که توسط برندا میلنر<sup>۵۱</sup> همکار پنیفیلد و جراحی به نام ویلیام اسکوویل<sup>۵۲</sup> انجام شد.

H.M. مردی ۲۷ ساله بود که بیش از ۱۰ سال از حملات لوب گیجگاهی به دلیل ضربه مغزی که در ۹ سالگی و بر اثر برخورد با یک دوچرخه سوار ایجاد شده بود رنج می برد. هنگام بلوغ وی توانایی کار یا زندگی عادی را نداشت. در هنگام جراحی، قسمتهای هیپوکمپوسی، آمیگدالا و قسمت ارتباطی قشر گیجگاهی وی برداشته شده بودند.

---

Wilder Penfield<sup>49</sup>  
Charles Sherrington<sup>50</sup>  
Brenda Milner<sup>51</sup>  
William Scoville<sup>52</sup>



شکل ۱-۲ مقایسه مغز HM و مغز سالم

حملات H.M. پس از جراحی بسیار بهتر شد اما بر اثر برداشتن قسمت میانی لوب گیجگاهی وی، مشکل دیگری ایجاد شد و آن عدم کارایی حافظه وی بود. اشکال حافظه H.M. نیز تقریباً خاص بود. وی همچنان دارای حافظه کوتاه مدت سالمی در حدود ثانیه یا دقیقه بود. علاوه بر آن، او دارای حافظه دراز مدت مناسبی برای اتفاقات قبل از عمل جراحی بود. او نام، شغل و اتفاقات کودکیش را به خاطر می آورد.

همچنین اتفاقاتی را که مربوط به سالهای کمی قبل از جراحی بود تا حدودی به یاد می آورد.

او دارای قدرت تکلم مناسب، استفاده مناسب از لغات و همچنین IQ مانند قبل از عمل بود.

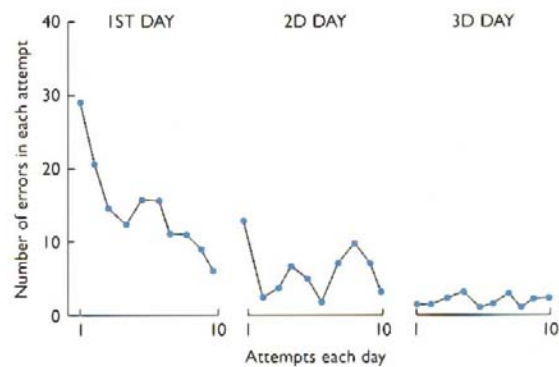
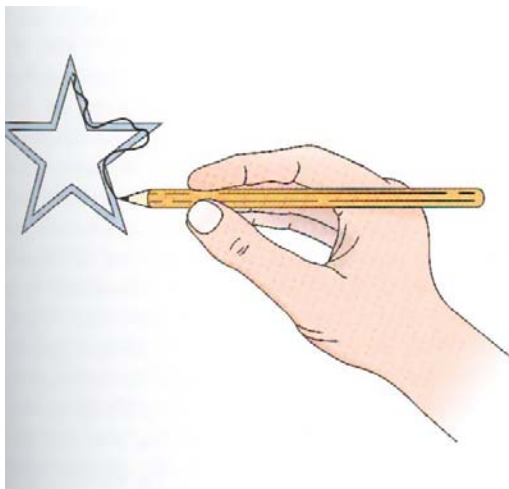
آنچه H.M. در آن اشکال داشت، عدم توانایی وی در انتقال حافظه کوتاه مدت به دراز مدت بود. او نمی توانست اطلاعات مربوط به افراد، مکانها و اجسام را بیش از چند دقیقه در حافظه خود نگاه دارد. اگر به او می گفتند عددی را به خاطر بسپارد، وی به راحتی می توانست دقایق طولانی آن را تکرار کند اما وقتی حواسش پرت می شد دیگر پس از آن قادر به تکرار کلمه نبود. بنابراین H.M. توانایی شناسایی افراد را پس از عمل نداشت حتی اگر آنها را بارها ملاقات می کرد. برای مثال او میلنر را سالها دیده بود اما هر بار که وی را ملاقات می کرد، طوری رفتار می نمود که تا به حال وی را ندیده است. علاوه بر این H.M. مشکلی اساسی در جهت یابی مکانی داشت. مثلاً برای

وی حدود یک سال به طول انجامید تا راه جدید منزلشان را بیاموزد. تمامی بیمارانی که دارای ضایعه در نقطه مشابه H.M. بودند همین اشکالات حافظه را بروز می دادند.

## حافظه صریح<sup>۵۳</sup> و حافظه مجازی<sup>۵۴</sup>

میلنر گمان می کرد که پس از ضایعات قسمت میانی لوب گیجگاهی تمام اقسام حافظه را دچار اشکال می کند. ولی H.M. نشان داد که این طور نیست. اگر چه این بیماران دارای مشکلات حافظه عمیقی هستند اما بسیاری از اعمال را می توانند مانند افراد عادی یاد گرفته و آن را در ذهن خود نگاه دارند. به عنوان مثال او می توانست نمایش یک ستاره را با نگاه کردن به حرکت دست میلنر و همچنین در آینه بیاموزد.

این مسئله نشان دهنده آن بود که H.M. اعمال حرکتی را با سرعتی طبیعی می آموزد. مانند افراد طبیعی. H.M. دارای اشتباهات زیادی در ابتدا بود اما پس از چند روز تمرین این کار را بدون اشکال و غیر قابل تشخیص از افراد سالم انجام می داد. (شکل ۲-۶۲)



شکل ۲-۶۲ HM پیشرفت قابل ملاحظه ای در یادگیری کارهای شامل یادگیری حرکات مهارتی نشان می داد.

مطالعات بعدی که توسط لری اسکوایر<sup>۵۵</sup> و دیگر انجام شد نشان داد که ظرفیت حافظه بیمارانی مانند H.M. که دارای ضایعه مغزی در ناحیه میانی لوب گیجگاهی هستند در مورد مهارت های حرکتی محدود نیست. علاوه بر این، آنها می توانند در مورد برخی اعمال شناختی پیشرفت کنند مانند Priming که نوعی شناخت و یادآوری اجسام یا کلماتی است که قبلاً نشان داده شده اند.