

时频分析在精神分裂症认知障碍筛查中的应用综述

罗添怡, 吕少博

华北理工大学心理与精神卫生学院, 河北 唐山

收稿日期: 2024年2月26日; 录用日期: 2024年4月19日; 发布日期: 2024年4月30日

摘要

精神分裂症是一种主要以认知功能受损为主要表现的严重疾病。近年来, 学者们越来越关注精神分裂症患者脑结构与功能变化的相关性及其机制。因此, 如何从神经心理层面有效筛查和识别潜在患者成为研究焦点。为更加全面捕捉大脑电活动模式, 研究基于深度学习的脑电信号分析技术至关重要。时频分析是一种可以对脑电图(EEG)信号进行分解, 揭示出不同时间窗口和频率范围内的电活动模式的技术, 它对于理解大脑的功能状态、识别异常活动以及研究大脑疾病的机制具有重要意义。在精神分裂症的研究中, 时频分析已被应用于EEG信号的处理和分析。本研究旨在通过时频分析方法, 深入了解精神分裂症早期认知障碍的临床表现, 期望揭示大脑在不同状态下的电活动模式, 为早期检测和治疗提供新视角。

关键词

精神分裂症, 认知障碍, 时频分析, 脑电图

A Comprehensive Review of the Application of Time-Frequency Analysis in Screening for Cognitive Impairment in Schizophrenia

Tianyi Luo, Shaobo Lyu

School of Psychology and Mental Health, North China University of Science and Technology

Received: Feb. 26th, 2024; accepted: Apr. 19th, 2024; published: Apr. 30th, 2024

Abstract

Schizophrenia is a serious disease primarily manifested by impaired cognitive function. In recent years, scholars have increasingly focused on the correlation between brain structure and functional changes in patients with schizophrenia and its underlying mechanisms. Therefore, effectively screening and identifying potential patients from the neuropsychological perspective has become a research focus. To capture the brain's electrical activity patterns more comprehensively, it is crucial to study EEG signal analysis techniques based on deep learning. Time-frequency analysis is a technique that can decompose electroencephalogram (EEG) signals and reveal electrical activity patterns across different time windows and frequency ranges. It is significant for understanding the functional state of the brain, identifying abnormal activities, and studying the mechanisms of brain diseases. In the study of schizophrenia, time-frequency analysis has been applied to the processing and analysis of EEG signals. This study aims to gain a deeper understanding of the clinical manifestations of early cognitive impairment in schizophrenia through time-frequency analysis methods, expecting to reveal the electrical activity patterns of the brain under different states and provide a new perspective for early detection and treatment.

Keywords

Schizophrenia, Cognitive Impairment, Time-Frequency Analysis, Electroencephalogram (EEG)

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

精神分裂症是一种复杂且严重的精神疾病，其主要症状包括幻觉、妄想、思维混乱，以及社交和情感功能的障碍。近年来，随着医学技术的发展，人们发现部分精神分裂症病人还伴有认知功能障碍。这类疾病往往在年轻和壮年时期开始出现，对患者的日常生活和社交功能带来了长远的冲击。因此，如何有效地治疗精神分裂症成为了医学界亟待解决的问题之一(Itil, 1977)。然而，在精神分裂症的诊断过程中，常常会遇到很多困难和挑战，特别是在疾病的初期阶段，由于症状的非典型性和容易产生混淆，这使得准确识别变得非常困难。随着神经影像技术的发展，越来越多的证据显示认知功能障碍可以被发现。在精神分裂症中，认知障碍是其关键的一部分，它往往在疾病的初始阶段就已经显现，例如注意力不集中、记忆问题和执行功能的损害等。随着认知神经科学研究的发展，越来越多的证据表明，精神分裂症存在着不同程度的认知障碍。这类认知障碍不仅对患者的日常生活和社交功能产生负面影响，同时也是预测疾病预后不佳的关键因素(Keefe & Harvey, 2012)。目前临床上仍缺乏针对认知损害进行有效治疗的方法，而这又直接导致了部分精神分裂症患者病情加重甚至死亡。因此，准确地识别和诊断精神分裂症早期的认知障碍变得尤其关键。

时频分析是一种先进的信号处理技术，广泛应用于多个领域，包括生物医学工程、神经科学、通信等。它是一种能够在时间和频率两个维度上同时揭示信号特性的方法。与传统的频谱分析相比，时频分析不仅提供了信号的频率组成信息，还能够展示这些频率成分随时间的变化情况。在精神分裂症早期认知障碍的筛查中，时频分析的应用主要体现在识别异常脑电活动、评估认知功能以及预测疾病

进展这三个方面。具体而言, 时频分析能够揭示精神分裂症患者在执行认知任务时脑电活动的异常模式, 如频率的减慢或增快、功率的增强或减弱, 这些异常模式可以作为早期认知障碍的标记物, 有助于疾病的早期发现。此外, 时频分析还能量化大脑在处理不同认知任务时的频率活动变化, 从而评估患者的认知功能, 通过比较患者在不同任务中的脑电活动模式, 揭示其认知功能的损害程度和类型, 为临床诊断和治疗提供重要依据。更重要的是, 时频分析还可以用于预测精神分裂症的疾病进展, 通过分析患者在疾病早期阶段的脑电活动模式, 预测其未来认知功能的变化趋势, 从而提前采取干预措施, 延缓疾病的进展。

在最近的几年中, 计算机技术和网络技术得到了迅猛的进步, 这使得利用计算机辅助进行精神分裂症早期认知障碍的检测变得可行, 为深入研究精神分裂症的发病原因并制定有效的预防和治疗策略提供了新的方向。同时, 利用时频分析方法对精神分裂症早期认知障碍进行检测也具有重要意义。本文深入地分析了精神分裂症早期认知障碍在临床上的表征以及诊断过程中所面临的难题, 并全面阐述了时频分析技术的基础理念。除此之外, 我们还特别强调了时频分析在精神分裂症早期认知障碍筛查中的实际应用, 以及时频特征与认知功能障碍之间的相关性研究。

2. 精神分裂症的早期认知障碍

在临床实践中, 精神分裂症患者在早期阶段的认知障碍主要体现为在形状感知、工作记忆、注意力网络和情绪调控等多个方面存在显著的不足。这种类型的认知障碍给患者的日常生活和社交活动带来了巨大的负面效应, 使得患者在工作和学习过程中遭遇各种挑战。在神经心理学层面, 精神分裂症患者的表现是复杂且多样的, 这可能与大脑的结构异常有关。有研究表明, 精神分裂症患者的大脑可能存在一些不正常的结构, 如大脑灰质体积的减少, 这可能与患者在认知和情感功能上的损伤有关。另外, 还可能由于脑白质厚度增加引起的脑内小胶质细胞增多等因素所致。此外, 神经递质的功能异常也可能是导致精神分裂症患者出现一系列精神症状的原因之一(Antonova, 2004)。神经递质是大脑中负责传递信息的化学物质, 而在精神分裂症患者中, 一些关键的神经递质, 如多巴胺、谷氨酸和 5-羟色胺, 其功能可能会出现异常。这些结果都表明了抑郁症患者脑结构上有缺陷, 并且这种差异会随着病程进展而逐渐加重。最终, 这种情况可能与神经网络连接的不正常有关。有研究指出, 精神分裂症患者的大脑神经网络, 特别是默认模式网络的连接方式, 可能会出现变化。

脑电图(EEG)技术以其卓越的精度, 能够捕捉到大脑电活动的波动, 从而实时反映精神分裂症患者的脑功能状态。通过 EEG 的精确测量, 我们能够准确定位异常神经元放电的模式和相关参数, 进一步揭示病灶部位的信息, 为深入研究精神疾病的发病机制提供了坚实的基石。然而, 尽管 EEG 技术在神经科学领域具有广泛的应用和独特的优势, 但在某些特定情境下, 例如当大脑活动在特定的频率和时间窗口内发生微妙变化时, EEG 可能无法单独提供足够的信息。在这种情况下, 我们需要结合其他高级分析技术, 如时频分析, 来更全面地解析大脑活动的复杂性(Roach & Mathalon, 2008)。通过时频分析, 我们可以同时捕捉 EEG 信号在不同时间和频率上的变化, 从而更精确地揭示与认知障碍相关的特定电生理模式, 特别是在精神分裂症的早期阶段。这种综合应用多种技术的策略, 有望为我们提供更深入、更全面的精神疾病理解, 进而推动精准诊断和治疗策略的发展。

3. 时频分析在精神分裂症中的应用

时频分析代表了一种尖端的信号处理方法, 它利用数学手段和计算方法来同时描绘信号在时间和频率两个方面的属性。随着现代通信系统对数据传输速度与质量要求不断提高, 时频分析方法得到越来越多的应用。这项技术是基于傅里叶变换的扩展, 它通过结合时间 - 频率域来表示来展示信号中各个频率

成分如何随时间发生变化。随着计算机技术和数字信号处理理论的发展,时频分析方法已经成为现代信息处理和分析中最重要的技术手段之一。时频分析的核心是建立时频分布或时频图,在这个图中,每一个点都代表信号在特定的时间和频率上的振幅或能量。由于时频分析方法具有良好的非平稳性,因此可以将其应用到许多学科(Khare et al., 2021)。在神经科学的研究中,时频分析技术在处理和分析脑电图(EEG)信号方面得到了广泛的应用。本文提出一种新方法以实现神经电信号的时频分析。这项技术有能力从 EEG 信号中分离出不同频率区域的活动,并能展示这些活动是如何随着时间的推移而发生变化的。目前,已有多种方法用于检测脑功能网络的局部特征,如平均电流波速度和波幅谱指数等。利用时频分析技术,科研人员能够观察到大脑在各种任务或状态下的电活动模式,以及这些模式是如何与认知、情感和行为等心理过程相互关联的(Ferrarelli et al., 2008)。

时频分析在精神分裂症中的应用涉及对大脑电活动的精细分析,利用先进的数学工具和算法,如短时傅里叶变换(STFT)、小波变换(Wavelet Transform)或希尔伯特-黄变换(HHT)等,来同时捕捉大脑信号在时间和频率维度上的动态变化。这些技术能够精准地揭示精神分裂症患者的异常电生理模式,特别是在疾病的早期阶段,这些模式可能非常微妙且难以通过传统方法识别。通过时频分析,研究人员可以观察到精神分裂症患者的脑电信号在特定频率带内的功率变化、频率漂移以及不同脑区之间的同步性或相位关系。具体地说,通过时频分析,我们能够观察到精神分裂症患者在脑电图上 α 波、 θ 波、 δ 波等多个频段的活动变化。此外,对正常人群的研究发现, β 波与其他几种常见的神经生物学指标也有较好相关性。例如,在精神分裂症患者处于安静闭目和清醒的状态时,他们的 α 波节律稳定性较差,可能会出现节律的失调、减弱或消失,同时也可能伴随着不规则的低波幅快波节律。另外, θ 波与其他高频成分也存在一定相关性,而 δ 波相关则不显著。通过时频分析,我们可以量化和视觉化这些异常的活动模式,这有助于更深入地了解患者大脑的功能状况(Uhlhaas, 2010)。另外,时频分析也有助于对精神病患者认知能力的评估以及疾病预后判断。

与传统的频谱分析相比,时频分析能够更好地为我们提供了更为全面和细致的数据,这对于揭示精神分裂症患者的神经生理问题和认知障碍非常有帮助。随着对脑区研究的不断深入,越来越多的证据表明精神分裂症是一种复杂的脑功能失调性疾病,而与大脑皮层有关的区域可能参与了这种疾病的发生发展过程。对于精神分裂症的确诊、医治以及预后的评价,这一点具有不可忽视的重要性。随着计算机技术及计算神经科学的发展,越来越多基于时域或频域数据进行的研究已经被应用于神经系统疾病的病理生理学研究,并取得了一定成效。这些深入的分析为我们带来了神经电生理的更深层次的理解,这有助于我们更精确地进行诊断、深入探讨疾病的成因,并寻找更为高效的治疗策略。在未来发展中,时频分析方法将会成为一个强有力的工具,推动疾病诊疗水平的提升。此外,通过整合机器学习等前沿技术,时频分析能够自动地对精神分裂症患者的脑电信号进行分类和预测,从而为医生的临床决策和个性化治疗方案提供强有力的依据。

4. 时频特征与认知功能障碍的关联性研究

精神分裂症是一种神经行为异常的复杂疾病,对其进行早期的识别对于采取有效的干预措施是非常重要的。近年来随着对精神病患者脑成像技术和神经功能学研究的不断深入,人们已经逐渐发现一些与精神分裂症发病密切相关的新证据。对于精神分裂症患者的大脑活动模式,先进的脑电图(EEG)技术为我们提供了一条深入研究的路径。通过研究精神分裂症不同类型疾病之间大脑皮质功能网络的改变情况可以发现其发病机制及潜在治疗靶点。事件相关电位(ERP)作为 EEG 分析的核心工具,可以准确地展现特定刺激对神经系统的作用,并进一步揭示的多方面异常现象。近年来,研究者在精神分裂症的脑功能研究中发现,某些脑部结构或生理信号也会发生改变。例如, α 波(8~12 Hz)、 β 波(13~30 Hz)、 θ 波(4~7 Hz)

和 δ 波(1~3 Hz)等脑电波的振幅和同步性变化,这些参数的异常与精神分裂症的认知功能障碍有着紧密的联系。同时,在研究过程中也发现一些其他重要的生理指标如波幅值或潜伏期随时间发生变化,而这种改变可以反映不同个体间的差异。通过对这些参数进行精细的分析,我们可以更全面地掌握精神分裂症的神经生理机制,从而为临床诊断和治疗提供更加精确的依据。

4.1. 精神分裂症早期认知障碍的相关 ERP

4.1.1. P100

P100 是一个早期的视觉诱发电位,通常在刺激呈现后约 100 毫秒内出现。与视觉信息的早期处理有关,反映了大脑对视觉刺激的初步识别。在精神分裂症患者中,P1 电位的振幅或潜伏期可能会出现异常变化,这些变化可能与患者在视觉信息处理方面的不足有所关联(Friedman et al., 2012)。具体来说,振幅的减小可能意味着大脑对视觉刺激的反应减弱,而潜伏期的延长则可能表示大脑在处理视觉信息时存在延迟。这些异常变化可能会导致患者在日常生活中出现视觉感知障碍,如视物模糊、视觉错觉或幻觉等。

4.1.2. N170

精神分裂症患者的双侧前梭状回和后梭状回灰质体积较小,与右后梭状回体积和右后颞叶电极测得的 N170 振幅显著相关(Lynn & Salisbury, 2008)。这种体内结构方面的神经基础缺陷可能是由于神经元树突的减少,因为树突是事件相关电位的主要来源。因此,梭状回的体积减少与精神分裂症的发生有关。

4.1.3. P300

P300 是一个正向电位,产生在受刺激后的约 300 毫秒,反映了认知处理的后期阶段,并且对大脑的多个区域都有影响。它不仅与注意力、记忆、决策和意识处理等功能紧密相关,还可以作为研究某些精神疾病的神经生物学指标。对于精神分裂症患者而言,P300 可能会出现振幅降低或潜伏期延长的异常情况,这些异常可能与注意力不集中、记忆障碍或决策困难等问题有关。

4.1.4. N400

N400 是在受到刺激后大约 400 毫秒内产生的一种负电位现象,通常与语义记忆和语言处理过程紧密相连。这种电位现象揭示了大脑如何理解和整合语言刺激的语义过程,可以被视为一种新发现的脑神经机制。在精神分裂症患者中,N400 可能会出现异常,这些异常可能与语言理解难度、语义记忆不足或概念融合障碍有关(Mathalon et al., 2002)。此外,N400 的异常还可能导致其他认知功能障碍,如空间定向能力下降等。

4.1.5. MMN

MMN 是一种反向电位,它在重复的刺激序列中对变动的刺激产生反应。它具有非对称性、高反应性和低选择性等特性,可以作为一个独立的指标来评估脑功能活动状态。MMN 反映了大脑在面对刺激变动时的自动识别和处理功能,主要涉及感知判断和加工记忆两个方面。在精神分裂症患者中,MMN 的减少或缺失可能与感知处理不足、自动处理能力下降或预测编码困难有关(Michie, 2001)。此外,MMN 还可能参与一些认知过程,如注意选择和记忆加工等。

4.1.6. CNV

CNV 描述的是在执行预定或即将进行的动作时,大脑产生的负向电位偏移现象。这一现象通常发生在大脑对任务的反应过程中,并伴随着相应的注意抑制。CNV 的功能涉及动机、预期、集中力以及运动前的准备,它可能引发消极心理反应,如紧张和恐惧,但通常不会导致精神病性症状。在精神分裂症患者中,CNV 的异常表现可能与运动前准备困难、注意力不集中或动机不足有关(Kirov et al., 2012)。

4.2. 脑波异常与精神分裂症认知障碍的关联

4.2.1. Delta 波(δ 波, 1~4 Hz)

Delta 波是一种与深度睡眠和无意识状态密切相关的脑电波,它在精神分裂症患者的电生理表现中起着至关重要的作用。它不仅能够影响个体对事件发生时间的估计以及情绪调节能力,还能通过改变大脑皮层区域之间的相互作用而影响行为模式和认知过程。在正常情况下,Delta 波主要在深度睡眠阶段显现,这对于大脑的恢复和休息是非常重要的。因此,研究者们一直试图解释这些现象产生的机制并寻找新的治疗手段来帮助改善患者的认知能力。但是,在精神分裂症患者的大脑活动中,这种波形的不正常变化可能意味着注意力分散和记忆能力的减弱。本文对精神分裂症患者是否存在过长时间的过度觉醒进行探讨,并分析了它的神经机制及其临床应用价值。研究表明,在精神分裂症患者清醒时,他们可能会经历过多的 Delta 波活动,这种异常可能与他们的认知障碍和阴性症状有很大的关联(Keshavan et al., 1998)。另外,还存在一些神经影像学证据表明精神分裂症患者有较高的脑区激活率,这提示这些脑区可能参与了认知过程的调节。例如,Delta 波活动的增加可能与社交退缩和情感淡漠等阴性症状有关,因为这些症状表明患者在社交和情感方面的活跃度和参与度不足。另外,还发现有一部分患者在认知能力上存在缺陷,比如空间学习困难或记忆力减退。Delta 波的异常现象为我们打开了一个新的视野,以更深入的理解和研究精神分裂症,这可能为我们提供了关于患者的新见解。

4.2.2. Theta 波(θ 波, 4~8 Hz)

Theta 波是一种在大脑中起到核心作用的脑电波,它与记忆、学习以及情感管理等高级认知功能有着密切的联系。它是一个复杂的动态过程,涉及多种神经机制的共同作用。在常态下,Theta 波的恰当活动能够帮助我们更高效地处理数据、集中精力,并帮助我们建立和加强记忆。此外,它还能帮助人们理解一些复杂问题,如“我是谁”之类的疑问。但是,在患有精神分裂症的人的大脑里,Theta 波的行为模式常常显示出不正常的特点。这不仅影响了精神分裂症的诊断及治疗效果,而且也对病人生活质量产生不利影响。研究表明,在进行认知任务的过程中,精神分裂症患者的 Theta 波活动通常会有所增加。这样的增长可能与患者的认知处理能力下降、难以集中注意力和记忆能力减弱有关联(Basar-Eroglu et al., 2008)。这表明,Theta 波的不正常表现可能是引发患者认知障碍的主要原因之一。

4.2.3. Alpha 波(α 波, 8~13 Hz)

在患有精神分裂症的人的大脑里,Alpha 波的行为模式常常显示出不正常的特点。研究者们认为这是由他们对外界刺激缺乏反应而产生的一种神经生物学现象。研究表明,这批患者的 Alpha 波的活跃度可能是过高或过低的,这种不正常现象可能与他们的信息处理能力减弱和认知敏捷性下降有关联。由于外界刺激的复杂性以及自身信息加工机制的限制,大多数患者并不能够准确识别出不同形式的刺激信号。患者在筛选和处理外界信息时可能会遇到困难,这可能会导致他们的思维变得迟钝和不灵活。因此,如何提高患者自身的信息加工能力是改善他们认知功能障碍的重要方面之一。

4.2.4. Beta 波(β 波, 13~30 Hz)

Beta 波是大脑活动中与认知、觉醒和注意力集中紧密相关的一种波形,它的正常运作对于保持个体的日常功能是非常重要的。由于脑内存在不同类型的神经组织结构及相应的神经递质系统,使得中枢神经系统疾病对神经系统产生了广泛影响,而这也为我们研究脑部病变提供了新方向。在患有精神分裂症的人的大脑里,Beta 波的行为模式经常显示出不正常的情况,这种不正常的表现可能与他们的认知问题、阳性的症状(例如幻觉和妄想)以及社交障碍有很大的关联。目前认为这类现象是由神经内分泌系统紊乱引起的。Beta 波与信息处理和注意力集中有着紧密的联系,其异常行为可能导致患者在处理外部信息时遇

到困难, 从而引发注意力的分散和记忆能力的减退(Liddle et al., 2016)。因此, 临床医生必须重视对患者进行全面系统的检查并及时给予适当治疗以纠正这一状态。这类认知障碍不只是对患者的日常生活产生负面影响, 还可能对他们的学业和职业能力带来重大打击。此外, 认知功能损害也是许多精神疾病发生发展中重要的病理生理基础之一。

4.2.5. Gamma 波(γ 波, >30 Hz)

Gamma 波, 作为大脑中的高频振荡, 与高级认知功能、信息整合及记忆编码等核心心理过程紧密相连。在健康的大脑中, Gamma 波的正常活动对于维持高效的信息处理能力和准确的认知功能至关重要。在精神分裂症患者的大脑中, Gamma 波的行为模式常出现异常, 表现为过度活跃、抑制或其他特殊现象。研究还发现, 精神分裂症患者存在特定的脑区结构或功能缺陷, 这些缺陷通常局限于大脑皮层的特定区域。例如, 患者可能在整合来自不同感官的信息时遇到障碍, 或在记忆的编码和提取过程中出现问题(Lee et al., 2003)。这些缺陷可能与 Gamma 波的异常活动模式有关, 进一步揭示了 Gamma 波在精神分裂症患者认知功能障碍中的重要作用。

4.3. 神经影像学与认知障碍的关联

4.3.1. 脑区与认知功能的相关性

脑区与认知功能之间的紧密关联为理解精神分裂症患者的认知障碍提供了重要线索。例如, 前额叶与注意力和执行功能紧密相连, 而颞叶则与记忆和语言功能密切相关。当这些关键脑区出现异常时, 患者的认知功能可能会受到严重影响。研究这些脑区的异常变化不仅有助于我们深入理解精神分裂症的发病机制, 还为制定有效的治疗策略提供了科学依据。通过针对这些异常脑区的干预和治疗, 我们可以期望改善患者的认知障碍, 提高他们的生活质量和社会功能。因此, 对特定脑区与认知功能之间关系的研究对于精神分裂症的治疗和康复具有重要意义。

4.3.2. 神经影像学指标的预测价值

某些神经影像学指标, 如灰质体积和白质完整性等, 被发现具有预测精神分裂症患者认知障碍的潜力。这些指标在医学影像技术如结构磁共振成像(sMRI)和弥散张量成像(DTI)中得以量化, 为我们提供了独特的视角来观察和评估大脑健康状况。灰质体积的变化能够反映大脑处理信息的能力, 而白质完整性的损害则可能影响信息在大脑不同区域之间的传递。当这些指标出现异常时, 可能预示着患者将面临认知障碍的风险。

5. 小结与展望

在精神分裂症早期认知障碍的研究和临床应用中, 时频分析技术的重要性将逐渐增加。由于不同疾病对脑部信号特征具有明显差异, 因此基于时间序列分析方法的时频域方法是目前最常用的认知评估手段之一。随着科技的持续进步和完善, 时频分析技术将有能力更为准确地捕获大脑活动中的微小变动, 从而为早期的筛查和诊断工作提供更为稳健和灵敏的参考指标。目前已有多种基于时频谱图的方法用于评估患者认知功能损害程度, 并取得了一些有价值的研究成果。结合其他尖端的神经科技手段, 例如神经影像和基因测序技术, 时频分析有潜力为我们提供对认知障碍机制的更为深入的解读, 进而为制定更为精确和个性化的治疗方案提供方向。

在精神分裂症的恢复和治疗过程中, 时频分析技术有潜力成为评估治疗效果的新工具。时频分析方法不仅可用于检测疾病早期阶段脑功能异常状态, 也能反映病情进展过程中不同时间节点上大脑皮层结构改变情况。通过对患者大脑活动的实时监控, 医生能够更为精确地评估治疗的成效, 并适时地调整治疗计划, 从而加速患者的康复进程并提升其生活品质。时频分析可用于研究精神分裂症不同阶段的脑功

能改变情况, 对早期发现疾病有很好的诊断价值, 也能预测疾病未来的发展趋势, 有助于指导临床医师制定合理有效的个体化治疗方案。另外, 时频分析也有可能成为开发新型药物和治疗方法的关键线索, 从而推动精神分裂症治疗方法的持续创新和进步。本文介绍了目前常用于脑功能检测的方法及应用于临床的研究现状。综合考虑, 时频分析在精神分裂症早期的认知障碍研究和实际临床应用中展现出了巨大的潜力。本文从多个角度介绍了基于时频谱图检测和特征提取等方法对精神分裂症早期认知功能损害进行评估及临床疗效评价的最新进展, 并展望了其发展趋势。随着科技的持续发展和应用范围的扩大, 我们期待在将来能看到更多关于时频分析在精神分裂症的诊断和治疗方面的突破性进展, 这将为患者的康复和治疗效果的提高带来新的希望。

参考文献

- Antonova, E. (2004). The Relationship between Brain Structure and Neurocognition in Schizophrenia: A Selective Review. *Schizophrenia Research*, 70, 117-145. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2003.12.002>
- Basar-Eroglu, C., Schmiedt-Fehr, C., Marbach, S. et al. (2008). Altered Oscillatory Alpha and Theta Networks in Schizophrenia. *Brain Research*, 1235, 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.06.114>
- Ferrarelli, F., Massimini, M., Peterson, M. J. et al. (2008). Reduced Evoked Gamma Oscillations in the Frontal Cortex in Schizophrenia Patients: A TMS/EEG Study. *American Journal of Psychiatry*, 165, 996-1005. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2008.07111733>
- Friedman, T., Sehatpour, P., Dias, E. et al. (2012). Differential Relationships of Mismatch Negativity and Visual P1 Deficits to Premorbid Characteristics and Functional Outcome in Schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 71, 521-529. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2011.10.037>
- Itil, T. M. (1977). Qualitative and Quantitative EEG Findings in Schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 3, 61-79. <https://doi.org/10.1093/schbul/3.1.61>
- Keefe, R. S. E., & Harvey, P. D. (2012). Cognitive Impairment in Schizophrenia. In M. A. Geyer, & G. Gross (Eds.), *Novel Antischizophrenia Treatments, Vol. 213* (pp. 11-37). Springer Berlin Heidelberg. http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-25758-2_2 https://doi.org/10.1007/978-3-642-25758-2_2
- Keshavan, M. S., Reynolds, C. F., Miewald, J. M. et al. (1998). Delta Sleep Deficits in Schizophrenia: Evidence from Automated Analyses of Sleep Data. *Archives of General Psychiatry*, 55, 443-448. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.55.5.443>
- Khare, S. K., Bajaj, V., & Acharya, U. R. (2021). SPWVD-CNN for Automated Detection of Schizophrenia Patients Using EEG Signals. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70, 1-9. <https://doi.org/10.1109/TIM.2021.3070608>
- Kirov, G., Pocklington, A. J., Holmans, P. et al. (2012). De Novo CNV Analysis Implicates Specific Abnormalities of Post-synaptic Signalling Complexes in the Pathogenesis of Schizophrenia. *Molecular Psychiatry*, 17, 142-153. <https://doi.org/10.1038/mp.2011.154>
- Lee, K. H., Williams, L. M., Breakspear, M. et al. (2003). Synchronous Gamma Activity: A Review and Contribution to an Integrative Neuroscience Model of Schizophrenia. *Brain Research Reviews*, 41, 57-78. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(02)00220-5)
- Liddle, E. B., Price, D., Palaniyappan, L. et al. (2016). Abnormal Salience Signaling in Schizophrenia: The Role of Integrative Beta Oscillations. *Human Brain Mapping*, 37, 1361-1374. <https://doi.org/10.1002/hbm.23107>
- Lynn, S. K., & Salisbury, D. F. (2008). Attenuated Modulation of the N170 ERP by Facial Expressions in Schizophrenia. *Clinical EEG and Neuroscience*, 39, 108-111. <https://doi.org/10.1177/155005940803900218>
- Mathalon, D. H., Faustman, W. O., & Ford, J. M. (2002). N400 and Automatic Semantic Processing Abnormalities in Patients with Schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 59, 641-648. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.59.7.641>
- Michie, P. T. (2001). What Has MMN Revealed about the Auditory System in Schizophrenia? *International Journal of Psychophysiology*, 42, 177-194. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(01\)00166-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(01)00166-0)
- Roach, B. J., & Mathalon, D. H. (2008). Event-Related EEG Time-Frequency Analysis: An Overview of Measures and an Analysis of Early Gamma Band Phase Locking in Schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 34, 907-926. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbn093>
- Uhlhaas, P. J. (2010). Abnormal Neural Oscillations and Synchrony in Schizophrenia. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 100-113. <https://doi.org/10.1038/nrn2774>