

# 東邦大学学術リポジトリ

Toho University Academic Repository

タイトル	ゲーム障害におけるバイオマーカーとしての脳波の有用性
別タイトル	Usefulness of EEG as a Biomarker in Gaming Disorder
作成者（著者）	山口, 哲生
公開者	東邦大学
発行日	2022.02.22
ISSN	03877566
掲載情報	東邦大学教養紀要. 53. p.69 76.
資料種別	紀要論文
内容記述	論文
著者版フラグ	publisher
JaLCOI	info:doi/10.14994/toho.liberal.arts.rev.53.69
メタデータのURL	<a href="https://mylibrary.toho-u.ac.jp/webopac/TD99080961">https://mylibrary.toho-u.ac.jp/webopac/TD99080961</a>

## ゲーム障害におけるバイオマーカーとしての脳波の有用性

山口 哲生<sup>1</sup>

### Usefulness of EEG as a Biomarker in Gaming Disorder

Tetsuo YAMAGUCHI<sup>1</sup>

令和2年度版総務省情報通信白書<sup>1)</sup>によると我が国における世帯あたりのスマートフォン保有率は83.4%、パソコンの保有率は69.1%であり、インターネットに接続可能な機器は多くの人々に広く普及している。インターネットやスマートフォンが普及する以前は、ファミリーコンピュータ（ファミコン）とその後継機に代表される家庭用ゲーム機がテレビゲームの主流であったが、近年では、インターネットを介したゲーム（オンラインゲーム）が身近な存在となっている。オンラインゲームの特徴は、インターネットを経由してつながった他者と文字や音声でコミュニケーションを取りながら協力して目的を達成したり（例えば、グループでゲーム内の敵を倒す等）、他者と競いあつたりすることでゲームの世界に社会的相互作用が働く点である。また、ゲームを有利に進めるために多くの時間やお金を費やすことで、途中でゲームをやめることができなくなるサンク・コスト・バイアスが生じることもその特徴である<sup>2)</sup>。オンラインゲームにおけるこうした随伴性はゲーム依存を助長させる要因となっており、今日では、ゲームをする時間がコントロールできず、それが日常生活にも支障をきたすゲーム障害（gaming disorder）が社会問題となっている。

ゲームの依存的な使用が世界的に問題となる中、2019年に改訂されたICD-11（国際疾病分類第11版）では、ゲーム障害が新たな疾病として加えられた。これを受けて厚生労働省は、2020年よりゲーム依存症対策を協議する「ゲーム依存症対策関係者連絡会議」を開催し、中央省庁や医療およびゲーム関係団体とゲーム依存症の現状や課題について議論を開始している。現在、日本国内におけるゲーム障害の患者数ははっきりとは把握できていないが、2017年に厚生労働省がおこなった調査では、ネット依存が疑われる成人は約421万人、中高生は約93万人と推定されている。また、ネット依存者のうち約90%がゲーム障害患者であったという報告もある<sup>3)</sup>。児童期におけるゲーム障害は、睡眠困難、学業不振、反発行動、ADHD等の心理社会的問題と関連することが示されている<sup>4)</sup>。さらに、青年期・成人期では、抑うつ、薬物依存、自殺行動などより深刻な問題と関係している<sup>5),6)</sup>。

本稿では、ゲーム障害の診断基準および、ゲーム障害における脳波（EEG：electroencephalogram）の特徴を概観し、脳波のバイオマーカーとしての利用可能性やゲーム障害に対するニューロフィードバックの適用可能性を考察する。バイオマーカーとは、客観的に測定可能な生理学的指標（例：血圧、心拍、心電図、血液検査、CT、MRI）を指し、主観的な病気の症状と比較すると再現性のあるパラメーターである。ゲーム障害において信頼性、妥当性

<sup>1</sup> 東邦大学医学部心理学研究室

の高いバイオマーカーを見つけることは、障害がより深刻なものとなる前に早期の診断や適切な治療へつなげることが期待できる。

### ICD-11 によるゲーム障害の診断基準

2019年に約30年ぶりに改訂されたICD-11<sup>7)</sup>には、新たにゲーム障害が加えられた。ゲーム障害は、持続的または反復的なゲーム行動（「デジタルゲーム」または「ビデオゲーム」）の様式によって特徴づけられ、オンライン（インターネット経由）またはオフラインで次のように発現する。

- (1) ゲームの時間や頻度、開始や終了を自らコントロールできない。
- (2) ゲームを日常における他の活動よりも優先する。
- (3) 問題が起きたにもかかわらず、ゲームを継続したり、またはエスカレートしたりする。

ゲーム障害と診断されるためにはこれらの問題が最低でも12か月以上継続している必要があるが、すべての診断要件が満たされ、症状が深刻な場合は、必要な期間が短縮される場合がある。

鑑別診断：

危険なゲーム（hazardous gaming）：上記の基準を満たさないが健康・社会問題が生じる場合  
双極性Ⅰ型障害  
双極性Ⅱ型障害

### DSM-5 によるインターネットゲーム障害の診断基準

2013年に改訂されたDSM-5（Diagnostic and statistical manual of mental disorders）精神疾患の診断・統計マニュアル<sup>8)</sup>においても、「今後の研究のための病態」としてインターネットゲーム障害（Internet gaming disorder）が取り上げられている。DSM-5は、インターネットゲーム障害の診断基準案として以下を示している。

#### 基準案

臨床的に意味のある機能障害や苦痛を引き起こす持続的かつ反復的な、しばしば他のプレイヤーとともにゲームをするためのインターネットの使用で、以下の5つ（またはそれ以上）が、12か月の期間内のどこかで起こることによって示される。

- (1) インターネットゲームへのとらわれ（過去のゲームに関する活動のことを考えるか、次のゲームを楽しみに待つ：インターネットゲームが日々の生活の中で主要な活動になる）注：この障害は、ギャンブル障害に含まれるインターネットギャンブルとは異なる。
- (2) インターネットゲームが取り去られた際の離脱症状（これらの症状は、典型的には、いらいら、不安、または悲しさによって特徴づけられるが、薬理的な離脱の生理学的徴候はない）
- (3) 耐性、すなわちインターネットゲームに費やす時間が増大していくことの必要性

- (4) インターネットゲームにかかわることを制御する試みの不成功があること
- (5) インターネットゲームの結果として生じる、インターネット以外の過去の趣味や娯楽への興味の喪失
- (6) 心理社会的な問題を知っているにもかかわらず、過度にインターネットゲームの使用を続ける
- (7) 家族、治療者、または他者に対して、インターネットゲームの使用の頻度について嘘をついたことがある
- (8) 否定的な気分（例：無力感、罪悪感、不安）を避けるため、あるいはやわらげるためにインターネットゲームを使用する
- (9) インターネットゲームへの参加のために、大事な交友関係、仕事、教育や雇用の機会を危うくした、または失ったことがある

注：この障害には、ギャンブルではないインターネットゲームのみが含まれる。ビジネスあるいは専門領域に関する必要性のある活動のためのインターネット使用は含まれないし、他の娯楽的あるいは社会的なインターネット使用を含めることを意図したものではない。同様に、性的なインターネットサイトは除外される。

インターネットゲーム障害の特徴は、①持続的かつ反復的なゲームへの参加、②長時間にわたり集団でゲームをおこなう、③プレイヤーは集団で争うようになっており、社会的相互作用が生起し、これにより動機づけられる。また、DSM-5では、具体的な診断的特徴として以下を挙げている。①1日8時間から10時間以上、週あたり最低30時間ゲームをおこなう。②ゲームを禁じられるといらいらし、怒り出す。③しばしば食事や睡眠をとらずにゲームをおこなう。④学業や仕事あるいは家庭において果たすべき義務を怠る。

ICD-11とDSM-5の違いは、DSM-5では診断基準が9項目なのに対して、ICD-11ではそれが3項目となり、より簡略化されている点である。また、ICD-11では、オンライン、オフラインに関わらず、ゲーム依存の程度により障害を定義しているが、DSM-5では、インターネットを介したゲーム（オンラインゲーム）に焦点が当てられている点で両者は異なる。しかし、いずれの診断基準においても、自らがゲームの使用時間をコントロールできないことと、ゲームの使用により通常の世界生活に困難をきたしていることが重要となる。インターネット依存とゲーム障害は同列に論じられることもあるが、ゲーム障害患者の多くは男性である点やゲーム依存者は他のインターネット利用（例えば、SNSの利用）をせず、ゲーム行動に限定されるところにその特徴がある<sup>9)</sup>。本稿では、オンライン、オフラインに関わらず、ゲーム行動に対する依存症をまとめてゲーム障害とする。

KingとDelfabbro<sup>2)</sup>は、ゲーム障害の認知的側面を扱った29の量的研究とゲーム障害の治療に認知療法を用いた7つの治療研究を対象にレビューをおこない、ゲーム障害の基礎となる4つの認知的要因を特定した。その要因とは、(a) ゲーム報酬の価値に関する信念（例えば、ゲーム内のアイテムや報酬などを過大評価する）、(b) ゲーム行動に関する不適応で柔軟性に欠けるルール（例えば、クリアするまでゲームをやめない）、(c) 自尊心を満たすために過度にゲームへ依存する（例えば、ゲームをすることでしか自尊感情を高めることができない）、(d) 社会的承認を得る手段としてゲームをおこなう（例えば、ゲームの世界のみでしか他者

からの賞賛を得ることが出来ない)であった。この結果は、ゲーム障害に関連する認知は単純な“没入性 (preoccupation)”よりも複雑であることを示している。ゲーム障害の認知は、ゲームの報酬、活動、アイデンティティに対する過大評価とゲームの使用に関する不適切なルールへの執着が含まれる可能性がある。

### ゲーム障害による脳波への影響

脳波とは、主に大脳皮質における錐体細胞のシナプス後電位の集合電位を頭皮上の電極から導出し、記録したものである。脳波は、振幅、周波数、波形、位相などの要素をもつ。主な解析方法には、パワースペクトル解析とコヒーレンス解析がある。パワーとは、波の高さ/強さを表す振幅の2乗 ( $\mu V^2$ ) を周波数で割った値である。パワースペクトル解析では、単一部分の各周波数帯域 (デルタ波 (1~4 Hz), シータ波 (5~7 Hz), アルファ波 (8~13 Hz), ベータ波 (14~30 Hz), およびガンマ波 (> 31 Hz)) 内の振幅 (またはパワー) を定量化する<sup>10)</sup>。コヒーレンスとは、頭皮上の2つの部位間の相関関係を表す値であり、同じ周波数帯域と時間領域内の波形を比較する。コヒーレンスは、2つの異なる脳領域間で共有される情報の測定値であり、ニューラルネットワークの接続性とニューラルネットワークのダイナミクスを直接反映している<sup>11)</sup>。通常、コヒーレンスは、測定部位や測定帯域により異なる値が示され、また、測定部位間の距離が離れるにつれて減少する。

以下では、他のニューロイメージング技術と比較して多くの利点 (例えば、高い時間分解能、非侵襲性、低コストなど) を有する脳波に及ぼすゲーム障害の影響を調べた研究を紹介する。安静時の脳波は、記憶、思考、注意などの認知過程と関連しており、安定した脳機能の指標となる。定量的に測定された脳波 (QEEG; Quantitative Electroencephalography) は、近年、様々な障害や疾患の鑑別に利用されている<sup>12), 13)</sup>。ゲーム障害に関わる神経生理学的メカニズムを明らかにすることは、ゲーム障害の概念的発展や病因の理解、診断基準の確立へ寄与することが期待される。

### ゲーム障害における脳波の特徴：パワースペクトル解析

以下では、ゲーム障害患者を対象に複数の周波数帯域においてパワースペクトル解析をおこなった研究を紹介する<sup>14)-16)</sup>。

Sonら<sup>14)</sup>は、ゲーム障害患者34名、アルコール依存患者17名と健常者25名を対象に安静閉眼時のQEEGを比較した。その結果、まず、ゲーム障害患者群はアルコール依存患者群や健常者群よりベータ波の絶対パワー値が有意に低かった。一方、アルコール依存患者群は、デルタ波の絶対パワー値がゲーム障害患者群や健常者群よりも有意に高かった。しかし、ゲーム障害の程度とEEG活動の間に有意な相関関係は見られなかった。この結果からSonらは、ベータ波の絶対パワー値の低下がゲーム障害の神経生理学的バイオマーカーとして利用できるか可能性を示した。

Kimら<sup>15)</sup>は、健常者29名とゲーム障害患者20名を対象に安静時のデルタ波とシータ波を6ヶ月間にわたって比較した。ゲーム障害患者群は、SSRI (選択的セロトニン再取り込み阻害薬) による薬物療法の前後で脳波の測定をおこなった。64チャンネルの脳波計を用いて、閉眼4分、開眼2分、閉眼4分の計10分間の測定を実施した。ベースライン条件では、ゲーム障害患者群は、頭皮全体でデルタ波のパワー値、中心部ではシータ波のパワー値が高かった。一方、薬

物治療後では、前頭部のデルタ波活動が減少し、IAT（インターネット依存度テスト）得点も低下した。また、ベースライン条件においてシータ波の振幅が高い患者ほど、治療後に依存症状が改善する可能性が示された。これらの結果は、デルタ波やシータ波の徐波活動の上昇がゲーム障害患者において有用な神経生理学的バイオマーカーになることを示唆している。

一般的にゲーム障害では、ADHDを併存することが多い。ADHDは、持続的かつ反復的なゲーム行動を伴う（関連する）コントロールの喪失に対する脆弱性を高める可能性がある<sup>17)</sup>。Parkら<sup>16)</sup>では、ADHDとゲーム障害が併存している患者群は、ADHDのみの患者群と比べて、ベータ波の相対パワー値は低いが、側頭領域に限ってはベータ波の相対パワー値が高いことが示された。Parkらは、患者グループ間で異なるQEEGプロファイルがゲーム障害の神経生理学的メカニズムと併存疾患であるADHDを理解するための手がかりを提供すると結論づけている。

### ゲーム障害における脳波の特徴：コヒーレンス解析

以下にゲーム障害患者を対象にコヒーレンス解析をおこなった研究を紹介する<sup>18)-21)</sup>。

上述のParkら<sup>16)</sup>は、パワースペクトル解析と合わせてコヒーレンス解析をおこない、ゲーム障害に特徴的な脳波を検討している。ADHDのみ、もしくはADHDとゲーム障害が併存している患者を対象に半球間と半球内の脳波コヒーレンスを調べた結果、デルタ波帯域の半球内コヒーレンス値は、ADHD群と比較してADHD/ゲーム障害群の方が有意に高かった。さらに、ADHD群および健常者群と比較してADHD/ゲーム障害群は、シータ、アルファ、ベータ波帯域において半球内コヒーレンス値の増加が示された。シータ波帯域の半球間コヒーレンス値は、健常者群と比較してADHD/ゲーム障害群の方が有意に高かった。また、ADHD/ゲーム障害群のIAS（インターネット依存症尺度）得点は、頭頂と後頭（例えば、P4-O2）電極間のデルタ波、シータ波、アルファ波、ベータ波帯域の半球内コヒーレンス値と正の相関が示された。

Parkら<sup>19)</sup>は、ゲーム障害患者30名、アルコール依存患者30名、健常者30名を対象に安静時のQEEGを測定し、脳波コヒーレンス解析をおこなった。その結果、半球間コヒーレンス値に有意差は見られなかったが、ゲーム障害患者群のガンマ波帯域（アルコール依存患者群、健常者群との比較）とベータ波帯域（アルコール依存患者群との比較）における半球内コヒーレンス値が有意に高いことが示された。また、すべての群においてF4-C4ガンマ波帯域のコヒーレンス値とIAT得点の間に正の相関関係が示された。しかしその一方で、EEGの各変数とゲーム障害の重症度の間には有意な相関関係は見られなかった。ベータ波帯域の半球内コヒーレンス値とIAT得点の間にも有意な相関関係は見られなかった。これらの結果は、ゲーム障害患者とアルコール依存患者が異なる神経生理学的特性を有し、ガンマ波帯域のコヒーレンス値の増加がゲーム障害患者のバイオマーカーとなり得る可能性を示すものである。

Parkら<sup>20)</sup>は、SSRIによる薬物療法を6ヶ月間おこなった18名を含む30名のゲーム障害患者と32名の健常者を対象に安静時の脳波を用いてコヒーレンス解析をおこない神経結合に及ぼす薬物治療の効果を検討した。その結果、健常者群と比較してゲーム障害患者群では、ベースライン条件におけるベータ波帯域およびガンマ波帯域の半球内コヒーレンス値の増加が示された。さらに、健常者群と比較してゲーム障害患者群では、右半球デルタ波帯域の半球内コヒーレンス値の増加が示された。6ヶ月のSSRI治療はゲーム障害の症状を改善したが、健常者群に比べてゲーム障害患者群では、ベータ波帯域およびガンマ波帯域の半球内コヒーレンス

値の増加が引き続き示された。また、ゲーム障害患者群では、すべての周波数帯域において治療前後の脳波コヒーレンス値に有意な変化は見られなかった。ベータおよびガンマ波帯域における半球内コヒーレンス値の増加は、ゲーム障害の神経生理学的バイオマーカーである可能性が示された。

Youhら<sup>21)</sup>は、MDD（大うつ病性障害）患者15名と大うつ病性障害とゲーム障害を併発している患者14名を対象にQEEGを用いて神経生理学的差異を調べた。その結果、左右の前頭極（Fp1, Fp2）におけるアルファ波帯域の半球間コヒーレンス値は、MDD群よりもMDD/ゲーム障害群のほうが低かった。ただし、MDD/ゲーム障害群は、左頭頂後頭（P3-O1）におけるアルファ波帯域と右前頭側頭（F8-T4）、側頭後頭（T6-O2）および頭頂後頭（P4-O2）におけるベータ波帯域の半球内コヒーレンス値は高かった。これらの結果は、MDD/ゲーム障害群において前頭葉領域における半球間コヒーレンス接続性の減少と注意の問題に対する脆弱性に関連があることを示唆している。

これらの研究結果をまとめると、ゲーム障害患者は健常者と比べて、速波の減少と徐波の増加がその特徴として確認された。また、徐波の減少とインターネット依存度の低下の間に有意な相関関係が示された。ベータ活動の低下は、ADHD患者の間でも頻繁に見られ、これは認知機能の低下、注意の問題、衝動性と関連していることが報告されている<sup>22)</sup>。同様に、ゲーム障害患者におけるベータ活動の低下は、衝動性の増加を示唆するものかもしれない<sup>23), 24)</sup>。Parkら<sup>20)</sup>は、速波のコヒーレンス活動がSSRI治療の前後にも存在することを明らかにし、ガンマ波およびベータ波コヒーレンスの増加がゲーム障害の神経生理学的バイオマーカーとして機能する可能性が示された。ゲーム障害患者は、健常者や他の依存症患者・発達障害患者と比較した場合、特定の神経生理学的状態を有している可能性が示された。

ゲーム障害が安静時の脳波に及ぼす影響を調べたこれらの研究<sup>14)-16), 18)-21)</sup>は、すべて韓国国内でおこなわれており、また、その多くは特定の医療機関で実施されたため、結果の一般性および信頼性を高めるためにはさらなるデータの蓄積が必要である。また、ゲーム障害と神経生理学的特性の因果関係を明確にするためには、ランダム化比較試験（RCT）による研究計画を立案する必要がある。こうした限界はあるものの、本稿では脳波がゲーム障害における神経生理学的バイオマーカーとしての役割を果たす可能性が示されたと言えるだろう。

### ゲーム障害へのニューロフィードバックの適用可能性

日本国内においてゲーム障害の治療をおこなっている施設は少なくとも89施設あり、そのうちの約30%の施設では入院治療をおこなっている<sup>3)</sup>。ゲーム障害の治療は多く場合、精神科で行われており、治療方法には個人カウンセリング、集団療法、認知行動療法、疾患教育、入院治療、家族向けプログラムなど様々な方法がある<sup>25)</sup>。しかし現在、ゲーム障害に対しては薬物治療を含む効果的な治療方法は確立されていない。

ニューロフィードバックとは、脳波の変化を視覚刺激や聴覚刺激としてフィードバックすることで知覚可能にし、自身で脳波を制御する手続きである<sup>10)</sup>。一般的なニューロフィードバックの手続きでは、リアルタイムに測定される脳波周波数帯の振幅がプログラムされた閾値を超える（または下回る）と音や画像等の強化刺激がフィードバックされ、その結果として特定の脳波周波数帯の振幅が増加（または減少）する。これまで特定の脳波周波数帯の振幅を増加（減少）させることで、臨床効果が得られることが多くの研究から示されている<sup>26)</sup>。ニューロ

フィードバックによる臨床効果の背景には、シナプスの伝達効率の変化があることが示されている<sup>27)</sup>。

これまでの研究からゲーム障害は、ADHD<sup>17)</sup>、不安障害<sup>28)</sup>、抑うつ性障害<sup>29)</sup>、アルコール使用障害<sup>30)</sup>などと併存することが明らかになっている。注意欠陥/多動性障害（ADHD）は、小児期および青年期に頻繁に見られる神経発達障害の1つであり、ゲーム障害に併存することが多い。ADHDに対してニューロフィードバックを適用した研究では、ニューロフィードバックがADHDの治療に大きな効果を示すことが認められている。Baenaら<sup>31)</sup>は、ADHD児にニューロフィードバックを適用した研究を組織的にレビューした結果、ニューロフィードバックは、問題行動の改善、衝動性のコントロール、持続的注意の向上に効果があることを示した。また、ニューロフィードバックは、同じくゲーム障害と併存する抑うつ障害に対しても一定の治療効果があることが示されている<sup>32)</sup>。現在、ニューロフィードバックをゲーム障害へ適用した例はないが、ゲーム障害と併存することが多いADHDへの効果と同様に、ゲーム障害においても主要な症状である“コントロールの喪失”に効果を示すことが期待できるだろう。

#### 引用文献

- 1) 総務省情報通信白書令和2年版 <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/pdf/index.html>
- 2) King DL, Delfabbro PH. The cognitive psychology of Internet gaming disorder. *Clin Psychol Rev*. 2014 Jun;34(4):298-308. doi: 10.1016/j.cpr.2014.03.006.
- 3) 厚生労働省第2回ゲーム依存症対策関係者会議 [https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000202961\\_00004.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000202961_00004.html)
- 4) Kuss DJ, Griffiths MD. Internet Gaming Addiction: A Systematic Review of Empirical Research. *Int J Ment Health Addiction*. 2012 10;278-296. <https://doi.org/10.1007/s11469-011-9318-5>
- 5) Desai RA, Krishnan-Sarin S, Cavallo D, Potenza MN. Video-gaming among high school students: health correlates, gender differences, and problematic gaming. *Pediatrics*. 2010 Dec;126(6):e1414-24. doi: 10.1542/peds.2009-2706.
- 6) van Rooij AJ, Schoenmakers TM, van den Eijnden RJ, Vermulst AA, van de Mheen D. Video game addiction test: validity and psychometric characteristics. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2012 Sep;15(9):507-11. doi: 10.1089/cyber.2012.0007.
- 7) ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics (Version : 05/2021) <https://icd.who.int/browse11/l-m/en#/http://id.who.int/icd/entity/1448597234>
- 8) American Psychiatric Association (2013). Diagnostic and statistical manual of mental disorders, the 5th edition: DSM-5. Washington, DC: American Psychiatric Publishing. 『DSM-5：精神疾患の診断・統計マニュアル』, 日本精神神経学会監修, 高橋三郎・大野裕・染矢俊幸・神庭重信・尾崎紀夫・三村将・村井俊哉訳, 医学書院, 2014年.
- 9) Király O, Griffiths MD, Urbán R, Farkas J, Kökönyei G, Elekes Z, Tamás D, Demetrovics Z. Problematic internet use and problematic online gaming are not the same: findings from a large nationally representative adolescent sample. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2014 Dec;17(12):749-54. doi: 10.1089/cyber.2014.0475.
- 10) Demos JN. Getting started with EEG neurofeedback 2<sup>nd</sup> edition. Norton. 2019.
- 11) Thatcher RW. EEG database-guided neurotherapy. In J. R. Evans & R. Arbarbanel (Eds.) Introduction to quantitative EEG and neurofeedback. San Diego, CA: Academic Press. 1999.
- 12) Houston RJ, Ceballos NA. Human neurophysiology: EEG and quantitative EEG in addiction research. In Miller, P. M. (Ed.), Biological research on addiction (pp. 379-390). San Diego: Elsevier. 2013. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398335-0.00038-8>.
- 13) Jelic V, Shigeta M, Julin P, Almkvist O, Winblad B, Wahlund LO. Quantitative electroencephalography power and coherence in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Dementia*. 1996 Nov-Dec;7(6):314-23. doi: 10.1159/000106897.
- 14) Son KL, Choi JS, Lee J, Park SM, Lim JA, Lee JY, Kim SN, Oh S, Kim DJ, Kwon JS. Neurophysiological features of Internet gaming disorder and alcohol use disorder: a resting-state EEG study. *Transl Psychiatry*. 2015 Sep 1;5(9):e628. doi: 10.1038/tp.2015.124.



- 15) Kim YJ, Lee JY, Oh S, Park M, Jung HY, Sohn BK, Choi SW, Kim DJ, Choi JS. Associations between prospective symptom changes and slow-wave activity in patients with Internet gaming disorder: A resting-state EEG study. *Medicine (Baltimore)*. 2017 Feb;96(8):e6178. doi: 10.1097/MD.00000000000006178.
- 16) Park JH, Hong JS, Han DH, Min KJ, Lee YS, Kee BS, Kim SM. Comparison of QEEG Findings between Adolescents with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) without Comorbidity and ADHD Comorbid with Internet Gaming Disorder. *J Korean Med Sci*. 2017 Mar;32(3):514-521. doi: 10.3346/jkms.2017.32.3.514.
- 17) Bioulac S, Arfi L, Bouvard MP. Attention deficit/hyperactivity disorder and video games: a comparative study of hyperactive and control children. *Eur Psychiatry*. 2008 Mar;23(2):134-41. doi: 10.1016/j.eurpsy.2007.11.002.
- 18) Lee JY, Choi JS, Kwon JS. Neurophysiological Mechanisms of Resilience as a Protective Factor in Patients with Internet Gaming Disorder: A Resting-State EEG Coherence Study. *J Clin Med*. 2019 Jan 6;8(1):49. doi: 10.3390/jcm8010049.
- 19) Park SM, Lee JY, Kim YJ, Lee JY, Jung HY, Sohn BK, Kim DJ, Choi JS. Neural connectivity in Internet gaming disorder and alcohol use disorder: A resting-state EEG coherence study. *Sci Rep*. 2017 May 2;7(1):1333. doi: 10.1038/s41598-017-01419-7.
- 20) Park S, Ryu H, Lee JY, Choi A, Kim DJ, Kim SN, Choi JS. Longitudinal Changes in Neural Connectivity in Patients With Internet Gaming Disorder: A Resting-State EEG Coherence Study. *Front Psychiatry*. 2018 Jun 7;9:252. doi: 10.3389/fpsy.2018.00252.
- 21) Youh J, Hong JS, Han DH, Chung US, Min KJ, Lee YS, Kim SM. Comparison of Electroencephalography (EEG) Coherence between Major Depressive Disorder (MDD) without Comorbidity and MDD Comorbid with Internet Gaming Disorder. *J Korean Med Sci*. 2017 Jul;32(7):1160-1165. doi: 10.3346/jkms.2017.32.7.1160.
- 22) Snyder SM, Hall JR. A meta-analysis of quantitative EEG power associated with attention-deficit hyperactivity disorder. *J Clin Neurophysiol*. 2006 Oct;23(5):440-55. doi: 10.1097/01.wnp.0000221363.12503.78.
- 23) Şalvarlı Şİ, Griffiths MD. The association between internet gaming disorder and impulsivity: A systematic review of literature. *International Journal of Mental Health and Addiction*. 2019 <https://doi.org/10.1007/s11469-019-00126-w>.
- 24) Zhang Y, Mei S, Li L, Chai J, Li J, Du H. The Relationship between Impulsivity and Internet Addiction in Chinese College Students: A Moderated Mediation Analysis of Meaning in Life and Self-Esteem. *PLoS One*. 2015 Jul 14;10(7):e0131597. doi: 10.1371/journal.pone.0131597.
- 25) Zajac K, Ginley MK, Chang R, Petry NM. Treatments for Internet gaming disorder and Internet addiction: A systematic review. *Psychol Addict Behav*. 2017 Dec;31(8):979-994. doi: 10.1037/adb0000315.
- 26) Tan G, Shaffer F, Lyle R, Teo I. Evidence-based practice in biofeedback and neurofeedback (3rd ed.). Wheat Ridge, CO: Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback. 2016.
- 27) Sitaram R, Ros T, Stoeckel L, Haller S, Scharnowski F, Lewis-Peacock J, Weiskopf N, Blefari ML, Rana M, Oblak E, Birbaumer N, Sulzer J. Closed-loop brain training: the science of neurofeedback. *Nat Rev Neurosci*. 2017 Feb;18(2):86-100. doi: 10.1038/nrn.2016.164.
- 28) Adams BLM, Stavropoulos V, Burleigh TL, Liew LWL, Beard CL, Griffiths MD. Internet Gaming Disorder Behaviors in Emergent Adulthood: a Pilot Study Examining the Interplay Between Anxiety and Family Cohesion. *Int J Ment Health Addiction*. 2019 17, 828-844. <https://doi.org/10.1007/s11469-018-9873-0>
- 29) Burleigh TL, Stavropoulos V, Liew LWL, Adams BLM, Griffiths MD. Depression, Internet Gaming Disorder, and the Moderating Effect of the Gamer-Avatar Relationship: an Exploratory Longitudinal Study. *Int J Ment Health Addiction*. 2018 16, 102-124. <https://doi.org/10.1007/s11469-017-9806-3>
- 30) Na E, Lee H, Choi I, Kim DJ. Comorbidity of Internet gaming disorder and alcohol use disorder: A focus on clinical characteristics and gaming patterns. *Am J Addict*. 2017 Jun;26(4):326-334. doi: 10.1111/ajad.12528.
- 31) Sampedro Baena L, Fuente GAC, Martos-Cabrera MB, Gómez-Urquiza JL, Albendín-García L, Romero-Bejar JL, Suleiman-Martos N. Effects of Neurofeedback in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A Systematic Review. *J Clin Med*. 2021 Aug 25;10(17):3797. doi: 10.3390/jcm10173797.
- 32) Fernández-Alvarez J, Grassi M, Colombo D, Botella C, Cipresso P, Perna G, Riva G. Efficacy of bio- and neurofeedback for depression: a meta-analysis. *Psychol Med*. 2021 Nov 15;1-16. doi: 10.1017/S0033291721004396.