

正念、正念訓練與心理健康：預設模式 網絡之觀點*

粘瑞狄 吳治翰
國立體育大學
競技與教練科學研究所

吳聰義
國立臺灣體育運動大學
技擊運動學系

楊高騰
國立體育大學
競技與教練科學研究所

念裕祥
臺北市立大學
運動藝術學系

張育愷
國立臺灣師範大學
體育學系／學習科學跨國頂尖研究中心

正念為一種特殊形式之察覺能力，其與諸多心理健康有所連結，近年正念研究亦以神經科學取向進行探究，其中預設模式網絡則是討論關於大腦功能相關議題時相對較新的觀點。本回顧旨在以大腦預設模式網絡觀點探討正念對心理健康影響的大腦神經機制，並著重於功能性磁共振造影與腦電圖等取向在橫斷式、縱貫式和介入性實證研究的角度來進行討論。經文獻回顧後發現，過去正念相關研究指出，正念對心理健康與大腦結構或功能具正向影響；而預設模式網絡和憂鬱症與阿茲海默症等疾病有所關聯。而在功能性磁共振造影方面，正念傾向與正念訓練對預設模式網絡腦區之活化程度有其關聯性存在，並可能增加注意力相關的腦網絡與邊緣系統之間的連結性，藉此對個體的心理健康產生正向影響。此外，在腦電圖方面，正念傾向與正念訓練造成的預設模式網絡腦區之活化差異與 γ 與 θ 波變化有關。整體而言，正念傾向與正念訓練可促使個體從預設模式網絡驅使的思緒漫遊中脫離，並對大腦功能產生正向影響。本文提供國內對該議題有興趣的研究者瞭解其研究發展趨勢，並建議可朝向更嚴謹的實驗設計、樣本普遍性、正念訓練型態影響之差異、預設模式網絡在正念與行為表現間所扮演的中介角色等進行後續研究。

關鍵詞：正念、功能性磁共振造影、思緒漫遊、預設模式網絡、腦電圖

*本文通訊作者：張育愷，通訊方式：yukaichangnew@gmail.com。

正念 (mindfulness) 隨著正向心理學的浪潮而蓬勃發展，在近年來受到學界相當的矚目 (陳景花、余民寧, 2019; 陳龍弘等人, 2015)。當代學術研究方面之正念是以麻省理工學院的 Jon Kabat-Zinn 將西方科學與東方佛教禪修相融合所產生為主軸，其並視正念為一種以不評判且開放與刻意地專注此時此刻所產生出之覺察 (Kabat-Zinn, 1982)。正念可被視為一種注意力投入的方式，將注意力聚焦在當下所發生內在與外在的經驗，並以該種方式指引個體發展其注意力 (Baer, 2003)。根據雙組成理論 (two-component model)，正念內含兩種組成要素，包括涉及當下經驗的注意力自我調節，亦即增加此時此刻對於自我內部心理事件的辨別；以及涉及個體對於當下經驗採取一種充滿好奇心、開放性且接納的態度 (Bishop et al., 2004)。換句話說，正念即是以不帶評判與保持開放的態度專注於當下內在與外在所發生之事件。

正念雖然為個體天生的特質或傾向，但是該能力亦會受到外在環境之影響而產生改變 (Brown & Ryan, 2003)。Kabat-Zinn (2003) 將正念作為核心要素，建立正念減壓治療 (mindfulness-based stress reduction, MBSR) 課程，藉由提升正念因應壓力。MBSR 之練習方式包括：冥想靜坐、呼吸覺察、瑜珈與步行等之正式課程，以及將正式課程體驗融入自身日常生活之中之非正式課程。MBSR 強調在過程中關注每個當下時刻所發生的自我內在和外在環境所呈現的經驗與感受，內在如：身體感覺、情緒思想等；外在如：你所見、聽、聞到的任何事物，並以非判斷且接納的態度來面對 (Baer, 2003)。藉由此種正念相關之注意力引導，培養個體自我調節的能力，使其面對壓力與挑戰時能有較好的調適 (粘瑞狄等人, 2018)。

許多研究指出，正念對於多種心理健康層面有著正向影響。Tomlinson 等人 (2018) 在系統性綜評研究指出，正念傾向與心理健康相關測量結果呈現正相關，正念傾向似乎能夠緩和個體過度投入負面思考模式，並有利於發展幸福感與情緒調節以助於促進復原力和自我管理。更有研究發現正念改善幸福感係由於個人心理需求獲得滿足的中介效果所影響 (Chang et al., 2015)。而作為一項介入方式，正念訓練可改善個體之反芻思考 (rumination)、擔憂、自我憐憫 (self-compassion)、後設覺察 (meta-awareness) 與憂鬱症的復發風險 (van der Velden et al., 2015)。並使個體對自我相關的訊息與情緒處理有正向效果 (Brewer & Garrison, 2014)。此外，正念訓練的效益亦可能透過改善海馬迴損傷，以及減少壓力、憂鬱與代謝症候群來預防、延緩認知損傷與阿茲海默症 (Alzheimer's disease) (Larouche et al., 2015)。最近的研究證據更指出，正念訓練有助於減少創傷後壓力症候群 (posttraumatic stress disorder, PTSD) 患者之逃避行為，以及改善其基於羞恥的評價 (shame-based appraisals) 與自責 (self-blame) 等負面想法 (Boyd et al., 2017)。不僅心理方面的正向影響，正念傾向和正念訓練均與行為表現之提升有所連結，如認知控制 (Chang et al., 2018)、執行功能 (executive function) (粘瑞狄等人, 2018) 以及運動表現 (吳治翰等人, 2017)。

隨著大腦活動探測技術的進步，使用功能性磁共振造影 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 與腦電圖 (electroencephalography, EEG) 等技術探討正念對於大腦之變化已逐漸受到重視 (吳治翰等人, 2019)。過去研究觀察到正念冥想可以促進大腦的神經可塑性，並進一步改變個體的行為反應，如 Lazar 等人 (2005) 發現冥想經驗與前額葉皮質 (prefrontal cortex) 和腦島皮質 (insula cortex) 的厚度增加有關，而這些區域的變化對於個體的認知與情緒處理尤其重要。此外，Lutz 等人 (2004) 則指出長期從事專注當下覺察的冥想訓練可以使 gamma 波發生變化從而影響注意力與情緒處理。然值得注意的是，對於正念使個體行為改變這其中的大腦機制亦有許多不同的詮釋例如，如 Tang 等人 (2015) 彙整許多正念相關的研究結果後，提出了正念促進個體自我調節係經由注意力控制 (attention control)、情緒調節 (emotion regulation) 與自我覺察 (self-awareness) 等三大部分所組成。注意力控制係由前扣帶皮質 (anterior cingulate cortex, ACC) 與背外側前額葉皮質 (dorsolateral prefrontal cortex, dlPFC) 活化增加所促進；情緒調節的促進係減少杏仁核 (amygdala) 活化與增加前額葉活化使個體改善對內外刺激的反應模式；而自我覺察則與腦島、內側前額葉 (medial prefrontal cortex, mPFC)、後扣帶皮質 (posterior cingulate cortex, PCC) 與楔前葉 (precuneus) 等腦區活化有關 (Tang et al., 2015)。綜合上述，正念可以引導人們將覺察帶回到此時此刻，藉此幫助個體避免落入思緒漫遊 (mind-wandering) 的思考模式，因而減少對過去與未來的反芻和渴望從而對當下的自我與事物有更深層的體悟。

個體的行為表現必須仰賴大腦各個區域其功能運作之間的相互作用與配合才得以產生 (Raichle et al., 2001)，因此亦有研究開始關注正念對於大腦網絡的功能性連結 (functional

connectivity)。在眾多大腦網絡之中，大腦預設模式網絡 (default mode network, DMN) 因與多種精神疾患之關聯性，以及其活化程度和連結性與正念的神經機制具有相關性 (Brewer et al., 2011)，故而備受重視。過去認為大腦活動係當個體一但開始思考、動作或工作時大腦即開始增加活化，而處於放鬆休息或放空做著白日夢等狀態時大腦則隨之減少活化。然而 DMN 的概念改變了過去對大腦活動既有的看法。具體而言，Raichle 等人 (2001) 發現，當個體在從事特定目標導向行為時其大腦某些區域會表現出減少活化的情形，反倒係個體處於靜息狀態時其大腦活化係增加的，因此將此一現象稱作為大腦的預設模式網絡。由於 DMN 能量消耗佔大腦的 60-80% 且都用於與外在事件無關的工作上，因此亦稱作大腦暗能量 (brain's dark energy) (Raichle, 2010)。鑑於這一特性，DMN 功能失常被認為可能與憂鬱症、阿茲海默症 (Hata et al., 2016; Raichle, 2015)、躁鬱症、思覺失調症 (schizophrenia) (Öngür et al., 2010)、PTSD (King et al., 2016) 與注意力缺陷過動症 (attention deficit hyperactivity disorder, ADHD) (Broyd et al., 2009) 等精神疾患有所連結，亦即 DMN 的功能性連結之變化可能與上述疾患所影響的生活品質有相關 (Kraft et al., 2019)。

有鑑於 DMN 在於正念效益的神經機制相關性，本文旨在以 DMN 之觀點探討正念傾向與正念訓練對於個體心理健康之影響，同時以功能性磁共振造影與腦電圖兩種廣泛運用於探討大腦結構與功能取向之儀器於橫斷式 (cross-sectional study) 與縱貫式 (longitudinal study) 或介入性研究 (interventional study) 角度的實證研究來進行回顧並加以討論。本文係以 PubMed 資料庫於標題與摘要類別進行文獻搜尋，關鍵字包括「mindfulness」、「meditation」、「default mode network」、「mind-wandering」、「fMRI」與「EEG」，而文獻納入標準須是以人為研究對象的實證性研究。藉此彙整此議題的研究發展與趨勢，提供國內對此議題感興趣的研究者從事研究工作時之參考方向。

一、何謂預設模式網絡

大腦重量僅佔一般成年人體重的 2%，但其耗氧量卻佔將近整體的 20%，這種大腦對於氧氣的依賴性使得研究者開始探討此一現象的大腦潛在機制。Raichle 等人 (2001) 使用正子電腦斷層造影技術 (positron emission tomography, PET) 測量個體在開閉眼的靜息狀態與目標導向行為 (注視螢幕目標) 之間的大腦血流量與氧氣被利用率 (oxygen extraction fraction) 差異，結果發現多個腦區域處於靜息狀態的活化明顯多於注視目標的行為，此一現象即被稱為大腦的預設模式 (Raichle et al., 2001)。因此，DMN 被定義為相較個體處於靜息狀態時 (resting state)，個體在從事目標導向行為會減少活化的一組大腦網絡 (Raichle et al., 2001)。構成預設模式網絡的主要大腦區域包括有：腹內側前額葉皮質 (ventral medial prefrontal, vmPFC)、背內側前額葉皮質 (dorsal medial prefrontal cortex, dmPFC)、PCC、楔前葉、外側頂葉皮質 (lateral parietal cortex) 與雙側顳頂葉交界處 (bilateral temporoparietal junction) (Greicius et al., 2003; Raichle, 2015; Utevsky et al., 2014)。在這些腦區的作用下，DMN 通常反應在個體放鬆的情況下，改變其自身對外在注意力的聚焦，且產生自發性認知 (spontaneous cognition) 從而回想起過去或未來之事的一種內在導向認知過程 (internally directed cognitive processes) (Andrews-Hanna et al., 2010)。具體而言，DMN 的主要特徵即是大腦會產生自發性認知，並被視為自我參照 (self-reference) 思考的神經機制，如在社交情境中對自我的反思與判斷 (Buckner et al., 2008; Christoff et al., 2009)。儘管 DMN 在個體涉及注意力需求但非自我參照的任務時其活化係衰減的，但在靜息狀態下可能負責進行大腦網絡組織之功能 (Raichle, 2015; Raichle et al., 2001)。有鑑於此，瞭解 DMN 的活動與功能或可對大腦運作有進一步的理解。

二、預設模式網絡之影響

Raichle (2010) 認為當個體處於一種放鬆的休息狀態，如坐在椅子上休息、發呆或在床上睡覺時，大腦許多區域反而正在忙碌的運作著，而此狀態所消耗之能量高於大腦對外部刺激做出一個有意識的反應 (如打蚊子、蒼蠅) 多達 20 倍之多。也就是說與主要用於預設模式活化的持續性

大腦能量消耗比起來，由任務所引起的活化所消耗的大腦能量相對較少 (Raichle & Mintun, 2006)。DMN 腦區中在靜息狀態時代謝活化最高的為內側前額葉皮質，因而被視為 DMN 的代表區域。其中 vmPFC 涉及情緒處理；dmPFC 涉及自我相關之判斷，因此 DMN 的表徵即是個體處於靜息狀態而不需要將注意力放至外在環境時，會促使個體開始進行自我參照處理的思考 (self-referential processing thoughts) 與情緒處理 (Raichle, 2015)。而自我參照係指個體會不自覺地將注意力聚焦在自我過去與未來相關事物的思考模式，如反思自我的個性、認知或社交 (Meyer & Lieberman, 2018)。

上述 DMN 的表徵涉及個體對身體與世界潛在訊息的評估，如洞察他人的慾望、信念或意圖的同理心，以及回憶過去與規劃未來等思考自我相關的功能，這可能導致個體內在的情緒狀態會影響其任務表現 (Buckner et al., 2008)。而思緒漫遊即係典型的自我參照思考之一，其所代表的意義係當個體處於清醒但沒有進行較高認知需求的任務時，一種自發性且持續的心理狀態 (Gruberger et al., 2011)，此種狀態通常與當下正在進行的任務無關 (Christoff et al., 2016; Seli et al., 2018)。簡言之，DMN 促使個體無意識地進行白日夢或與任務無關的思考或想像。然而這類的心理狀態似乎無益於心理健康，在一篇發表於 *Science* 期刊，其樣本數為 2250 人的大型調查研究中發現在日常生活中，人們出現思緒漫遊的頻率多達將近 50%，且在思緒漫遊期間通常呈現不開心的狀態 (Killingsworth & Gilbert, 2010)。該結果代表著我們一天的時間中有將近一半時間係分心且心情低落的困境，因此這可能會對心理健康造成負面影響。換句話說，DMN 相關的心理狀態之變化與諸多精神疾患有關 (Christoff et al., 2016)。

關於 DMN 對心理健康影響的解釋，Sonuga-Barke 與 Castellanos (2007) 提出了預設模式干擾假說 (default-mode interference hypothesis)，該假說認為缺乏專注與持續性注意力係許多精神疾患的特徵之一，而大腦在執行目標導向行為時若未將 DMN 的活化降低，此時 DMN 的持續運作會對目標任務所需要的活化認知過程造成干擾並導致注意力絮亂，最後使個體行為表現下降。Sours 等人 (2013) 在輕度創傷性腦損傷的病人中驗證了預設模式干擾假說，該研究發現相較於沒有記憶障礙的病人而言，有記憶障礙的病人其 DMN 與任務正網絡 (task positive network) 之間有較大的功能性連結。而在精神疾病方面，Raichle (2015) 認為失常的 DMN 狀態對阿茲海默症、憂鬱症等疾患有著重要的作用。例如，Coutinho 等人 (2016) 亦發現到 DMN 活化與較多的焦慮和憂鬱有所關聯；此外 Öngür 等人 (2010) 則發現到相較於健康成年人，躁鬱症與思覺失調的患者們在 DMN 相關腦區皆有失常的現象，尤其 mPFC 係兩者與健康成年人的差異所在，由此可見 mPFC 主導的 DMN 變化似乎與大腦健康有關。另一方面，DMN 的連結性改變亦可能與 ADHD 症狀有關，並造成注意力無法集中或工作記憶缺陷的現象產生 (Broyd et al., 2009)。過去研究亦指出 DMN 失常會導致個體有過多以自我為中心的思考而出現內化行為障礙症 (internalizing disorders)，最後使心理健康出現不良適應的結果 (Lin et al., 2018)。

透過上述相關文獻可以得知，DMN 變化與精神和神經退化疾病有所相關聯。幸運地是，DMN 的活化程度可能受到個體自身或環境之影響，例如透過正念或許就能使失常的 DMN 功能改善。Lin 等人 (2018) 即發現正念訓練改變了大腦中線皮質結構從而引導個體從自我中心主義轉變至開放性的經驗覺察。這代表著正念可能將我們從思緒漫遊或自我參照的模式中抽離，並專注在當下那些更為正向的事物上。而這也可能是正念改善心理健康的潛在機制，如近期一項系統性綜評研究指出，正念訓練對憂鬱症的效益可能係受到 DMN 的調節作用所導致，意即失常的 DMN 受到正念訓練影響而產生變化因而改善憂鬱症患者的症狀 (Vignaud et al., 2018)。需要注意的是，最近亦有研究提出 DMN 所促使的思緒漫遊可能有助於個體發展創造性思考與對未來規劃的能力 (Mooneyham & Schooler, 2013)，以及發現 DMN 不僅與自我內在思考有關，更可能在個體聚焦於外在任務時的認知轉換有其作用性存在 (Smith et al., 2018)。因此，DMN 的典型功能發展是否有助於個人的自我成長而不僅只有上述有提到的負面影響，還有待後續研究討論。

方法

一、正念與預設模式網絡：fMRI 之視角

fMRI 為一種神經影像技術，其因為具有高空間解析度能在對生物體無侵入性，且無輻射之風險性等條件下進行大腦區域型態結構與功能活化之檢測，故近年來已被廣泛使用於腦網絡之觀測。fMRI 利用磁共振造影技術測量個體在進行行為表現、認知活動、視聽覺刺激以及情緒反應時相對應腦區之神經元活化時的血氧濃度相依對比 (blood oxygen level dependent, BOLD) 變化，以獲知得出大腦皮質的活化狀況 (陳豐慈等人, 2018)。因此，fMRI 的使用得以直接觀察正念訓練對於大腦區域與網絡之影響，且相較於結構性磁共振造影 (structural magnetic resonance imaging, sMRI) 與擴散張量磁共振造影 (diffusion tensor imaging, DTI) 等技術，檢驗靜息狀態相關大腦網絡 (如 DMN) 又以 fMRI 技術較為合適，其功能性連結數據多與大腦結構之連結有關 (van den Heuvel & Hulshoff Pol, 2010)，且 fMRI 在正念與 DMN 議題之研究尚屬多數。以下茲分別以橫斷式與縱貫式之研究作一彙整與討論：

(一) 橫斷式研究

有鑑於正念對大腦之影響，以及 DMN 在大腦網絡所扮演的角色，Brewer 等人 (2011) 開始探討兩者之間的關聯。其研究結果發現相較於初學者，長期正念冥想者在冥想期間分心的情況較靜息狀態期間來得更少，且觀察到 DMN 主要區域：PCC 與 mPFC 均減少活化。此外，長期正念冥想者之 PCC、背側前扣帶皮質、dlPFC 等涉及自我監控與認知控制的區域亦表現出較強的功能性連結，此結果被認為正念冥想減少了個體自我參照的處理 (Brewer et al., 2011)。類似的結果亦在 Taylor 等人 (2013) 的研究中發現，該研究同樣比較了平均 1000 小時訓練經驗的冥想者與初學者在靜息狀態的 DMN 差異，結果發現相較於初學者，經驗冥想者的 mPFC 與其他 DMN 區域 (如 dmPFC、vmPFC、下頂葉與下顳葉皮質) 的功能性連結顯著較弱，此外亦增加 dmPFC 與右下頂葉的功能性連結。該結果意味著除了在冥想時，正念訓練的效果亦能轉移至日常情況。並反映出個體對於當下覺察能力的增強 (Taylor et al., 2013)。Garrison 等人 (2015) 則認為大腦在靜息狀態時個體差異變化相當大，進一步在實驗設計上加入主動任務 (active task) 以減少個體差異之干擾，嘗試與正念冥想情境比較 DMN 變化之差異。他們招募長期冥想者與非冥想者等兩組進行同樣的冥想任務與主動認知任務，並觀察 DMN 活化之差異。該研究結果發現相較於非冥想者，長期冥想者於冥想任務時其 DMN 之 PCC、梭狀迴 (fusiform gyrus)、顳中迴 (middle temporal gyrus) 與楔前葉皆較執行認知任務時顯示出更少的活化；另外同樣發現冥想者於靜息狀態時其 DMN 相關區域的活化比非冥想者顯著減少 (Garrison et al., 2015)。

過去研究亦採用正念傾向 (dispositional mindfulness) 之角度來探討正念與 DMN 活化改變間的相關性。Shaurya Prakash 等人 (2013) 使用正念注意力覺察量表 (mindful attention awareness scale, MAAS) 探討正念傾向水平與 DMN 的關聯，該研究以 25 位平均年齡 65 歲的老年人作為受試者。其發現到老年人的正念傾向水平與 DMN 之背側 PCC 和楔前葉的連結性增加有關。同樣使用 MAAS，Wang 等人 (2014) 以 245 位大學生為受試者作調查，該研究結果發現正念傾向水平與 DMN 之 PCC 與視丘 (thalamus) 之間的連結有關，即擁有較高的正念傾向的個體其在上述兩個腦區的連結較弱，經事後分析發現視丘在 DMN 中較少的參與係與高正念傾向有所關聯。此外，Bilevicius 等人 (2018) 延伸上述研究之結果，該研究調查了大學生的正念傾向與多種注意力相關的靜息狀態網絡之間的神經元關聯。結果發現 MAAS 分數與 DMN 之左中、左下額迴區與腦島呈負相關；另外亦在警覺網絡 (salience network) 中觀察到 MAAS 分數和左側 ACC 功能性連結增加呈正相關。

儘管上述研究結果都代表著 MAAS 所測量之結果確實與大腦變化有關，但是近年來，有學者嘗試以較為客觀的方式測量更真實的正念傾向，如 Lim 等人 (2018) 使用呼吸計數任務 (breath-counting task) 區分高低水平特質正念之受試者，並比較之間的大腦狀態差異，呼吸計數任務係要求受試者默數呼吸 20 分鐘，以一至九的順序進行計數，其中數至一到八時都須按鍵盤上

的左鍵，而數到九時則須按下右鍵，若途中忘記計數則按下空白鍵，一到九都按下正確按鍵則計為正確循環，藉此以正確率作為特質正念之分數。另外亦測量心理動作警覺測驗（psychomotor vigilance test, PVT）。以動態功能性連結（dynamic functional connectivity）分析方式的研究結果發現，相較於低特質正念，高特質正念的個體在任務準備狀態（task-ready state）上投入較多的時間，且大腦處於閒置（idling）狀態的時間亦較短。這種狀態與任務積極相關的注意力網絡之間有高度連結並與 DMN 之間呈反向相關的特徵；且相較於低特質正念，高特質正念者的 PVT 正確率顯著較高。因此可以推測此種大腦潛在機制，使得具有高特質正念的個體其能經常將大腦切換至任務準備狀態，促使個體有更佳的靈活性與覺察能力（Lim et al., 2018）。

藉由上述研究可以得知正念傾向與 DMN 之關聯，因此亦有研究著手探討何種形式的正念訓練對於 DMN 活化有較好的抑制效果，故採用情境介入的實驗設計進行探討，同樣在 Brewer 等人（2011）的研究中，其將正念冥想任務分為專注（concentration）、慈心（loving-kindness）與無分別之覺察（choiceless awareness）等三種形式來進行經驗冥想者與初學者兩組在 DMN 之變化。其結果發現相較於初學者，冥想者處於專注形式時 PCC 與左側角迴的活化減少；處於慈心形式時其大腦活化減少由 PCC、下部頂葉（inferior parietal lobule）、下顳葉迴（inferior temporal gyrus）延伸至海馬體、杏仁核與腦鉤迴（uncus）；處於覺察形式時其顳中上迴（superior, medial temporal gyrus）活化減少，雖然該研究並未進一步討論三種形式的差異，但從結果可以得知不同形式的正念訓練對大腦產生的改變係有所不同的。此外，以注意力向度的觀點來看，正念冥想亦可分為注意力集中冥想（focused attention meditation, FAM）與開放式監控冥想（open monitoring meditation, OMM）（Lutz et al., 2008）。這兩種形式均被發現能夠減少 DMN 之活化，如 Fujino 等人（2018）調查了 17 位資深冥想者在靜息狀態前後與冥想期間紋狀體功能性連結的差異。其研究結果發現兩種形式均減少紋狀體（striatum）與 PCC 的功能性連結，而兩種形式的差異在於 OMM 減少腹側紋狀體與視覺皮質和壓後皮質（retrosplenial）之間的功能性連結；反之，FAM 則增加了該些區域的功能性連結，該結果似乎也指出 OMM 的神經機制與正念之不評價與反應的成分有關。另外，Scheibner 等人（2017）則將 FAM 進一步分為內在與外在兩種形式探討兩者對 DMN 之影響，其招募 26 位無正念冥想經驗的健康成年人作為受試者。該研究結果發現受試者不論係在接受內在或外在注意力正念冥想期間都較其思緒漫遊時顯著減少了以 mPFC、PCC 與楔前葉等區域為主的 DMN 活化；在行為反應結果則發現到個體處於正念時快於處於思緒漫遊狀態，其中個體處於正念狀態時其重新專注的相關腦區（左下額迴）相較於思緒漫遊時活化較少，表示正念有助於個體的注意力控制並有效率的招募大腦資源；值得注意的地方係內在注意力又較外在注意力更顯著減少預設模式網絡之活化。這表示若要探究正念訓練對 DMN 的影響，選擇內在注意力的方式（如專注呼吸）可能會使研究結果有更好的呈現。

鑑於過去研究指出正念訓練對個體疼痛反應的有效性，亦有學者將 DMN 作為其中的潛在機制進行探討。Harrison 等人（2018）將 40 位健康且無冥想經驗的大學生作為研究對象。結果發現較高的特質正念與 DMN 腦區之間的連結性減少和較低的疼痛災難化（pain catastrophising）有關，並發現到特質正念與 DMN 區域和體覺皮質區之間的連結性呈正相關。類似地，Zeidan 等人（2018）招募 76 位健康的正念初學者探討其正念傾向與疼痛反應之間的神經機制與關聯。該研究結果發現較高的正念傾向與較低的疼痛反應有關，且在疼痛刺激期間楔前葉與 PCC 等 DMN 核心腦區的活化減少有關。

綜合以上橫斷式研究所述，該些研究結果顯示不論參與者係從事正念冥想活動者或天生特質正念較高者，其 DMN 活化均顯著小於無經驗者、初學者與特質正念較低者。除此之外，正念在減少 DMN 活化的同時，亦可能與降低疼痛反應（Harrison et al., 2018; Zeidan et al., 2018）、大腦對於任務準備之狀態（Lim et al., 2018）等結果有所關聯，並發現不同形式的正念冥想之間對於 DMN 的影響亦有所差異（Brewer et al., 2011; Fujino et al., 2018; Scheibner et al., 2017）。

（二）縱貫式研究

透過上述橫斷式設計的研究，研究者可瞭解正念傾向或參與正念冥想相關活動和 DMN 之間的關聯。更進一步地，研究可透過縱貫式的研究設計來探討這之中的因果關係。Farb 等人（2007）指出人類的自我瞭解過程包含兩種焦點形式：一為敘事焦點（narrative focus, NF），該形式係對心理事件予以認知上的闡述（cognitive elaboration），從而減少朝向其他事物的注意力；相反地，經

驗焦點 (experiential focus, EF) 則為對心理事件闡述的抑制，以利於個體能夠更廣泛地專注在當下身邊的事物，而不僅選擇單一對象去觀察自我的想法與感受。具體而言，Farb 等人 (2007) 認為敘事焦點的產生就像由 DMN 相關的中線皮質區域活化所驅動的模式，這使得個體會出現更多與自我有關的反芻思考；而正念訓練可能則係一種經驗焦點的形式，幫助個體發展保持專注在此時此刻的能力，藉此脫離敘事焦點形式的反芻思考。為驗證此假設，Farb 等人 (2007) 招募 16 位準備接受為期八週 MBSR 課程的正念初學者，以及 20 位已經完成 MBSR 課程的正念訓練組，在實驗前告知了參與者上述對兩種焦點情境的定義，接著即進行詞語刺激 (verbal stimuli) 作業與 fMRI 的掃描，詞彙刺激開始前會告知參與者要以 NF 或 EF 情境來進行判斷，在 NF 情境中參與者必須思考該詞彙代表著什麼，以及是否符合自己的特質；進行 EF 情境時則需要專注在當下自己的想法、感受與身體狀態所發生之事。兩種情境以隨機方式各進行兩次。結果顯示，參與者在 NF 情境期間中線前額葉皮質有較多的參與，且相較於 NF 情境而言，初學者在 EF 情境顯著減少以 mPFC 為主的中線皮質活化。此外，正念訓練組在相似的情況中有更明顯的差異，並且增加 mPFC 與腦島之間的功能性連結。

根據 Farb 等人 (2007) 的研究結果，此後開始有諸多研究探討正念訓練對於不同族群在 DMN 之影響，如 Monti 等人 (2012) 探討正念藝術治療 (mindfulness-based art therapy, MBAT) 對乳癌患者的大腦血流與焦慮的影響，其研究對象納入了 18 位年齡介於 52 至 77 歲的乳癌患者並隨機分派至 MBAT 組或對照組，於介入前後對其進行 fMRI 掃描以及評估焦慮狀態。該研究主要發現八週的 MBAT 顯著增加了左側腦島、右側杏仁核、右側海馬迴與雙側尾狀核在靜息狀態與冥想期間的大腦血流，即增加了該些腦區之活化並與顯著減少焦慮有關，並發現相較對照組，MBAT 組在壓力情境下其 DMN 之 PCC 的活化減少。

有鑑於 DMN 在阿茲海默症中的可能作用，Wells 等人 (2013) 招募了 14 位輕度認知障礙的參與者並隨機分派為實驗組與對照組，實驗組介入八週的 MBSR 課程，對照組維持日常的照護。經八週後該研究結果發現相較於對照組，實驗組的參與者顯示出其大腦 PCC、mPFC 和左側海馬迴之間的功能性連結增加，並且實驗組的雙側海馬迴體積有相對較少的萎縮。該結果意謂著正念訓練對 DMN 腦區的影響可能有助於改善減少罹患失智症的風險。

此外，King 等人 (2016) 發現正念暴露治療 (mindfulness-based exposure therapy, MBET) 可透過抑制 DMN 來改善患有 PTSD 美國退伍軍人的症狀。該研究招募 23 名被醫師診斷患有 PTSD 的退伍軍人並隨機分為 MBET 與當下中心治療 (present-centered group therapy) 等兩組團體心理治療組別，治療介入為期 16 週，每週兩小時。結果顯示 MBET 組在治療後症狀減輕，且增加以 PCC 為主的 DMN 與 dlPFC、ACC 為主的執行控制網絡 (executive control network) 之間的靜息功能性連結，此結果指出了正念訓練可能有益於注意力轉移的能力，並可能透過減少 DMN 活化進一步幫助患者處理創傷記憶的影響。

有別於上述採用臨床族群為研究對象，Tomasino 與 Fabbro (2016) 招募 13 位健康成年人為受試者進行為期八週正念導向的冥想訓練 (mindfulness-oriented meditation training)，在正念介入前後皆進行 fMRI 的掃描並給予正念與靜息之情境。其結果顯示相較於介入前，參與者在介入後的正念任務中其 DMN 相關區域如右背外側前額葉皮質 (right dorsolateral PFC)、左側基底核 (left caudate) 與前腦島 (anterior insula) 的活化顯著增加；以及減少喙狀前額葉皮質 (rostral PFC) 與右側頂葉。該研究結果代表正念訓練有助於注意力的維持和監控並藉此減少思緒漫遊的情況，雖然該研究未使用對照實驗設計可能會對結果產生疑慮，但其結果與過去研究類似，亦為正念訓練對 DMN 的影響提供初步的證據。

上述縱貫式研究為正念訓練對 DMN 隨時間所改變的影響提供可信的依據。若要進一步解釋正念與 DMN 之間的關係，除 Farb 等人 (2007) 所提出個人自我參照的兩種焦點形式的腦區差異之外，過去亦有研究指出個體的工作記憶開始增加負荷時 DMN 活化會逐漸下降 (Koshino et al., 2014)，根據此一論點，Russell 與 Arcuri (2015) 則認為個體開始計劃或執行一項活動時，工作記憶則開始乘載負荷。換句話說，正念會吸引工作記憶並進一步使用注意力網絡、執行網絡與覺察網絡而減少預設模式網絡所佔用的大腦資源，促使個體參與正念訓練時可培養專注能力並減少思緒漫遊的可能性。然必須注意的是，目前探討正念訓練對於 DMN 長期影響的研究尚屬有限，還有賴後續學者進行實證性研究，並將成果累積後加以確認與證實。

二、正念與預設模式網絡：EEG 之視角

EEG 係以非侵入性的方式觀測與分析大腦皮質層神經動作電位之研究工具，其通常以參照點誘導法 (referencing recording strategy) 作測量，該方法多以 Jasper (1958) 所制定的國際 10-20 制系統 (international 10-20 system) 之電極點以帽套方式配戴至參與者頭皮，隨後注入導電膠 (conductive gel) 使電流能夠進行傳導，藉此搜集腦電波訊號，進而探討參與者大腦之狀態。而腦波分析方式主要分為頻率面分析 (如 alpha 波、beta 波)、時間面分析 (如事件關聯電位) 與空間面分析三種 (洪聰敏、石恒星, 2009)，本節將會著重於頻率面分析之研究，以補充 fMRI 於時間解析度的不足之處 (Laufs et al., 2003)。而有鑑於 EEG 之縱貫式研究較為缺乏，改以介入性實驗設計取向分別進行彙整與討論：

(一) 橫斷式研究

EEG 作為正念有效性的指標，已有相當程度的研究結果予以支持其對大腦之影響，尤其以經驗水平對慢波 (如 alpha、theta) 的影響最為明顯 (Lomas et al., 2015)。然過去探討 DMN 的相關研究通常使用 fMRI 或 PET 來觀察其腦部變化，鮮少使用 EEG 方式來進行測量，不過自 Laufs 等人 (2003) 同時使用 fMRI 與 EEG 來探究個體在靜息狀態下大腦自發性活動的真實情況之後，使用 EEG 測量 DMN 的方法似乎開始受到關注。該研究招募 15 位受試者進行 fMRI 與 EEG 之測量，過程中要求其安靜地躺著且閉上眼睛。發現到高頻率的 beta-2 波活化增加與壓後部皮質 (retrosplenial cortex)、顳頂葉交界處 (temporo-parietal junction) 與 dmPFC 等 DMN 腦區的 BOLD 增加呈現正相關，這一結果除了以 EEG 方法發現大腦在靜息狀態下確實仍持續活動之外，更發現與 fMRI 呈現結果具相連性。另外在其他頻段的腦波中亦發現到類似的結果，如 Scheeringa 等人 (2008) 同樣使用 EEG 與 fMRI 紀錄個體在靜息狀態之前額葉 theta 波與大腦 BOLD 訊號之關聯，研究結果發現個體在靜息狀態期間的 mPFC、楔前葉、PCC、下額葉、下頂葉、中顳葉以及小腦多數區域之活化皆與 theta 波呈負相關。

有鑑於上述研究發現 EEG 對 DMN 之測量係可行性的方式，開始有研究以 EEG 方法探究正念的潛在神經機制，如 Berkovich-Ohana 等人 (2012) 根據過去研究所發現到 gamma 波與 DMN 之間的關聯性，探討正念對於 gamma 波的影響，藉此推測。該研究以 36 位具正念冥想經驗的練習者與 12 位健康的成年人在靜息狀態轉換至計時作業的過程中其 gamma 波與 DMN 活化之比較。結果顯示不論正念組或控制組在情境轉換的過程中皆減少前額中線之 gamma 波，此外亦發現正念組參與者在靜息狀態時有較低的額葉中線 gamma 波，這些結果都同時代表著 DMN 活化處於減少的狀態，且顯示出正念訓練的參與和 DMN 的關聯。然而這些結果並不受正念練習的參與時間影響，意即不論經驗水平的高低，只要從事正念相關活動即可對大腦產生立即的影響。隨後 Berkovich-Ohana 等人 (2014) 同樣使用上述研究的實驗參與者資料，改以 EEG 功能性連結 (electroencephalographic functional connectivity, EEG-FC) 之方式探討正念冥想對 DMN 的影響。再次發現具有正念冥想經驗的參與者在靜息狀態至計時作業期間其右側 theta 波、左側 alpha 波與 gamma 波平均相位同調性 (mean phase coherence, MPC) 顯著較少以及發現左側 gamma 波與正念經驗呈現負相關，另外更發現減少的 gamma MPC 顯示出正念訓練與 DMN 的失活 (deactivation) 有所關聯。

(二) 介入性研究

透過上述橫斷式研究之結果，可以得知參與正念訓練之經驗與 DMN 相關腦波之關聯。因此，即有學者開始採取介入性研究設計探究正念訓練與 DMN 相關腦波之間的因果關係。如 Xue 等人 (2014) 探討短期正念訓練對 theta 波網絡在大腦靜息狀態時變化的影響，該研究招募 45 位年齡平均 22 歲的大學生，隨機分派至正念訓練組或放鬆訓練組，其採用之正念訓練為整體身心訓練 (integrative body-mind training, IBMT)，該訓練結合身體放鬆、心理意象與正念等方式，著重於身心之協調，並與單純的放鬆訓練進行比較。研究結果發現在一週共三個半小時的正念訓練後，受試者額葉中線 theta 波增加，並推論中線電極之間的路徑長度減少且增加了群聚係數 (clustering coefficient)，而中線電極點代表了 DMN 的訊號源，這使得正念訓練與 DMN 的變化有所關聯。除此之外，亦發現 theta 波與負面情緒的變化有關。後續亦有研究使用較長時間的正念訓練介入為手

段，如 Lee 等人（2018）以長期曝露在高壓工作環境下的女性醫療照護人員作為受試者，共招募 37 位過去三個月內無冥想經驗的受試者並分為正念組與等待控制組，正念組接受為期四週（每週五天，一天八分鐘）的線上身心正念訓練課程，該課程主要請受試者以網路或智慧型手機在家中與醫院中進行練習，在練習中要求受試者靜坐專注身體感覺以追求心靈平靜、減少負面情緒。並以症狀檢核表 90-修訂版（Symptom Checklist 90-Revised, SCL-90-R）評估其心理困擾與症狀，另外亦測量壓力、自尊與情緒等心理狀態。該研究結果發現正念訓練增強了 DMN 腦區 theta 與 alpha 頻段，同時減少個體之焦慮與憤怒特質（Lee et al., 2018）。上述兩篇研究均發現每日短暫的正念訓練即可對 DMN 產生影響，同時改善個體的心理健康相關結果。

相較於 fMRI 研究，目前運用 EEG 技術觀察正念訓練如何影響 DMN 的相關研究尚處於初步的階段，但從以上少數的研究可以發現不論橫斷式與介入性研究，使用 EEG 所觀察到的區域腦波皆與 DMN 各腦區的變化有關。且似乎與負面心理健康結果的減少有關（Lee et al., 2018）。然對於 EEG-FC 所呈現的結果是否與 fMRI-FC 的詮釋意義相同，這一部分還有待未來更多的研究加以釐清。值得注意的是，由於 EEG 相較 MRI 與 PET 而言其成本相對較符合經濟效益，對於想取得 MRI 與 PET 等檢測工具較困難但亦想加入探討 DMN 的研究工作者而言，EEG 或許係一項較為可行的方式。然目前描述使用 EEG 分析 DMN 的方法學研究仍為少數（Thatcher et al., 2014），以及 EEG 在測量大腦活動時無法準確定位神經活動之腦區等限制（Hata et al., 2016），因此可能導致相較於 fMRI 而言採用 EEG 觀點詮釋正念與 DMN 相關研究較為缺乏的原因。

結論與建議

本文旨在以 DMN 之觀點，探討正念傾向、正念訓練對大腦相關心理健康影響之研究。根據上述文獻回顧，正念訓練對於心理健康與大腦結構功能有其正向影響；而過去研究指出 DMN 失常與個體過多的自我參照與反芻性思考有關，並可能導致增加罹患精神疾患的風險，由於 DMN 的活化涉及思緒漫遊或自我參照思考該些與任務無關的自發性思考（Christoff et al., 2016; Seli et al., 2018），然這類心理過程通常與不愉快的情境有關（Killingsworth & Gilbert, 2010），這可能使 DMN 在許多造成失能的精神與神經疾病中扮演潛在的影響機制。然而透過本文回顧後發現，正念傾向之增加與正念訓練之參與係有助於改善 DMN 所產生的不良影響並抑制其過度活化。正念的特性則係強調刻意地專注在當下手中所進行的任務，因此透過正念訓練有助於個體從 DMN 相關的行為模式與習慣中脫離（Brewer et al., 2011）。為此，正念所帶來的專注、覺察、活在當下與不評價等概念，可能使個人遠離負面思考與情緒，以擁有更完善的心理健康以及生活品質。

以 fMRI 的相關結果而言，DMN 的主要核心區域如 mPFC、vmPFC、dmPFC、PCC 與楔前葉等區域皆發現到會受到正念的影響而失活並減少該些腦區之間的功能性連結，進而讓執行控制網絡與注意力網絡等任務正網絡的相關腦區更加活躍，並增加與邊緣系統如海馬體、杏仁核之間的功能性連結促使個體有更佳的認知與情緒的處理能力，藉此有利於培養心理的健康；在 EEG 方面，透過目前少數的研究仍可發現，gamma 波與 theta 波分別與 DMN 呈正相關與負相關，因此可視為正念減少 DMN 活化的指標之一。整體看來，正念促進心理健康的有效性可能受到 DMN 改變之影響，而得以改善個體大腦的正常運作並提升行為表現。具體而言，依據 Tang 等人（2015）所提出的注意力控制、情緒調節與自我覺察等正念核心組成，該組成所涉及腦區大多與 DMN 腦區有所重疊，代表著 DMN 可透過個體從事正念訓練的效果產生變化，這種變化亦可能使 DMN 從失常恢復為典型的狀態。換句話說，正念訓練亦可能促進 DMN 之發展，如同 Kaunhoven 與 Dorjee（2017）指出青春期前孩童其大腦注意力網絡、執行網絡、警覺網絡與 DMN 之間的連結尚未發展成熟會使自我監控、反省的能力不及成年人，因此正念訓練可成為促進孩童自我調節的策略之一。另外 Wang 等人（2020）進一步指出 DMN 的內在連結增加會促使孩童能夠將注意力從無關的訊息中轉移的可能性，以及與工作記憶和作業轉換相關執行功能的改善有關。另一方面，已有研究發現正念訓練作為校本課程（school-based curriculum）實施對於青少年在執行功能與情緒調節方面具有顯著的成效（Sanger & Dorjee, 2016; Sanger et al., 2018）；以及在減少思緒漫遊的同時增進了大學生在研究生

入學考試 (graduate record examinations) 的閱讀理解分數與工作記憶 (Mrazek et al., 2013)。同時亦有研究發現，對正念傾向與人格特質之間關聯的理解有助於教師有效地利用社交媒體相關影片進行性教育議題之教學 (Hong et al., 2016)。這些研究結果都表明正念對於尚未成熟或失常之 DMN 的影響除可能係發展個體自我調節與執行功能的重要機制之外，也意味著正念在應用層面的價值不止於心理健康有所成效，對於教育的應用上亦具有值得發展的潛力。

儘管透過本文可以得知正念與 DMN 之間的關聯對於大腦在心理健康或個體發展等方面存在著可能的影響，但對於這些結果的解釋仍須持保守的態度，近期有學者對正念研究提出了批判與質疑，如 Van Dam 等人 (2018) 指出應避免過度渲染正念的效益。更提出四個面向的建議提供反思，其中包括：正念定義的統一性與測量工具的建構效度、更嚴謹的實驗設計之臨床研究、正念潛在的負面影響與神經影像研究數據的解釋 (Van Dam et al., 2018)，除此之外，該研究亦提及探討正念介入研究應提供練習方式有無符合正念之定義、師資、課程規律與實施性質 (團體或個人) 等因素之說明，以利於不同研究之比較，藉由這些反思來減少過去正念相關研究提供錯誤訊息所帶來的誤導。有鑑於此，本文亦針對過去研究結果提出四項未來研究方向之建議。其一，由本研究回顧可知，多數研究著重以橫斷式研究設計或是對於結果詮釋程度有一定限制的研究設計來探討兩者之關聯，僅少數研究採隨機對照試驗 (randomized controlled trial, RCT)。此外研究樣本數偏向小樣本，雖然該些研究的結果都已提供相對有說服力的證據，但受到的限制可能使其無法將結果推論至更普遍的大眾。為此，未來研究除了需要更加嚴謹的實驗設計如 RCT、盲性試驗等實驗設計來增加對於因果關係的詮釋程度之外，還需要更具解釋力的樣本數；其二，鑑於多數正念與 DMN 的相關研究大多都聚焦於健康族群，未來研究的樣本採納可朝向更多元之族群，例如：醫護人員、軍警、教師或運動員，以及臨床病患等承受巨大壓力而有許多負面想法的族群，用以探討結果的一致性來提供正念與 DMN 之間關聯性的有利證據；其三，儘管過去研究大多發現具備較多冥想經驗者其大腦 DMN 的活化抑制會較經驗較少者來得更好，然現今正念訓練已有各式各樣的形式運用在實證性研究當中，如不同目標與內容之課程、不同注意力取向之正念乃至不同形式之正念 (Brewer et al., 2011)，為此探討不同形式正念訓練對於 DMN 甚至於大腦神經機制的影響有何差異，可能有其必要性；最後，探討 DMN 變化與個體行為表現之關聯性，由於研究指出 DMN 變化與高壓環境下的心理健康有關 (Lee et al., 2018)。以運動員為例，處於高壓力的環境下時改善心理健康對運動員的表現有著正向關聯 (Gross et al., 2018)。然而過去多數研究尚未對受試者接受正念訓練後 DMN 的變化在個體行為表現相關的結果中作進一步調查，且近期研究發現 DMN 可能在個體認知過程與轉換中有其作用 (Smith et al., 2018)。這可能與個體的行為表現有關，因此未來或可將 DMN 視為正念與行為表現之間的中介變項進行探討，其中可將認知與情緒處理表現，乃至工作表現或運動表現納入其中的研究變項，藉此瞭解 DMN 在個體邁向理想的行為表現時的變化與作用為何。

參考文獻

- 吳治翰、念裕祥、吳聰義、張育愷 (2017)：正念訓練與運動表現之關聯。*運動教練科學*，48，65-77。
<http://doi.org/10.6194/scs.2017.48.07>[Wu, C.-H., Nien, Y.-H., Wu, T.-Y., & Chang, Y.-K. (2017). The relationship between mindfulness and sports performance. *Sports Coaching Science*, 48, 65-77. <http://doi.org/10.6194/scs.2017.48.07>]
- 吳治翰、陳豐慈、林季燕、張育愷 (2019)：正念對心理健康之影響：事件關聯電位與性磁共振造影之近期研究功能回顧。*應用心理研究*，70，3-39。<http://doi.org/10.3966/156092512019060070002>[Wu, C.-H., Chen, F.-Z., Lin, C.-Y., & Chang, Y.-K. (2019). The effects of mindfulness on mental health: A review of recent studies on event-related potentials and functional magnetic

resonance imaging. *Research in Applied Psychology*, 70, 3–39. <http://doi.org/10.3966/156092512019060070002>

- 洪聰敏、石恒星 (2009)：腦波在運動心理學研究之應用。《應用心理研究》，42，123–161。[Hung, T.-M., & Shih, H.-H. (2009). Electroencephalography application in sport and exercise psychology. *Research in Applied Psychology*, 42, 123-161]
- 粘瑞狄、吳治翰、齊璘、林季燕、張育愷 (2018)：正念與執行功能對運動表現之關聯。《臺灣運動心理學報》，18 (2)，39–56。 [http://doi.org/10.6497/BSEPT.201811_18\(2\).0003](http://doi.org/10.6497/BSEPT.201811_18(2).0003)[Nien, J.-T., Wu, C.-H., Chi, L., Lin, C.-Y., & Chang, Y.-K. (2018). The associations of mindfulness and executive function with sport performance. *Bulletin of Sport and Exercise Psychology of Taiwan*, 18(2), 39–56. [http://doi.org/10.6497/BSEPT.201811_18\(2\).0003](http://doi.org/10.6497/BSEPT.201811_18(2).0003)]
- 陳景花、余民寧 (2019)：正向心理學介入對幸福與憂鬱效果之後設分析。《教育心理學報》，50 (4)，551–585。 [http://doi.org/10.6251/bep.201906_50\(4\).0001](http://doi.org/10.6251/bep.201906_50(4).0001)[Chen, J.-H., & Yu, M.-N. (2019). Effects of positive psychology interventions on well-being and depression: A meta-analysis. *Bulletin of Educational Psychology*, 50(4), 551–586. [http://doi.org/10.6251/bep.201906_50\(4\).0001](http://doi.org/10.6251/bep.201906_50(4).0001)]
- 陳龍弘、張文馨、張硯評 (2015)：正向心理學與運動心理學的相逢。《體育學報》，48 (2)，123–138。 <http://doi.org/10.3966/102472972015064802001>[Chen, L.-H., Chang, W.-H., & Chang, Y.-P. (2015). When positive psychology encounters sport psychology. *Physical Education Journal*, 48(2), 123–138. <http://doi.org/10.3966/102472972015064802001>]
- 陳豐慈、黃植懋、王俊智、張育愷 (2018)：身體活動與老年大腦功能：功能性磁共振造影的研究回顧。《教育心理學報》，50 (2)，363–388。 [http://doi.org/10.6251/BEP.201812_50\(2\).0009](http://doi.org/10.6251/BEP.201812_50(2).0009)[Chen, F.-T., Huang, C.-M., Wang, C.-C., & Chang, Y.-K. (2018). Physical activity and the aging brain: A review of functional magnetic resonance imaging studies. *Bulletin of Educational Psychology*, 50(2), 363–388. [http://doi.org/10.6251/BEP.201812_50\(2\).0009](http://doi.org/10.6251/BEP.201812_50(2).0009)]
- Andrews-Hanna, J. R., Reidler, J. S., Huang, C., & Buckner, R. L. (2010). Evidence for the default network's role in spontaneous cognition. *Journal of Neurophysiology*, 104(1), 322–335. <http://doi.org/10.1152/jn.00830.2009>
- Baer, R. A. (2003). Mindfulness training as a clinical intervention: A conceptual and empirical review. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 10(2), 125–143. <http://doi.org/10.1093/clipsy.bpg015>
- Berkovich-Ohana, A., Glicksohn, J., & Goldstein, A. (2012). Mindfulness-induced changes in gamma band activity - implications for the default mode network, self-reference and attention. *Clinical Neurophysiology*, 123(4), 700–710. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.07.048>

- Berkovich-Ohana, A., Glicksohn, J., & Goldstein, A. (2014). Studying the default mode and its mindfulness-induced changes using EEG functional connectivity. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 9(10), 1616–1624. <http://doi.org/10.1093/scan/nst153>
- Bilevicius, E., Smith, S. D., & Kornelsen, J. (2018). Resting-state network functional connectivity patterns associated with the mindful attention awareness scale. *Brain Connectivity*, 8(1), 40–48. <http://doi.org/10.1089/brain.2017.0520>
- Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J., Segal, Z. V., Abbey, S., Speca, M., & Velting, D. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 11(3), 230–241. <http://doi.org/10.1093/clipsy/bph077>
- Boyd, J. E., Lanius, R. A., & McKinnon, M. C. (2017). Mindfulness-based treatments for posttraumatic stress disorder: A review of the treatment literature and neurobiological evidence. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 43(1), 7–25. <http://doi.org/10.1503/jpn.170021>
- Brewer, J. A., & Garrison, K. A. (2014). The posterior cingulate cortex as a plausible mechanistic target of meditation: Findings from neuroimaging. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1307, 19–27. <http://doi.org/10.1111/nyas.12246>
- Brewer, J. A., Worhunsky, P. D., Gray, J. R., Tang, Y. Y., Weber, J., & Kober, H. (2011). Meditation experience is associated with differences in default mode network activity and connectivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20254–20259. <http://doi.org/10.1073/pnas.1112029108>
- Brown, K. W., & Ryan, R. M. (2003). The benefits of being present: Mindfulness and its role in psychological well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84(4), 822–848. <http://doi.org/10.1037/0022-3514.84.4.822>
- Broyd, S. J., Demanuele, C., Debener, S., Helps, S. K., James, C. J., & Sonuga-Barke, E. J. (2009). Default-mode brain dysfunction in mental disorders: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(3), 279–296. <http://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.09.002>
- Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R., & Schacter, D. L. (2008). The brain's default network. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1), 1–38. <http://doi.org/10.1196/annals.1440.011>
- Chang, J.-H., Huang, C.-L., & Lin, Y.-C. (2015). Mindfulness, basic psychological needs fulfillment, and well-being. *Journal of Happiness Studies*, 16(5), 1149–1162. <http://doi.org/10.1007/s10902-014-9551-2>
- Chang, J.-H., Kuo, C.-Y., Huang, C.-L., & Lin, Y.-C. (2018). The flexible effect of mindfulness on cognitive control. *Mindfulness*, 9(3), 792–800. <http://doi.org/10.1007/s12671-017-0816-9>

- Christoff, K., Gordon, A. M., Smallwood, J., Smith, R., & Schooler, J. W. (2009). Experience sampling during fMRI reveals default network and executive system contributions to mind wandering. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(21), 8719–8724. <http://doi.org/10.1073/pnas.0900234106>
- Christoff, K., Irving, Z. C., Fox, K. C. R., Spreng, R. N., & Andrews-Hanna, J. R. (2016). Mind-wandering as spontaneous thought: A dynamic framework. *Nature Reviews Neuroscience*, *17*(11), 718–731. <http://doi.org/10.1038/nrn.2016.113>
- Coutinho, J. F., Fernandes, S. V., Soares, J. M., Maia, L., Gonçalves, Ó. F., & Sampaio, A. (2016). Default mode network dissociation in depressive and anxiety states. *Brain Imaging and Behavior*, *10*(1), 147–157. <http://doi.org/10.1007/s11682-015-9375-7>
- Farb, N. A., Segal, Z. V., Mayberg, H., Bean, J., McKeon, D., Fatima, Z., & Anderson, A. K. (2007). Attending to the present: Mindfulness meditation reveals distinct neural modes of self-reference. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *2*(4), 313–322. <http://doi.org/10.1093/scan/nsm030>
- Fujino, M., Ueda, Y., Mizuhara, H., Saiki, J., & Nomura, M. (2018). Open monitoring meditation reduces the involvement of brain regions related to memory function. *Scientific Reports*, *8*(1), Article 9968. <http://doi.org/10.1038/s41598-018-28274-4>
- Garrison, K. A., Zeffiro, T. A., Scheinost, D., Constable, R. T., & Brewer, J. A. (2015). Meditation leads to reduced default mode network activity beyond an active task. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, *15*(3), 712–720. <http://doi.org/10.3758/s13415-015-0358-3>
- Greicius, M. D., Krasnow, B., Reiss, A. L., & Menon, V. (2003). Functional connectivity in the resting brain: A network analysis of the default mode hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *100*(1), 253–258. <http://doi.org/10.1073/pnas.0135058100>
- Gross, M., Moore, Z. E., Gardner, F. L., Wolanin, A. T., Pess, R., & Marks, D. R. (2018). An empirical examination comparing the mindfulness-acceptance-commitment approach and psychological skills training for the mental health and sport performance of female student athletes. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *16*(4), 431–451.
- Gruberger, M., Ben-Simon, E., Levkovitz, Y., Zangen, A., & Hendler, T. (2011). Towards a neuroscience of mind-wandering. *Frontiers in Human Neuroscience*, *5*, 56–56. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00056>
- Harrison, R., Zeidan, F., Kitsaras, G., Ozelik, D., & Salomons, T. V. (2018). Trait mindfulness is associated with lower pain reactivity and connectivity of the default mode network. *The Journal of Pain*, *20*(6), 645–654. <http://doi.org/10.1016/j.jpain.2018.10.011>

- Hata, M., Kazui, H., Tanaka, T., Ishii, R., Canuet, L., Pascual-Marqui, R. D., Aoki, Y., Ikeda, S., Kanemoto, H., & Yoshiyama, K. (2016). Functional connectivity assessed by resting state EEG correlates with cognitive decline of Alzheimer's disease-An eLORETA study. *Clinical Neurophysiology*, *127*(2), 1269–1278. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.10.030>
- Hong, J.-C., Tsai, C.-R., Fan-Chiang, C., & Hwang, M.-Y. (2016). Mindfulness in learning safe sex via social media: Perspectives of personality and experiential value. *Computers in Human Behavior*, *64*, 337–346. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.06.033>
- Jasper, H. (1958). Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *10*(10), 370–375. [http://doi.org/10.1016/0013-4694\(58\)90053-1](http://doi.org/10.1016/0013-4694(58)90053-1)
- Kabat-Zinn, J. (1982). An outpatient program in behavioral medicine for chronic pain patients based on the practice of mindfulness meditation: Theoretical considerations and preliminary results. *General Hospital Psychiatry*, *4*(1), 33–47. [http://doi.org/10.1016/0163-8343\(82\)90026-3](http://doi.org/10.1016/0163-8343(82)90026-3)
- Kabat-Zinn, J. (2003). Mindfulness-based interventions in context: Past, present, and future. *Clinical Psychology: Science and Practice*, *10*(2), 144–156. <http://doi.org/10.1093/clipsy.bpg016>
- Kaunhoven, R. J., & Dorjee, D. (2017). How does mindfulness modulate self-regulation in pre-adolescent children? An integrative neurocognitive review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *74*(Pt A), 163–184. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.01.007>
- Killingsworth, M. A., & Gilbert, D. T. (2010). A wandering mind is an unhappy mind. *Science*, *330*(6006), 932. <http://doi.org/10.1126/science.1192439>
- King, A. P., Block, S. R., Sripada, R. K., Rauch, S., Giardino, N., Favorite, T., Angstadt, M., Kessler, D., Welsh, R., & Liberzon, I. (2016). Altered Default Mode Network (DMN) resting state functional connectivity following a mindfulness-based exposure therapy for Posttraumatic Stress Disorder (PTSD) in combat veterans from Afghanistan and Iraq. *Depression and Anxiety*, *33*(4), 289–299. <http://doi.org/10.1002/da.22481>
- Koshino, H., Minamoto, T., Yaoi, K., Osaka, M., & Osaka, N. (2014). Coactivation of the default mode network regions and working memory network regions during task preparation. *Scientific Reports*, *4*, 5954–5954. <http://doi.org/10.1038/srep05954>
- Kraft, I., Balardin, J. B., Sato, J. R., Sommer, J., Tobo, P., Barrichello, C., Amaro, E., & Kozasa, E. H. (2019). Quality of life is related to the functional connectivity of the default mode network at rest. *Brain Imaging and Behavior*, *13*(5), 1418–1426. <http://doi.org/10.1007/s11682-018-9954-5>

- Larouche, E., Hudon, C., & Goulet, S. (2015). Potential benefits of mindfulness-based interventions in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: An interdisciplinary perspective. *Behavioural Brain Research, 276*, 199–212. <http://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.05.058>
- Laufs, H., Krakow, K., Sterzer, P., Eger, E., Beyerle, A., Salek-Haddadi, A., & Kleinschmidt, A. (2003). Electroencephalographic signatures of attentional and cognitive default modes in spontaneous brain activity fluctuations at rest. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 100*(19), 11053–11058. <http://doi.org/10.1073/pnas.1831638100>
- Lazar, S. W., Kerr, C. E., Wasserman, R. H., Gray, J. R., Greve, D. N., Treadway, M. T., McGarvey, M., Quinn, B. T., Dusek, J. A., & Benson, H. (2005). Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *Neuroreport, 16*(17), 1893–1897. <http://doi.org/10.1097/01.wnr.0000186598.66243.19>
- Lee, D., Kang, D.-H., Ha, N.-H., Oh, C.-Y., Lee, U., & Kang, S. W. (2018). Effects of an online mind-body training program on the default mode network: An EEG functional connectivity study. *Scientific Reports, 8*(1), Article 16935. <http://doi.org/10.1038/s41598-018-34947-x>
- Lim, J., Teng, J., Patanaik, A., Tandi, J., & Massar, S. A. A. (2018). Dynamic functional connectivity markers of objective trait mindfulness. *Neuroimage, 176*, 193–202. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.04.056>
- Lin, Y., Callahan, C. P., & Moser, J. S. (2018). A mind full of self: Self-referential processing as a mechanism underlying the therapeutic effects of mindfulness training on internalizing disorders. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 92*, 172–186. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.06.007>
- Lomas, T., Ivtzan, I., & Fu, C. H. (2015). A systematic review of the neurophysiology of mindfulness on EEG oscillations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 57*, 401–410. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.09.018>
- Lutz, A., Greischar, L. L., Rawlings, N. B., Ricard, M., & Davidson, R. J. (2004). Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 101*(46), 16369–16373. <http://doi.org/10.1073/pnas.0407401101>
- Lutz, A., Slagter, H. A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2008). Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends in Cognitive Sciences, 12*(4), 163–169. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.005>
- Meyer, M. L., & Lieberman, M. D. (2018). Why people are always thinking about themselves: Medial prefrontal cortex activity during rest primes self-referential processing. *Journal of Cognitive Neuroscience, 30*(5), 714–721. http://doi.org/10.1162/jocn_a_01232

- Monti, D. A., Kash, K. M., Kunkel, E. J., Brainard, G., Wintering, N., Moss, A. S., Rao, H., Zhu, S., & Newberg, A. B. (2012). Changes in cerebral blood flow and anxiety associated with an 8-week mindfulness programme in women with breast cancer. *Stress and Health, 28*(5), 397–407. <http://doi.org/10.1002/smi.2470>
- Mooneyham, B. W., & Schooler, J. W. (2013). The costs and benefits of mind-wandering: A review. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale, 67*(1), 11–18. <http://doi.org/10.1037/a0031569>
- Mrazek, M. D., Franklin, M. S., Phillips, D. T., Baird, B., & Schooler, J. W. (2013). Mindfulness training improves working memory capacity and GRE performance while reducing mind wandering. *Psychological Science, 24*(5), 776–781. <http://doi.org/10.1177/0956797612459659>
- Öngür, D., Lundy, M., Greenhouse, I., Shinn, A. K., Menon, V., Cohen, B. M., & Renshaw, P. F. (2010). Default mode network abnormalities in bipolar disorder and schizophrenia. *Psychiatry Research: Neuroimaging, 183*(1), 59–68. <http://doi.org/10.1016/j.psychresns.2010.04.008>
- Raichle, M. E. (2010). The brain's dark energy. *Scientific American, 302*(3), 44–49. <http://doi.org/10.1126/science.1134405>
- Raichle, M. E. (2015). The brain's default mode network. *Annual review of neuroscience, 38*, 433–447. <http://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071013-014030>
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A., & Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 98*(2), 676–682. <http://doi.org/10.1073/pnas.98.2.676>
- Raichle, M. E., & Mintun, M. A. (2006). Brain work and brain imaging. *Annual review of neuroscience, 29*, 449–476. <http://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.112819>
- Russell, T. A., & Arcuri, S. M. (2015). A neurophysiological and neuropsychological consideration of mindful movement: Clinical and research implications. *Frontiers in human neuroscience, 9*, Article 282. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00282>
- Sanger, K. L., & Dorjee, D. (2016). Mindfulness training with adolescents enhances metacognition and the inhibition of irrelevant stimuli: Evidence from event-related brain potentials. *Trends in Neuroscience and Education, 5*(1), 1–11. <http://doi.org/10.1016/j.tine.2016.01.001>
- Sanger, K. L., Thierry, G., & Dorjee, D. (2018). Effects of school-based mindfulness training on emotion processing and well-being in adolescents: Evidence from event-related potentials. *Developmental Science, 21*(5), e12646. <http://doi.org/10.1111/desc.12646>
- Scheeringa, R., Bastiaansen, M. C., Petersson, K. M., Oostenveld, R., Norris, D. G., & Hagoort, P. (2008). Frontal theta EEG activity correlates negatively with the default mode network in resting state.

International Journal of Psychophysiology, 67(3), 242–251. <http://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.05.017>

- Scheibner, H. J., Bogler, C., Gleich, T., Haynes, J. D., & BERPohl, F. (2017). Internal and external attention and the default mode network. *Neuroimage*, 148, 381–389. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.01.044>
- Seli, P., Kane, M. J., Smallwood, J., Schacter, D. L., Maillet, D., Schooler, J. W., & Smilek, D. (2018). Mind-wandering as a natural kind: A family-resemblances view. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(6), 479–490. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2018.03.010>
- Shaurya Prakash, R., De Leon, A. A., Klatt, M., Malarkey, W., & Patterson, B. (2013). Mindfulness disposition and default-mode network connectivity in older adults. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(1), 112–117. <http://doi.org/10.1093/scan/nss115>
- Smith, V., Mitchell, D. J., & Duncan, J. (2018). Role of the default mode network in cognitive transitions. *Cerebral Cortex*, 28(10), 3685–3696. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhy167>
- Sonuga-Barke, E. J., & Castellanos, F. X. (2007). Spontaneous attentional fluctuations in impaired states and pathological conditions: A neurobiological hypothesis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 31(7), 977–986. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2007.02.005>
- Sours, C., Zhuo, J., Janowich, J., Aarabi, B., Shanmuganathan, K., & Gullapalli, R. P. (2013). Default mode network interference in mild traumatic brain injury—A pilot resting state study. *Brain Research*, 1537, 201–215. <http://doi.org/10.1016/j.brainres.2013.08.034>
- Tang, Y. Y., Hölzel, B. K., & Posner, M. I. (2015). The neuroscience of mindfulness meditation. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(4), 213–225. <http://doi.org/10.1038/nrn3916>
- Taylor, V. A., Daneault, V., Grant, J., Scavone, G., Breton, E., Roffe-Vidal, S., Courtemanche, J., Lavarenne, A. S., Marrelec, G., Benali, H., & Beauregard, M. (2013). Impact of meditation training on the default mode network during a restful state. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(1), 4–14. <http://doi.org/10.1093/scan/nsr087>
- Thatcher, R. W., North, D. M., & Biver, C. J. (2014). LORETA EEG phase reset of the default mode network. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 529. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00529>
- Tomasino, B., & Fabbro, F. (2016). Increases in the right dorsolateral prefrontal cortex and decreases the rostral prefrontal cortex activation after-8 weeks of focused attention based mindfulness meditation. *Brain and Cognition*, 102, 46–54. <http://doi.org/10.1016/j.bandc.2015.12.004>
- Tomlinson, E. R., Yousaf, O., Vittersø, A. D., & Jones, L. (2018). Dispositional mindfulness and psychological health: A systematic review. *Mindfulness*, 9(1), 23–43. <http://doi.org/10.1007/s12671-017-0762-6>

- Utevsky, A. V., Smith, D. V., & Huettel, S. A. (2014). Precuneus is a functional core of the default-mode network. *The Journal of Neuroscience*, *34*(3), 932–940. <http://doi.org/10.1523/jneurosci.4227-13.2014>
- Van Dam, N. T., van Vugt, M. K., Vago, D. R., Schmalzl, L., Saron, C. D., Olendzki, A., Meissner, T., Lazar, S. W., Kerr, C. E., & Gorchov, J. (2018). Mind the hype: A critical evaluation and prescriptive agenda for research on mindfulness and meditation. *Perspectives on Psychological Science*, *13*(1), 36–61.
- van den Heuvel, M. P., & Hulshoff Pol, H. E. (2010). Exploring the brain network: A review on resting-state fMRI functional connectivity. *European Neuropsychopharmacology*, *20*(8), 519–534. <http://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2010.03.008>
- van der Velden, A. M., Kuyken, W., Wattar, U., Crane, C., Pallesen, K. J., Dahlgaard, J., Fjorback, L. O., & Piet, J. (2015). A systematic review of mechanisms of change in mindfulness-based cognitive therapy in the treatment of recurrent major depressive disorder. *Clinical Psychology Review*, *37*, 26–39. <http://doi.org/10.1016/j.cpr.2015.02.001>
- Vignaud, P., Donde, C., Sadki, T., Poulet, E., & Brunelin, J. (2018). Neural effects of mindfulness-based interventions on patients with major depressive disorder: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *88*, 98–105. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.03.004>
- Wang, C., Hu, Y., Weng, J., Chen, F., & Liu, H. (2020). Modular segregation of task-dependent brain networks contributes to the development of executive function in children. *Neuroimage*, *206*, 116334. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116334>
- Wang, X., Xu, M., Song, Y., Li, X., Zhen, Z., Yang, Z., & Liu, J. (2014). The network property of the thalamus in the default mode network is correlated with trait mindfulness. *Neuroscience*, *278*, 291–301. <http://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.08.006>
- Wells, R. E., Yeh, G. Y., Kerr, C. E., Wolkin, J., Davis, R. B., Tan, Y., Spaeth, R., Wall, R. B., Walsh, J., Kaptchuk, T. J., Press, D., Phillips, R. S., & Kong, J. (2013). Meditation's impact on default mode network and hippocampus in mild cognitive impairment: A pilot study. *Neuroscience Letters*, *556*, 15–19. <http://doi.org/10.1016/j.neulet.2013.10.001>
- Xue, S.-W., Tang, Y.-Y., Tang, R., & Posner, M. I. (2014). Short-term meditation induces changes in brain resting EEG theta networks. *Brain and Cognition*, *87*, 1–6. <http://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.02.008>
- Zeidan, F., Salomons, T., Farris, S. R., Emerson, N. M., Neal, A. A., Jung, Y., & Coghill, R. C. (2018). Neural mechanisms supporting the relationship between dispositional mindfulness and pain. *Pain*, *159*(12), 2477–2485. <http://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001344>

airiti

收稿日期：2020年01月21日

一稿修訂日期：2020年01月21日

二稿修訂日期：2020年03月18日

三稿修訂日期：2020年04月21日

接受刊登日期：2020年04月22日

Mindfulness, Mindfulness Training and Mental Health from the Perspective of Default Mode Network

Jui-Ti Nien Chih-Han Wu

Graduate Institute of Athletics and Coaching Science
National Taiwan Sport University

Tsung-Yi Wu

Department of Combat Sport
National Taiwan University of Sport

Kao-Teng Yang

Graduate Institute of Athletics and Coaching Science
National Taiwan Sport University

Yu-Hsiang Nien

Department of Sport Performing Arts
University of Taipei

Yu-Kai Chang

Department of Physical Education
Institute for Research Excellence in Learning Science
National Taiwan Normal University

Dispositional mindfulness has been defined as a focused mental process achieved through intentionally focusing on aspects of the self and being non-judgmental while connecting to one's present moment of experience. Dispositional mindfulness has been linked to mental health outcomes such as stress, emotion, rumination, and executive function. More information on the effectiveness of current mindfulness-based interventions may have indicated improved mental health outcomes owing to attentional control, emotional regulation, and heightened self-awareness. Designs of previous clinical studies have demonstrated an amelioration of psychiatric symptoms through exposure to mindfulness training. Furthermore, they have indicated that the effects of mindfulness training are noticeable, such as changing the structure and functions of the brain. Evidence for the benefits of dispositional mindfulness or mindfulness training has been illustrated in relation to the neurophysiological mechanisms underlying the brain.

Recently, imaging and neuroelectric studies targeting mindfulness conditions have been employed to investigate the potential neuroscience mechanisms associated with mindfulness. The accumulating evidence suggests that mindfulness is associated with brain activation and connectivity. The default mode network (DMN) is a relative new discovery among brain networks that provides a viewpoint useful for discussing operations of brain functions and networks. DMN helps us understand the individual processes of internal psychological states, cognition, the causes of mental diseases, and behavioral affected performance. The DMN is a set of brain regions including the medial prefrontal cortex (mPFC), posterior cingulate cortex

(PCC), and precuneal cortices. These regions are those typically deactivated regions during cognitively demanding tasks. Conversely, the increase of activity among these brain regions reflects the individual's mental states as mind wandering and experiencing thoughts unrelated to the current task. The available evidence indicates the important role of DMN in daily life. This is because of DMN involving self-referential mental activity and manifesting experience with prior recalls, associated with psychiatric diseases and negative mental states.

Specifically, few studies have explored the effects of mindfulness on the DMN. However, studies have yet to specify the characteristics of mindfulness training that benefit brain outcomes. This review investigates the manner in which neuroscience mechanisms of mindfulness are based on the perspectives of DMN to determine whether dispositional mindfulness or mindfulness training is consequential to the brain functions. The functional magnetic resonance imaging (fMRI) technology appears to be most suitable for observing functional connectivity in the DMN. Furthermore, electroencephalography (EEG) explores functional connectivity in the DMN and can complement the limitations of temporal resolution in an fMRI. Consequently, we focused on cross-sectional, longitudinal, and interventional empirical studies using an fMRI and an EEG to further understand the relation between mindfulness and mental health and their influence on brain mechanisms. The literature reviews were carried out in the following way: The first section briefly describes the definition of mindfulness and DMN, then introduces the recent trends of researchers. The second section reports cross-sectional, longitudinal, and interventional empirical studies. Finally, the third section summarizes information regarding the relations between mindfulness and DMN, explores the potential contributions of how mindfulness may apply to an educational context, and offers recommendations for future research directions.

We searched in the official home pages of the PubMed database using keyword search terms “mindfulness,” “meditation,” “default mode network,” “mind wandering,” “fMRI” or “EEG.” Titles and abstracts were selected for initial screening of articles for narrative review, whereas other studies on protocol that did not use fMRI and EEG were excluded.

The previous studies on mindfulness have indicated that dispositional mindfulness levels are associated with mental health and alternations of brain structures or functions. Mindfulness training positively impacted mental health outcomes and ameliorated the symptoms of psychiatric diseases. Diseases such as depression and Alzheimer's might be caused by inappropriate or aberrant activation of the DMN. This further leads to the internalizing of such disorders while negatively affecting mental health-related quality of life. Furthermore, fMRI studies have indicated the association between dispositional mindfulness or mindfulness training and decreased brain function activity. These include the ventromedial prefrontal cortex (vmPFC), dorsomedial prefrontal cortex (dmPFC), PCC, and anterior cingulate cortex (ACC) for functional connectivity in the DMN region as well as increased connections between the brain network relevant to executive control or attention and the limbic system. That is, functional connections between the hippocampus and amygdala positively influenced the emotional and cognitive processing of the individual. Thus, mindfulness-based interventions contributed to greater mental health. Few studies have used EEG measurements. EEG studies have revealed that dispositional mindfulness or mindfulness training was associated with DMN network activity in the gamma and theta frequency bands. Therefore, mindfulness is associated with reduced activation of DMN.

Collectively, the effectiveness of mindfulness for mental health is affected by changes in DMN, thereby improving normal functioning of the brain and behavioral performance. In addition, mindfulness training promotes the development of DMN core regions. Dispositional mindfulness or mindfulness training may promote moving away from mind wandering driven by DMN, thereby contributing to beneficial effects on brain functions. The current evidence thus may provide information about the potential benefits of mindfulness for people with mental health issues. Thus, meaningful mindfulness training could help individuals reset their habitually interfering or automatically distracting thoughts to become capable of keeping away from

self-related ruminations and engaging in more focused awareness of the present moment. The research also proposed the potential effectiveness of mindfulness in child and adolescent development research in the field of education.

Although previous studies have indicated the roles of DMN in mindfulness and mental health, these findings must be interpreted cautiously because of conceptual and methodological issues (e.g., lower bounds on sample size, lack of active controls, limited use in measurements and methods) in recent research on mindfulness. Therefore, methodological challenges should be addressed to improve the research design. Overall, these reviews provide significant research development trends with regard to neuroscience studies on mindfulness and DMN. The evidence suggests the following research method improvements: using more rigid research designs that adopt randomized controlled trials while including adequate sample sizes and using active control groups; factoring sample generalizability that includes accumulated knowledge derived from these results, which then should be applied for investigating the emerging field of neuroscience of mindfulness in a variety of populations; measuring the effects of mindfulness training and their applications since the impact of mindfulness training will be enhanced if there are relative emphasis assessments given to different components; and improved reviews of the extant literature of mindfulness and mental health associated with DMN functional connectivity, which is still not well understood. Future studies should focus on the mediation effects of DMN on mindfulness and behavioral performance outcomes as well as DMN and its role in individual behavior performance. Importantly, current evidence remains limited due to few studies being applied to different populations. Accordingly, future research should clarify the unacknowledged effects of mindfulness training on DMN.

Keywords: mindfulness, functional magnetic resonance imaging, mind-wandering, default mode network, electroencephalography