

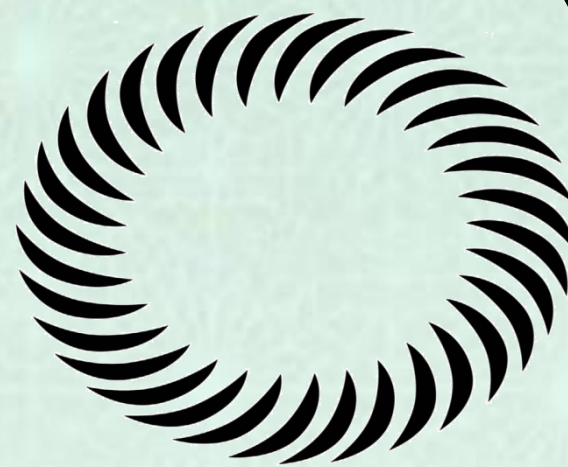


نمایشگاه هفته پژوهش و فناوری
دانشگاه صنعتی همدان
آذر 1404

کاربرد آنالیز مورفومتری مبتنی بر وکسل تصاویر تشدید مغناطیسی در بیماری صرع لوب گیجگاهی

آرش شهابی قهفرخی

گروه مهندسی پزشکی ، دانشگاه صنعتی همدان
a.shahabi@stu.hut.ac.ir

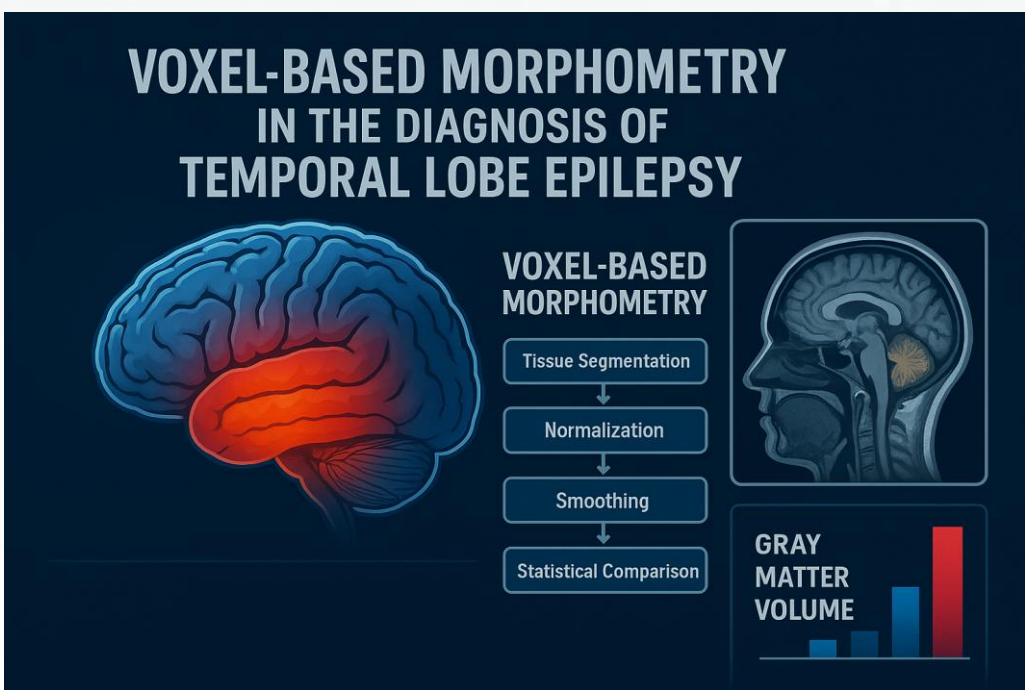


هفته ملی پژوهش و فناوری

چکیده

تشخیص دقیق ناحیهٔ صرع‌زا در بیماران مبتلا به صرع لوب تمپورال، به‌ویژه در موارد MRI-negative ، همچنان یکی از چالش‌های اساسی در مدیریت پیش از جراحی است. در سال‌های اخیر، مورفومتری مبتنی بر وکسل (Voxel Based Morphometry) به‌عنوان روشی قدرتمند برای شناسایی تغییرات ساختاری ظریف در ماده خاکستری مطرح شده و مطالعات متعدد کاهش حجم هیپوکامپ، تالاموس، کورتکس پیریفورم و ساختارهای پاراهیپوکامپال را با حساسیت بالا در تعیین نیم‌کرهٔ درگیر گزارش کرده‌اند. این یافته‌ها با اختلالات شناختی و شدت تشنج نیز همبستگی نشان می‌دهند. در کنار آن، مورفومتری سطحی و تحلیل‌های مبتنی بر FreeSurfer امکان بررسی دقیق ضخامت قشر، انحنا و الگوهای سطحی را فراهم کرده و در شناسایی ضایعات ظریف همچون دیسپلازی کورتیکال برتری دارند. ادغام مورفومتری مبتنی بر وکسل و مورفومتری سطحی با داده‌های چند مودالی و استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین ، به‌طور قابل‌توجهی توانایی تشخیص ضایعات پنهان و پیش‌بینی جانبی‌سازی هیپوکامپ را افزایش داده است. این رویکردها با استخراج ویژگی‌های حجمی و سطحی از MRI و آموزش مدل‌های طبقه‌بندی، می‌توانند به تصمیم‌گیری بالینی، تعیین کانون صرع و انتخاب بهینهٔ بیماران برای جراحی کمک کنند. در مجموع، ترکیب روش‌های مورفومتری و یادگیری ماشین، مسیری امیدبخش برای ارتقای دقت تشخیص کانون صرع و بهبود پیامدهای جراحی فراهم می‌سازد.

واژه های کلیدی : صرع لوب گیجگاهی ، مورفومتری مبتنی بر وکسل ، Free Surfer ، یادگیری ماشین ، آتروفی هیپوکامپ (Hippocampal Sclerosis) ، تشخیص و تعیین کانون صرع



شکل ۱. نمای شماتیک از کاربرد مورفومتری مبتنی بر وکسل در تشخیص صرع لوب تمپورال. تصویر شامل برجسته‌سازی لوب تمپورال، مراحل پردازش VBM و الگوی کاهش حجم ماده خاکستری در ساختارهای مرتبط است.

راهبردهای پیشنهادی

ترکیب چندروش تصویربرداری برای افزایش دقت شناسایی آتروفی‌های ظریف در ساختارهای لیمبیک و شبکه صرع. استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین برای تمایز بیماران از کنترل‌ها و تعیین سمت درگیری هیپوکامپی با دقت بالا. به‌کارگیری شاخص‌های حجمی، سطحی و عدم‌تقارن به‌عنوان زیست‌نشانه‌های کمی در تشخیص و جانبی‌سازی کانون صرع. استانداردسازی کامل روند پیش‌پردازش MRI جهت افزایش قابلیت تکرار و کاربرد بالینی نتایج، به‌ویژه در بیماران ام آر ای منفی. توسعه یک چارچوب یکپارچه و خودکار برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری بالینی و کمک به انتخاب بهترین انتخاب‌ها برای جراحی صرع.

منابع

- [1]E. Neuhaus et al., "Volumetric gray matter findings in autonomic network regions of people with focal epilepsy," *Journal of Neuroimaging*, vol. 34, no. 1, pp. 55-60, Jan. 2024, doi: 10.1111/jon.13164.
- [2]C. Q. Lu et al., "Brain structural differences in temporal lobe and frontal lobe epilepsy patients: A voxel-based morphometry and vertex-based surface analysis," *Neuroradiology Journal*, vol. 35, no. 2, pp. 193-202, Apr. 2022, doi: 10.1177/19714009211034839.
- [3]K. Sun et al., "Voxel-based morphometric MRI post-processing and PET/MRI co-registration reveal subtle abnormalities in cingulate epilepsy," *Epilepsy Res*, vol. 171, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.epilepsyres.2021.106568.
- [4]Y. Chen et al., "Cerebellar white and gray matter abnormalities in temporal lobe epilepsy: a voxel-based morphometry study," *Front Neurosci*, vol. 18, 2024, doi: 10.3389/fnins.2024.1417342.
- [5]A. Harms et al., "Shape description and volumetry of hippocampus and amygdala in temporal lobe epilepsy – A beneficial combination with a clinical perspective," *Epilepsy and Behavior*, vol. 128, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.yebeh.2022.108560.
- [6]R. Zubal et al., "Brain Hypertrophy in Patients with Mesial Temporal Lobe Epilepsy with Hippocampal Sclerosis and Its Clinical Correlates," *Neurology*, vol. 104, no. 2, Dec. 2024, doi: 10.1212/NEU.00000000000021062.
- [7]F. Riederer et al., "Voxel-based morphometry-from hype to hope. A study on hippocampal atrophy in mesial temporal lobe epilepsy," *American Journal of Neuroradiology*, vol. 41, no. 6, pp. 987-993, Jun. 2020, doi: 10.3174/ajnr. A6545.
- [8]G. Wang et al., "Structural and functional changes of the cerebellum in temporal lobe epilepsy," *Front Neurol*, vol. 14, 2023, doi: 10.3389/fneur.2023.1213224.
- [9]H. Tung, S. Y. Pan, T. H. Lan, Y. Y. Lin, and S. J. Peng, "Characterization of Hippocampal-Thalamic-Cortical Morphometric Reorganization in Temporal Lobe Epilepsy," *Front Neurol*, vol. 12, Feb. 2022, doi: 10.3389/fneur.2021.801086.
- [10]S. Iqbal et al., "Volumetric analysis of the piriform cortex in temporal lobe epilepsy," *Epilepsy Res*, vol. 185, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.epilepsyres.2022.106971.
- [11]C. Fici, Z. Telatar, and O. Eroglu, "Localization of epileptic focus by gray matter reduction analysis from brain MR images for temporal lobe epilepsy patients," *Biomed Signal Process Control*, vol. 83, May 2023, doi: 10.1016/j.bspc.2023.104716.
- [12]B. Caldiarou et al., "MRI-Based Machine Learning Prediction Framework to Lateralize Hippocampal Sclerosis in Patients with Temporal Lobe Epilepsy," *Neurology*, vol. 97, no. 16, pp. E1583-E1593, Oct. 2021, doi: 10.1212/WNL.00000000000012659.
- [13]N. S. V. de Figueiredo et al., "A pioneering FreeSurfer volumetric study of a series of patients with mesial temporal lobe epilepsy and hippocampal sclerosis with comorbid depression," *Psychiatry Res Neuroimaging*, vol. 311, May 2021, doi: 10.1016/j.psychres.2021.111281.
- [14]W. T. Kerr et al., "Clinical MRI morphological analysis of functional seizures compared to seizure-naïve and psychiatric controls," *Epilepsy and Behavior*, vol. 134, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.yebeh.2022.108958.
- [15]J. Bunyamin, B. Sinclair, M. Law, P. Kwan, T. J. O'Brien, and A. Neal, "Voxel-based and surface-based cortical morphometric MRI applications for identifying the epileptogenic zone: A narrative review," *Apr. 01, 2025, John Wiley and Sons Inc.*, doi: 10.1002/epi4.70012.
- [16]R. P. Dos Santos Silva et al., "Pattern of abnormalities on gray matter in patients with medial temporal lobe epilepsy and hippocampal sclerosis: An updated meta-analysis," *Oct. 01, 2024, Elsevier B.V.*, doi: 10.1016/j.clineuro.2024.108473.

تایید استاد راهنما

نام و امضا استاد راهنما :

تایید تحصیلات تکمیلی :

تایید امور پژوهشی:

مقدمه

صرع لوب گیجگاهی شایع‌ترین نوع صرع کانونی مقاوم به درمان است و در بسیاری از بیماران، ضایعات ساختاری در MRI معمولی قابل مشاهده نیست. روش‌های پیشرفته‌ای مانند مورفومتری مبتنی بر وکسل و تحلیل‌های FreeSurfer امکان شناسایی آتروفی‌های ظریف در هیپوکامپ، آمیگدالا و سایر بخش‌های شبکه لیمبیک را فراهم کرده‌اند. ترکیب این شاخص‌های ساختاری با الگوریتم‌های یادگیری ماشین دقت تشخیص و تعیین کانون صرع را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد و مسیر جدیدی برای بهبود تصمیم‌گیری پیش از جراحی ارائه می‌کند.

اهداف و روش پژوهش

این پژوهش با هدف شناسایی الگوهای آتروفی پنهان و تعیین دقیق کانون صرع در بیماران صرع لوب گیجگاهی انجام شد. برای این منظور، تصاویر MRI T1 با وضوح بالا پس از پیش‌پردازش با روش مورفومتری مبتنی بر وکسل تحلیل شدند تا تغییرات حجمی ماده خاکستری مشخص گردد. سپس با استفاده از FreeSurfer حجم و ضخامت قشر در ساختارهای کلیدی مانند هیپوکامپ و آمیگدالا استخراج شد. در مرحله بعد، مجموعه ویژگی‌های به‌دست‌آمده وارد مدل‌های یادگیری ماشین شد تا توان تشخیص بیماران، تفکیک MRI مثبت از منفی، و جانبی‌سازی کانون صرع ارزیابی شود. هدف نهایی توسعه یک رویکرد کمی، دقیق و قابل‌تکرار برای کمک به تشخیص و تصمیم‌گیری پیش‌ازجراحی است.

یافته‌های پژوهش

تحلیل‌های پیشرفته مبتنی بر مورفومتری مبتنی بر وکسل نشان داد که بیماران صرع لوب گیجگاهی، علاوه بر هیپوکامپ، دچار الگوهای گسترده‌ای از آتروفی در ساختارهای لیمبیک مانند آمیگدالا و پاراهیپوکامپال، و نیز نواحی دیگری همچون تالاموس، اینسولا و قشر پیشانی هستند؛ الگوهایی که ماهیت شبکه‌ای این بیماری را برجسته می‌کنند. حتی در بیماران دارای MRI منفی، روش‌های کمی مبتنی بر مورفومتری مبتنی بر وکسل و تحلیل‌های شکل‌شناختی قادر بودند کاهش‌های ظریف حجمی را آشکار کنند که در تصویربرداری معمولی قابل مشاهده نبود. مطالعات همچنین نشان دادند که مخچه به‌ویژه بخش‌های Crus II و Lobule VI در این اختلال نقش فعالی دارد و کاهش حجم آن با افت عملکرد شناختی ارتباط نشان می‌دهد. در کنار این یافته‌ها، تحلیل‌های سطحی مبتنی بر FreeSurfer امکان بررسی دقیق ضخامت قشر و زیرساختارهای هیپوکامپ را فراهم کرده و شاخص‌های مهمی مانند عدم‌تقارن هیپوکامپی و کاهش ناحیه‌ای قشر را به‌عنوان نشانگرهای تشخیصی معرفی کرده‌اند. تفاوت‌های جانبی میان صرع لوب گیجگاهی چپ و راست نیز الگوهای متمایزی از آسیب را نشان دادند؛ به‌طوری که درگیری نیمکره چپ بیشتر با اختلال حافظه کلامی و آسیب سمت راست با افت حافظه فضایی-بصری همراه بود. ادغام نتایج مورفومتری مبتنی بر وکسل و تحلیل‌های سطحی باعث افزایش چشمگیر دقت تشخیص و تفکیک بیماران شد و به‌ویژه در کنار مدل‌های یادگیری ماشین توانایی جانبی‌سازی و شناسایی ضایعات پنهان را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشید. برخی پژوهش‌ها گزارش کردند که میزان و توزیع آتروفی می‌تواند پیش‌بینی‌کننده موفقیت جراحی باشد و حتی الگوهای بازسازی جبرانی یا افزایش حجم موضعی نیز در برخی بیماران مشاهده شد. در نهایت، بررسی همبودی‌های روان‌پزشکی مانند افسردگی نشان داد که این اختلالات با آسیب بیشتر در شبکه‌های پیشانی-لیمبیک همراه هستند و می‌توانند بر تشخیص و پیش‌آگهی تأثیر بگذارند. مجموعه این یافته‌ها نشان می‌دهد که ترکیب روش‌های مورفومتری و یادگیری ماشین، چارچوبی قدرتمند برای شناسایی دقیق ضایعات پنهان، تعیین سمت درگیری و پیش‌بینی نتیجه جراحی در بیماران صرع لوب گیجگاهی فراهم می‌کند.