

氣功練功中意守狀態下多導腦電相空間重構非線性分析研究

沈仲元¹ Shinlin² 竺英祺¹ 余平¹ 章其虎¹ 瞿敏紅¹

1. 上海市氣功研究所 (上海 200030)

2. 美國加州大學爾灣生物科學學院 (Irvine, CA 92697_1461)

[摘要] 目的 探討氣功意守下腦電非線性變化特點。方法 用多道動態生理記錄儀對正常人和氣功習練者進行腦電信號採樣，分析多道腦電相空間重構的相關維數 D2。結果 1，意守下 D2 都有升高；2，氣功習練者在意守下有較長時間的穩定期。討論 1，多道腦電相空間重構分析是可靠的；2，意守下較長時間的 D2 穩定期有可能反映和區別氣功態的意守能力水平

[關鍵字] 意守；相關維數(D2)；多道相空間重構；非線性

¹[中圖分類號] [文獻標識碼] [文章編號]

氣功是以自我形體活動，呼吸吐納，心理調節相結合為主要形式的身心鍛煉方法，其在養生方面的作用已經得到肯定。在氣功研究中，調身、調息、調心是氣功練功的基本技術特點，通過三調的運用和修練達到功能態已為氣功學界所肯定^{[1][2]}。因此，以三調要素為基本內容，對氣功練功達到功能態的動態過程做深入研究，是氣功研究迫切需要解決的問題，也是氣功研究的切實可行方法和重要途徑之一。

腦電 (EEG) 直接反映了大腦神經的電生理活動，不僅是臨床廣為使用的檢查方法，而且由於時間解析度高，動態變化特徵大，包含的信息量極其豐富，也是人們直接瞭解大腦功能狀態的手段，氣功研究也都把腦電作為重點內容之一。腦電的非線性動力學關聯維數研究中發現，有限的分數維不僅只來自於低維混沌系統，也來自於高維系統^[3]。在基於高維混沌學理論和方法上研究腦電圖能更大的滿足非線性估算精度，這將使腦神經系統的非線性動力學特性被進一步瞭解^{[4][5][6][7]}。為對氣功功能態客觀指標進行方法學及檢測鑒別的可行性方面探索，本工作使用高性能超小型攜帶型動態腦電記錄儀，同步採集到在意守過程中的大腦不同部位腦電資訊，採用非線性動力學關聯維數方法，用多道信號來重構相空間，進行進行高維研究和分析。本研究是氣功功能態系列研究工作內容之一。

1 資料和方法

1.1 研究物件 被試共 19 例，其中實驗組是長期練功並能很好運用三調者 8 名，對照組是未練功者 11 名。年齡 25-70 歲。

1.2 實驗方法 儀器採用美國 PI 公司生產的 16 道動態腦電生理記錄儀，腦電電極部位根據國際 10-20 % 標準安放，分別為 FP1, FP2, T3, T4, P5, P6, O1, O2。同時記錄一道心電和呼吸。根據測試內容預先錄製好帶有指導語的 CD 光碟，實驗組和對照組在 CD 光碟的播放過程中根據指導語和測試內容進行測試，其中第四單元是休息、連續意守丹田 15 分鐘、休息。測試時必須保證被試活動自如，無不適刺激，不影響練功，盡可能處於自然舒適狀態下採集資料。

1.3 分析方法 採用多道腦電時間序列的非線性動力學分析，把 8 導聯作為嵌入維數，重組相空間，利用優化的 GP 演算法，進行高維特徵刻劃。步驟如下：①剔除腦電偽迹後，由 8 導腦電得到 8 維嵌入空間；②對給定的距離 r 計算相關積分 $C(r)$ ；③對不同距離的 r 計算相關積分 $C(r)$ ，得 $\ln C(r)$ vs. $\ln(r)$ 曲線；④找出該曲線的擬合直線的斜率即為相關維數 D2。

2 結果

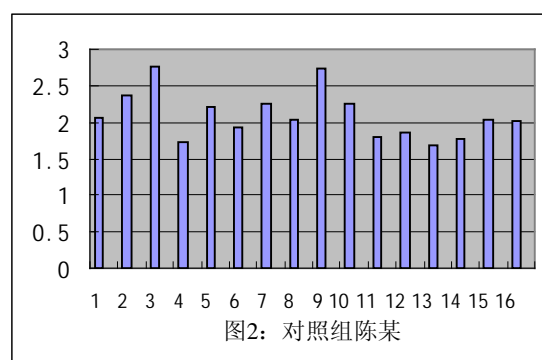
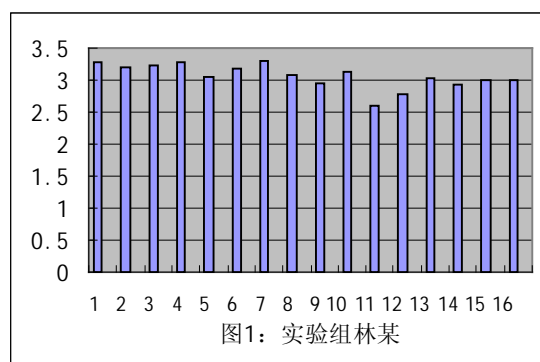
大部分被試 D2 在意守開始期間比休息時都有增高，增高的幅度在 10-30% 之間，練功組 D2 值升高 0.33 ± 0.03 ，對照組 D2 值升高 0.30 ± 0.04 ，練功組與對照組無明顯差異。因此結果表明，在意守時（或意念集中時）D2 明顯增高。

練功組中在意守期間有 6 名出現離散度很小 ($< 5\%$)，持續超過 10-12 分鐘以上的（總意守時間

[基金项目] 上海市科委科研基金資助項目 (054119636)

[作者簡介] 沈仲元 (1951-)，男，上海人，副研究員，主要從事電生理、神經生理和腦功能研究。

15分鐘)曲線段。而對照組大部分離散度較大,很少出現離散度小(<5%)持續超過6分鐘以上曲線段。因此結果表明,長期練功者能夠在意守期間較長時的維持在一個相對高的D2狀態,能長時間和自我意念控制注意力高度集中。見圖1、2。



注: 1, 橫軸代表意守的時間(分鐘) 2, 縱軸代表 D2 值

3 討論

目前人們普遍認為大腦是一個非線性,時變,非因果的有源系統,大腦神經元活動和 EEG 信號均具有非線性動力學特徵,因此,運用混沌與分形理論等非線性動力學原理和方法來研究分析大腦的功能活動狀態,對 EEG 信號進行提取和分析,為更深入地研究大腦活動地過程和特徵開闢了新的途徑和成為大腦功能研究的新熱點^{[8][9][10]}。關聯維數作為非線性分析是最常用和最成熟的方法之一。而 EEG 的高維特性更可以解釋為信號的非靜態、非線性的確定性震蕩與隨機性的結合,這是非線性連接的神經元網所表現出的整體特性。

鑒於腦電的高維特性,用經典混沌理論去分析腦電,其中新的思路之一就是多通道相空間重構。在 EEG 非線性動力學關聯維數研究中,目前常用的 Tankens 時間延遲嵌入重構空間法是用單通導記錄的 EEG 資料重建多維的 EEG 吸引子,反映了系統的時間相關性^[11]。但單變數反映了時空混沌的局部特性,而多變數則可反映大腦總體的混沌動力學,更能反映大腦動力學系統的全貌。為了從時間和空間兩方面反映系統的特徵,Eckmann 和 Ruelle 等一些研究者提出的多通道 EEG 重構(多變數嵌入)則同時反映出其空間相關性。並且多通道重構法在應用於含雜訊的時間序列時能夠避免諸如時間延遲等參數的選擇或嵌入維數較高時的系統誤差等困難^{[12][13][14][15]}。腦電本身就是記錄頭皮不同位置的多導信號,採用多導方法,將腦電記錄電極的每一導作為嵌入空間的一維得到相應空間,能提供更可靠的結果。Dvorak 等人應用此方法進行腦電實驗研究並取得了令人鼓舞的結果^[8]。國內學者在這方面做了大量的研究也證實了這一點^{[11][16][17]}。

本研究結果證實了採用多導腦電進行相空間重構非線性分析是可靠的。研究已經發現:在關聯維數上,大腦認知活動時比安靜時高,睜眼時比閉眼時高,清醒時比睡眠時高,睡眠淺比睡眠深高。^{[8][5]} 這與以往的相應研究結果時一致的。調心就是調定心意,也就是意念的鍛煉。它是指在練功中把注意力集中到身體上來,或某些選定的部位,或集中在某一事物;不斷的去排除雜念,使能安靜地、按要求去進行練功,從而去體會身體各方面的情況;有意識地繼續加以調整,使之有利於發揮意識的能動作用,以更好地收到練功的效果。因此,意守是調心的一種不斷加強的自我反饋認知活動,在意守時 D2 會明顯增高。

長期練功者能夠在意守期間較長時的維持在一個相對高的 D2 狀態,有可能說明或客觀反映練功者長期練功訓練對自我意念控制的能力增強作用和長時間注意力高度集中能力增強作用。長期以來,對練功者的習練水平,長期練功的效應,意念控制的能力,是否意守住,是否進入功能態等很難找到客觀指標或有效鑒別區分指標,該結果有可能在對這方面的研究作出有益幫助。

參考文獻:

- [1] 國家體育總局健身氣功管理中心. 健身氣功[M]. 北京: 人民體育出版社, 2003:7.
- [2] 黃健, 朱慧勤, 余平, 等. 簡明氣功辭典[M]. 上海: 上海科學技術出版社, 2000.
- [3] Jing H, Takigawa M. Low sampling rate induces high correlation dimension on electroencephalograms from health subjects [J]. *Psychiatry Clin Neurosci*(2000),54,407-412.
- [4] Osborne AR, Provenzale A. Finite correlation dimension for stochastic system with power-law spectra[J]. *Physica D*, 1989,35:357-381.
- [5] Rapp PE, Albano AM, Schmah TI, et al. Finite noise can mimic low-dimensional chaotic attractors[J]. *Phys Rev E*, 1993, 47:2289-2297.
- [6] 鄭崇勳, 裴曉梅, 徐進. 腦神經功能資訊研究進展 中國醫療器械雜誌 2006, 6 (6), 399-406.
- [7] 宋瑩, 田心. 腦電的非線性動力學高維特性及研究現狀與展望. 國外醫學生物醫學工程分冊, 2000, 23(4):198-201.
- [8] Christian Jeleazcov, MD, Jorg Fechner, MD, and Helmut Schwilden, MD, PhD. Electroencephalogram Monitoring During Anesthesia with Propofol And Alfentanil: The Impact of Second Order Spectral Analysis. *Anesth Analg* 2005, 100:1365-9
- [9] Bahador Bahrami, Reza Seyedsadjadi, Baktash Babadi, et al. Brain complexity increases in mania. *Clinical neuroscience and neuropathology*. 2005, 16 : 187-191.
- [10] A.V.Sidorenko, N.A.Solonvich. Electroencephalographic signals as complex nonlinear oscillations reflecting cerebral processes. *Journal of communications technology and electronics*. 2006, (51)(4):446-453.
- [11] 陳擁軍, 曾敏, 堯德中. 多導腦電信號時間序列的非線性動力學分析. 《臨床神經電生理學志》2001, 10, (1) : 28-31.
- [12] Lachaux JP, Pezard L, Garnerol, et al. Spatial extension of brain activity fools the single-channel reconstruction of EEG dynamics[J]. *Human Brain Mapping*, 1997, 5: 26-47.
- [13] Dvork I. Takens versus multichannel reconstruction in EEG correlation exponent estimates[J]. *Phys Lett A*, 1990, 151:225-33.
- [14] Jing H, Takigawa M. Low sampling rate induces high correlation dimension on electroencephalograms from health subjects [J]. *Psychiatry Clin Neurosci*(2000),54,407-412
- [15] Rombouts SARB, Keunen RWM, Stam CJ. Investigation of nonlinear structure in multichannel EEG[J]. *Phys. Lett. A*, 1995, 202:352-8.
- [16] 張慶平, 盧廣文. 癲癇多導腦電非線性分析. 第一軍醫大學學報, 2005, 25(3):345-348.
- [17] 孫衛國, 張慶平, 盧廣文. 基於多變數相空間重構法的癲癇腦電研究. 中國醫學裝備, 2005, 2(8):29-31.

Analysis and research of Nonlinear in multi-channel EEG phase-space reconstruction at “Qigong-Yishou”

Shen zhongyuan 1, Shinlin 2, Zhu yingqi 1, Yu ping 1, Zhang qihu 1, Qu minhong 1
 1. Shanghai University of Traditional Chinese medicine Institute of Qigong
 2. University of California Irvine (USA)

Abstract

Objective: To explore the characteristic of change at “Qigong-Yishou” in EEG Nonlinear
 Method: 19 normal and practitioner of “Qigong” were tested by rest-“Qigong-Yishou”- rest, recording EEG and respiration by Holter Results: 1, D2 was increased at “Yishou”. 2, Qigong practitioners had longer stable period of time at “Yishou” Conclusions: 1, The analysis of multi-channel EEG phase-space reconstruction is credible. 2, long time stable D2 at “Yishou” may reflect and distinguish the “Yishou” level of the practitioners.

Key words: “Yishou” ; Correlation dimension(D2) ; Multi-channel phase-space ; reconstruction ; Nonlinear

szy1128@hotmail.com; 021- 64395607