

# 認知症リハビリテーションにおける PET-CT による楽器演奏時の脳代謝評価 第一報: 健常者における検討

原田 雅嗣\*

## Brain metabolism evaluation accompanying the musical instrument performance by PET-CT for dementia rehabilitation The first report : Evaluation of normal volunteer brain metabolism

Masashi Harada\*

**要約** 認知症患者のリハビリテーションの一つとして音楽療法は注目されているが、その基礎的研究は十分とはいえない。今回我々は FDG-PET を用い、楽器演奏時の脳代謝の解析を試み、興味深い結果を得た。演奏により前頭葉一次運動野、後頭葉、側頭葉で代謝亢進が認められ、各々両手指、下肢の運動、視覚、聴覚刺激を反映すると考えられた。この他補足運動野、前頭前野においても代謝亢進が認められ、音楽演奏が単に機械的な操作であるのではなく、各種感覚情報の統合により緻密かつ繊細な手技を要求されるものであることを示唆した。楽器演奏は脳内の多くの部位で代謝を亢進させることが PET という画像診断において描出可能であった。

**Keywords** : 音楽療法, PET-CT, 楽器演奏, 脳代謝解析, 画像診断

### 1. はじめに

今日、脳の機能解析は PET(positron emission tomography) や MRI(magnetic resonance image), SPECT(single photon emission computed tomography)など新しい機器の発達に伴い飛躍的に向上した<sup>1-5)</sup>。また脳疾患における病巣の検索、各種病態の責任病巣の診断においても有効な成績が報告されている<sup>6-8)</sup>。このように画像診断を中心とした科学の進歩は著しく目を見張るものがある。

一方、芸術の分野においては音楽、絵画を中心に人間の感性に大きな影響を与えることは周知の事実であり、我々の日常生活においても「癒し」としての芸術の効果を享受することはしばしば経験されることである。

一見つながりの薄いと思われる「科学」と「芸術」の関係は、昨今医学の分野において注目される分野となっており<sup>9-12)</sup>、特に認知症患者の治療、リハビリテーションなどにおいて新たな戦略として活用され始めている<sup>13, 14)</sup>。

しかしながらその基礎的研究は十分とはいいがたく、

認知症患者に対する音楽療法の EBM(evidence-based medicine)確立のためには相応の研究が必要と考えられる。今回我々は FDG(18F-F deoxy glucose)-PET を用い、プロのピアニストとヴァイオリニストの安静時と演奏時の脳の代謝の解析を試み、興味深い結果を得たので報告する。

### 2. 対象と方法

FDG-PET を用い、ピアノならびにヴァイオリンのプロの演奏家の演奏前、演奏後の脳代謝の変化を画像上より検討した。対象はプロのピアニスト 10 名(男性 4 名, 女性 6 名, 平均年齢 43.7 ± 10.9; average ± standard deviation; 才)及びヴァイオリニスト 7 名(男性 1 名, 女性 6 名, 平均年齢 47.6 ± 21.0 才)である(Table 1)。

いずれも頭蓋内疾患を含め既往歴に特記すべきことのない健常者であり、1 例のヴァイオリニストを除き全例右利きであった。FDG (2.8 MBq/kg) を経静脈的に投与し、外部刺激を遮断した状態(目隠し, 耳栓着用)で 50 分間安静を保ち、その後 PET 撮影を施行、これをコントロールとした。1 週間後に同条件にて FDG を投与後、楽譜を見ながら各自の得意な曲目(ピアノあるいはヴァイオリン)を 50 分間演奏し、その後に PET 撮影を行いコントロールと比較検討した。画像解析は 3D-SSP (three-dimensional stereotactic surface projections) 法<sup>15)</sup> を用い、SUV

2012 年 9 月 26 日受付, 2013 年 4 月 30 日受理

\* 広島国際大学心理科学部臨床心理学科  
Department of Clinical Psychology, Faculty of  
Psychological Science, Hiroshima International University

**Table 1** Summary of objects; upper: pianists, lower: violinists

Case	Age / sex	Domirant hand	Accumulationpart				
			Pri.MA: Lt. / Rt.	(pre)SMA	Prefrontal area	O.L	T.L
1	32 / F	Rt.	+ / +	+	-	+	-
2	43 / F	Rt.	+ / +	-	-	+	-
3	33 / F	Rt.	+ / + (Rt>Lt)	+	+	+	-
4	55 / M	Rt.	+ / + (Rt>Lt)	+	+	+	+
5	34 / F	Rt.	+ / + (Rt>Lt)	+	+	+	+
6	43 / M	Rt.	+ / +	+	-	+	-
7	53 / F	Rt.	+ / +	+	+	+	+
8	53 / M	Rt.	+ / +	+	-	+	+
9	60 / M	Rt.	+ / +	-	+	+	+
10	31 / F	Rt.	+ / + (Rt>Lt)	+	+	+	+

Case	age / sex	Domirant hand	Accumulationpart				
			Pri.MA: Lt. / Rt.	(pre)SMA	Prefrontal area	O.L	T.L
11	32 / F	Rt.	+ / + (Rt>Lt)	+	-	+	+
12	64 / F	Lt.	+ / + (Rt>Lt)	+	-	+	+
13	25 / F	Rt.	+ / + (Rt>Lt)	-	-	+	+
14	49 / F	Rt.	+ / + (Rt>Lt)	+	-	+	+
15	62 / F	Rt.	+ / + (Rt>Lt)	+	-	+	+
16	24 / F	Rt.	+ / + (Rt>Lt)	+	-	+	+
17	77 / M	Rt.	+ / + (Rt>Lt)	+	-	+	+

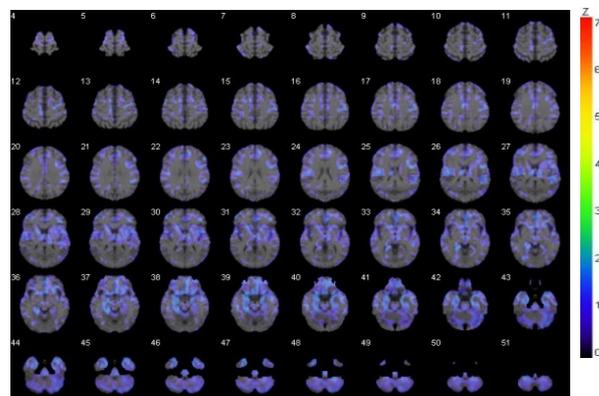
M:male, F:female, Rt:right, Lt:left, Pri.MA:primary motor area, SMA:supplementary motor area, O.L:Occipital lobe, T.L:temporal lobe

(standardized uptake value) 値により半定量化を行った。SUV 値は組織体積あたりの組織放射線能を体重あたりの投与放射能で除したもので、組織の比重を 1.0g/ml と仮定し、1ml を 1g としてピクセルの体積をグラムに換算しており、目的部位の放射能と身体全体の平均放射能の「比」として表される。3D-SSPでの画像処理は解剖学的標準化した複数の健常者のデータをノーマル・データベースとした。解剖学的標準化した被験者のデータとノーマル・データベースの平均の差をとり、ノーマル・データベースの標準偏差で除し、Z スコアで表示した。統計解析は paired T test を用いた。なお本研究はヘルシンキ宣言の方針に準じ、被験者の同意を得て施行した。

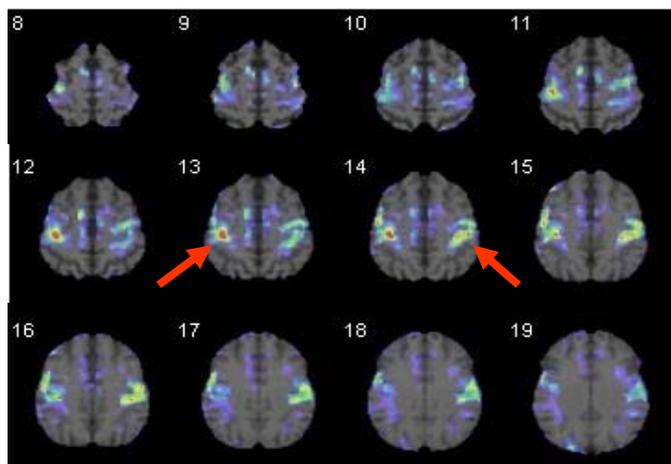
### 3. 結果

安静時の脳の活動は極めて穏やかで代謝の局所的増加は見られず、SUV 値の増加は見られなかった(Fig. 1)。17 名の被験者のいずれにも脳全体に特別な活性化部位は見られなかった。音楽演奏後はピアノ演奏、ヴァイオリン演奏のいずれにおいても左右の前頭葉の代謝が高まっているのが観察された。ピアノ演奏では左右手指の運動により 10 例中全例で、またヴァイオリン演奏でも 7 例中全例で左右前頭葉一次運動野において代謝亢進が認められた。ただしピアノ演奏者においては 10 例中 6 例におい

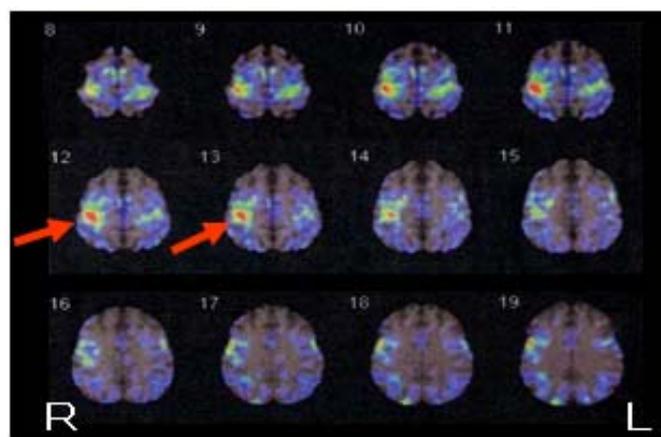
てほぼ左右同程度の代謝亢進が認められ、右優位の両側性代謝亢進が 4 例で認められた(Fig. 2)のに対し、ヴァイオリン演奏では 7 例中 7 例全例で右優位の両側性の代謝亢進が認められた(Fig. 3)。SUV 値による評価ではピアノ演奏については右前頭葉一次運動野では安静時  $9.98 \pm 0.63$ g/ml、演奏後  $12.15 \pm 1.00$  g/ml、左前頭葉一次運動野では安静時  $9.58 \pm 0.79$  g/ml、演奏後  $12.06 \pm 1.28$  g/ml で、左右いずれの前頭葉一次運動野においても演奏前安静時に比べ、有意( $P < 0.01$ )に上昇が認められた(Fig. 4)。



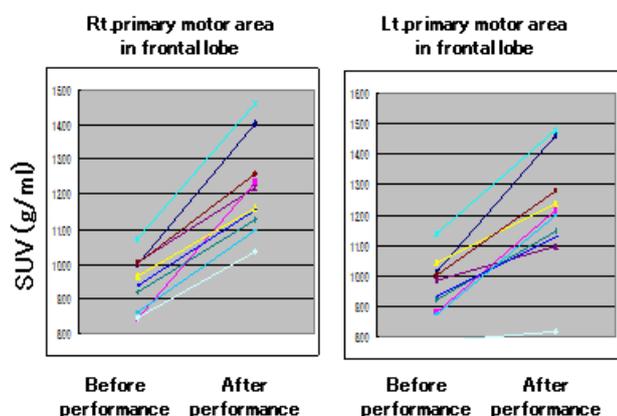
**Fig. 1** As for the brain metabolism at the time of quiet, local rise was not detected in any of 17 persons (case 14).



**Fig. 2** As for the metabolism value before and after a piano performance, the rise was accepted intentionally at the both-sides primary motor area in frontal lobe (case1).

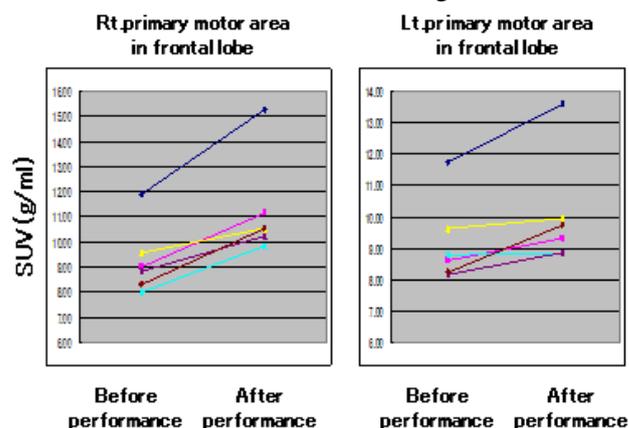


**Fig. 3** Metabolism rise was accepted by the both-sides frontal lobe primary motor area of the right predominance after a violin performance (case1).

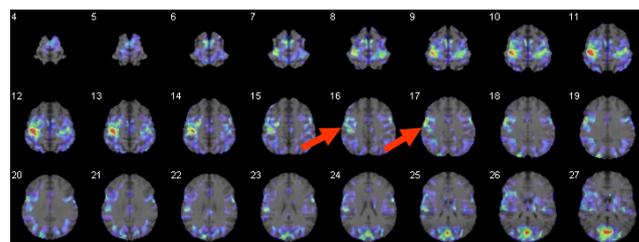


**Fig. 4** As for the SUV before and after a piano performance, the rise was accepted intentionally at the both-sides primary motor area in frontal lobe.

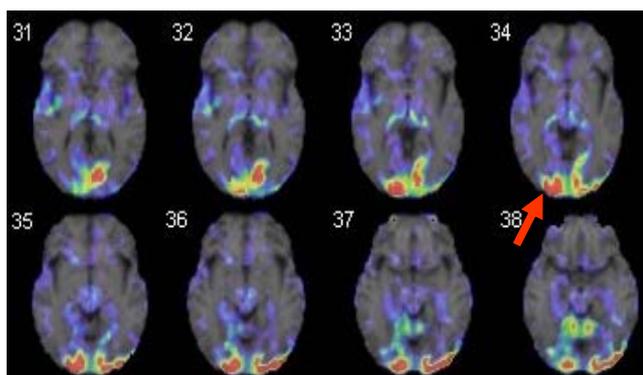
ヴァイオリン演奏時は右前頭葉一次運動野では安静時 $9.28 \pm 0.97$  g/ml, 演奏後  $11.27 \pm 1.33$  g/ml, 左前頭葉一次運動野では安静時 $9.20 \pm 0.99$  g/ml, 演奏後 $10.05 \pm 1.17$  g/ml で, 右前頭葉一次運動野で有意( $P < 0.05$ )な代謝亢進が認められ, 左前頭葉一次運動野においては有意ではない( $P = 0.186$ )ものの代謝が亢進する傾向が見られた (Fig. 5). ピアノ演奏者では 10 例中 2 例で右下肢の運動に相当する左前頭葉一次運動野の内側部での代謝亢進も認められた. ヴァイオリン演奏者では 7 例中 5 例において左右下肢の運動に相当する左右前頭葉一次運動野の内側部での代謝亢進も認められた. またピアノ演奏者の 8 例, ヴァイオリン演奏者の 6 例では一次運動野のみならず補足運動野および前補足運動野においても代謝亢進が認められた (Fig. 6). またピアノ演奏者 10 例全例, ヴァイオリン演奏者 7 例全例において視覚中枢である両側後頭葉の代謝亢進が見られた (Fig. 7). ピアノ演奏者 10 例中 6 例, ヴァイオリン演奏者 7 例中全例において聴覚中枢である側頭葉の代謝亢進も見られた (Fig. 8). さらにピアノ演奏者 10 例中 6 例において両側あるいは片側の前頭前野において代謝亢進が確認された (Fig. 9).



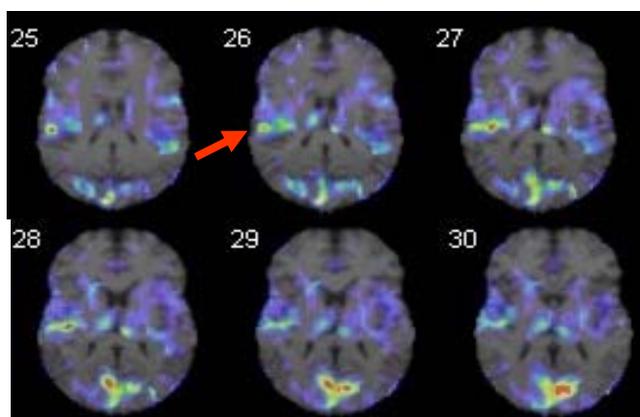
**Fig. 5** As for the SUV before and after a violin performance, the rise was accepted intentionally at the right side primary motor area in frontal lobe. Also at the left side primary motor area, the SUV tended to rise after the performance.



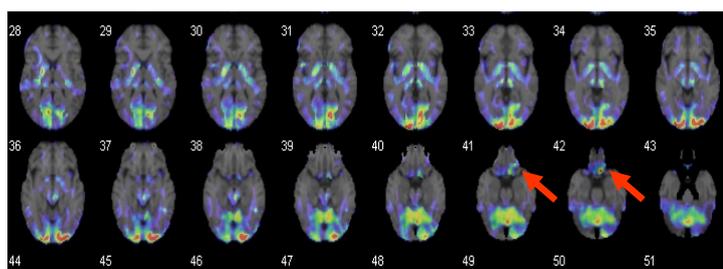
**Fig. 6** In eight examples of ten pianists, and seven examples of all violinists, metabolism rise was accepted also in the supplementary motor area and the pre-supplementary motor area after the performance (case 11).



**Fig. 7** In all pianists, and seven examples of all violinists, metabolism rise was accepted also the both-sides occipital lobe after the performance (case 14).



**Fig. 8** In six examples of all ten pianists, and seven examples of all seven violinists, metabolism rise was accepted temporal lobe after the performance (case 14).



**Fig. 9** In six examples of ten pianists, metabolism rise was accepted in the prefrontal area of both sides and one side after the performance (case 5).

#### 4. 考察

認知症患者の非薬物療法には従来の個別客観的手法である回想法や現実見当識訓練が主であったが、「person-centered care」の観点からは「患者とどのような関係を築くか」が重要となってくる。山口ら<sup>16)</sup>は脳活性化リハビリテーションの五原則として、快刺激を与えることで意欲

を高める、ほめること・認めることにより意欲を高める、双方向コミュニケーションを重視する、患者に役割を付与することにより社会参加を促す、Errorless learning で成功体験を重ねる、の五点を挙げている。音楽が健常人において「癒し」の効果を有し、精神的な安堵や満足感、幸福感を獲得し得ることは周知の事実である。「音楽療法」は前述の五原則にも合致するものであり、認知症リハビリテーションに積極的に用いられ、臨床的には有効な成績が報告されている<sup>9, 10, 13, 14)</sup>。しかしその根拠となる基礎的研究の報告は少なく、それ故音楽療法が EBM に根ざした新たな認知症リハビリテーションの治療法として確立されるには至っていない。その観点から我々は画像診断ツールとして FDG-PET を選択し、楽器演奏時の脳代謝を評価することにより音楽が脳代謝に与える影響について検討するに至った。

脳核医学は従来、<sup>123</sup>I-IMP、<sup>99m</sup>Tc-HMPAO、<sup>99m</sup>Tc-ECD などを用いた SPECT による脳血流イメージングが中心であったが、短寿命のポジトロン核種である <sup>11</sup>C、<sup>18</sup>F、<sup>15</sup>O などを用いた PET の開発により、脳循環代謝や神経伝達物質、受容体の画像化・定量化が可能となった<sup>5, 17, 18)</sup>。これらにより脳賦活化による高次脳機能の評価が可能となり、同領域の研究が飛躍的に進歩した。PET は従来いわゆる「がん」診断の切り札として利用され、中枢神経系においてはグリオーマ、転移性脳腫瘍など腫瘍イメージングなどに多く用いられていた<sup>6)</sup>。最近では脳核医学の進歩による情報は腫瘍性病変の他、認知症、脳虚血性疾患、変性疾患、高次脳機能障害など様々の疾患の診断・治療効果の判定などに幅広く利用されている<sup>7, 8, 19-23)</sup>。PET は他の SPECT や MRI などと比べ感度が高く定量性にも優れており、病因の解明・治療法の開発などへの応用の期待が高い。

またその定量性の工夫として SPM (statistical parametric mapping) や 3D-SSP などの方法が開発されている<sup>15)</sup>。前者は画像の位置合わせ、標準脳への合わせ込み平滑化処理、統計解析処理を各病変部位において抽出する方法であり、後者は各患者の脳画像を標準脳図譜上に変換した後、正常データベースと比較することにより病変部位を客観的かつ正確に表示する方法である。

さらに PET は脳賦活試験にも用いられる。すなわち光音、手指運動などの各種刺激による局所脳循環代謝量の変化を測定し、画像表示することにより脳の活動部位を間接的に評価する方法である。また functional MRI が即時的な検査法であるのに対し、PET は各種刺激負荷後の撮像でも代謝の客観的評価が可能であり、functional MRI で検査困難な体動を伴う負荷刺激などによる脳代謝評価にも有用である。アルツハイマー病においてシナプスの

障害による脳機能低下は神経細胞死の結果、生じる脳萎縮に先立って起こることが考えられるので、FDG-PETによる局所脳糖代謝低下の評価は、理論上MRIによる脳萎縮よりも早期診断における有用性が期待される。またレビー小体型認知症においても側頭葉から頭頂葉にかけて後連合野で脳血流と脳代謝の低下が、さらに一次視覚野に脳血流と脳代謝の低下が確認されている。今後PETはfunctional MRIとともに重要な脳活動評価法となるとともに、脳疾患に随伴する高次脳機能評価、リハビリテーションへの応用、認知症疾患の診断などに幅広く利用されることが期待される。

今回我々は健康者を対象にピアノ、ヴァイオリン演奏時の脳代謝についてPETを用いて評価・検討した。健康者において音楽演奏後はピアノ演奏でもヴァイオリン演奏でも手指の運動野である左右の前頭葉一次運動野においてFDGの集積亢進が観察された。ピアノでは両手、両指の運動で、左右の前頭葉一次運動野central knob近傍において代謝の亢進が確認された。これに対しヴァイオリンでは左指で弦を押さえるため、右優位に前頭葉一次運動野の代謝が亢進していた。ヴァイオリン演奏においては弓の操作が主でメカニカルな指運動が中心の右手の運動刺激に比べ、音色、曲想、曲の速さなどを微妙に調整する左手の運動刺激の方がより一層の代謝の亢進を惹起することが明らかとなった。またピアノ、ヴァイオリンいずれの演奏においても下肢の運動に相当する一次運動野内側部の代謝亢進も確認された。ピアノ演奏においては両下肢によるペダル操作が、またヴァイオリン演奏においては立位での演奏操作が関与しているものと考えられる。さらに手指の直接の運動を司る一次運動野のみならず、補足運動野においても代謝亢進が認められた。補足運動野は一次運動野と異なり、運動出力自体の表現のみならず、運動への準備・計画への関与が示されている<sup>24)</sup>。特に前補足運動野は動作を形成する為の感覚情報や動作に意味目的を与える情報、あるいは動作の開始の仕方、さらには時間構造を形成する為に必要な情報が表現されている。今回の研究で一次運動野の変化に加え、補足運動野においても代謝亢進が認められたことは、音楽演奏が単に機械的な操作であるのではなく、各種感覚情報の統合により緻密かつ繊細な手技を要求されるものであることを裏付けている。

また視覚中枢である両側後頭葉の代謝亢進が確認された。今回の研究において各被験者は演奏中暗譜で演奏したのではなく、それぞれ楽譜を見ながら演奏しており、視覚中枢での代謝亢進はこの刺激に起因するものと考えられる。さらに演奏中、音楽家は絶えず自分の音を聴き、音楽的な曲想を練り、ヴァイオリニストは音程の正しさに

絶えず気を配る。これにより聴覚中枢である側頭葉の代謝の亢進も見られた。

また今回の検討で注目すべきは運動野のみならず前頭前野での代謝亢進が認められた点である。アルツハイマー型認知症では11C-PIBによるアミロイドイメージングで前頭前野に強い集積が認められ、脳血管性認知症においても基底核病変と前頭前野はdiaschisisにより密接に関連があり、前頭側頭葉変性症でも同部位の変性が指摘されている。認知症疾患において前頭前野の関与は極めて大きく、リハビリテーションにおいても注目すべき領域と考えられる。楽器演奏により前頭前野の代謝賦活が確認されたことは音楽療法が同部位の活性化を促し機能回復の一助となる可能性を示唆するものと考えられる。前頭前野は五感に起因した感覚情報あるいは情動の中枢であり、下位情報処理ステーションから上位情報ステーションへ「ボトムアップ」で伝達された脳内情報を統合する。その後、これらの情報を元に統合・分析・判断して「いかに行動すべきか」が計画され、「トップダウン」形式にて「指令」がなされる場である。すなわち「ワーキングメモリー」の最高中枢として機能している<sup>13, 25)</sup>。奥村ら<sup>13)</sup>は認知音楽療法により末梢神経から中枢神経へのボトムアップの刺激を利用し認知機能の中枢である前頭前野を活性化することにより、連合刺激によるシナプスの再検を促し認知機能の学習効果を引き出す方法を報告している。彼らは認知音楽療法を含めた脳のリハビリテーションにより覚醒や認知機能などの「脳的意識」が回復してくると視床や帯状回を含めた前頭葉代謝が回復してくることをその根拠としており注目される。音楽演奏という極めて複合的な活動においては四肢の動きのみならず、視覚、聴覚、触覚の総合的な感覚統合・表出が必要であり、今回の研究でその一部がPETという画像診断において描出可能であることが確認された。

今回の検討により楽器演奏による脳代謝に対する影響のメカニズムは以下の3つの刺激により集約されると考えられる。すなわち第一に運動刺激、聴覚刺激、視覚刺激による物理的的刺激であり、これらの各刺激により前頭葉一次運動野、側頭葉、後頭葉の各部位の代謝が亢進される。第二に快刺激に通じる情動的刺激であり、この情動的刺激については大脳辺縁系、前頭前野が関与している。奥村ら<sup>13)</sup>は情動のネットワークとして大脳辺縁系から帯状回を介して前頭前野に至る回路を提唱し、ヒト前部帯状回に特異的に認められるスピンドルニューロンがいわゆる「幸福感」に深く関与することを指摘している。音楽刺激により前頭前野の代謝が亢進するメカニズムの一端に情動の活性化、幸福感の達成の関与が示唆される。そして第三に前頭前野の代謝亢進に裏付けされる認知機能シス

テムへの刺激である。特に高齢になってからピアノ演奏を始めたいわゆる「手習いの素人演奏家」ではプロの演奏家に比べ、より一層両側前頭葉の代謝が亢進すること、そして「記憶再生課題検査」における有意な改善が報告されている<sup>13)</sup>。以上の3つの刺激により脳内の複数の部位の代謝が亢進され、認知機能改善の一助となるものと考えられる。無論、認知機能の評価においては画像診断のみならず HDS-R (長谷川式簡易知能評価スケール改訂版)、MMSE (Mini-Mental State Examination) などの知的機能検査、CDR (Clinical Dementia Rating)、FAST (Functional Assessment Staging) などの観察系認知機能検査、NPI (Neuropsychiatric Inventory) などの BPSD 評価、BADS (Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome)、FAB (Frontal Assessment Battery) などの前頭葉機能検査など様々の認知機能検査が必要であり、これらを総合的かつ経時的に解析することにより、初めて正確な診断・評価が可能となると考えられる。

また音楽刺激は視床下部から記憶に関係する大脳辺縁系を經由して視床下部賦活系を同時に活性化する<sup>10)</sup>。この効果により刺激情報が意識覚醒を促し、認知性の神経回路を再活性化するとされる。生理学的には視床下部賦活系を刺激し、ノルアドレナリンやドパミンなどのモノアミン系神経伝達物質の活性による覚醒の促進とともに ACTH の分泌促進により筋緊張緩和や弛緩痲痺四肢の運動機能の回復をも促進するとされている。認知症患者においてはアセチルコリン系のみならず青斑核の神経細胞の減少に伴いカテコールアミン系の減少も認められ、レビー小体型認知症や進行性核上性痲痺などパーキンソン病関連の認知症においてはドパミン系の障害も認められることは周知の事実であり、生理学的観点からも音楽療法の効果が期待されると考えられる。

今回の第一報においては楽器演奏時の健常者における脳代謝評価を中心に報告させて頂いた。ただ評価対象が現役で活躍中のプロ演奏家であったため、比較的若年者に偏ったこと、いわゆる素人の演奏ではなく、プロの演奏者であることなどは今後の検討課題としたい。現在、我々は認知症患者のリハビリテーションにおいて楽器演奏を取り入れ、その効果を PET, MRI にて検討中である。第二報では認知症患者における演奏による認知機能改善の効果、MCI 症例に対する認知症予防効果、薬物療法・運動療法など他の認知症リハビリテーションとの併用効果などに関し、従来の認知機能評価法と比較・検討することによる評価結果について報告させて頂く予定である。音楽が身体、精神に与える影響は多大なものがあり、今後音楽療法は認知症患者において新たな機能回復・獲得に役立つ可能性が高い。より一層の基礎的なデータの集

積と臨床応用に向けた試みが大いに期待されるのである。

### 謝辞

今回の研究に際しご指導頂いた広島平和クリニック廣川裕先生、公立下蒲刈病院原田薫雄先生、広島市現代美術館原田康夫先生に深謝申し上げます。

本稿の主旨は第 2 回日本認知症予防学会(北九州)にて口演発表した。

### 文献

- 1) Green KMJ, Julyan PJ, Hastings DL, Auditory cortical activation and speech perception in cochlear implant users: Effects of implant experience and duration of deafness, *Hearing Research*, (2005), 205, 184-192
- 2) 林田孝平. (2003) PET による脳循環代謝測定, 最新脳 SPECT/PET の臨床 (西村恒彦編), 118-129, MEDICAL VIEW, 東京
- 3) 松田博史. (2010) PET, *CLINICAL NEUROSCIENCE*, 28, 561-564
- 4) Matsuzawa T, Meguro K, Ueda M, Dementia Syndrome and the Onset of Mind, *Sci. Rep. Res. Inst. Tohoku Univ* (1988), 35, 29-34
- 5) 西村恒彦. (2003) 脳核医学検査の特徴, 最新脳 SPECT/PET の臨床 (西村恒彦編), 1-7, MEDICAL VIEW, 東京
- 6) 石井 一成. (2003) FDG-PET による痴呆・脳腫瘍の診断, 最新脳 SPECT/PET の臨床 (西村恒彦編), 130-139, MEDICAL VIEW, 東京
- 7) 山内浩, 福山秀直. MCI ニューロイメージング, *日本臨床*, (2008), 66, 568-572
- 8) 山内浩, 福山秀直. 画像診断, *Current Therapy*, (2008), 26, 41-44
- 9) 野田燎. (2009) 音楽運動療法の理論と実践, 芸術と科学の出会い (金原 優編), 6-61, 医学書院, 東京
- 10) 野田燎. (2009) 音楽運動療法の基本原理とその方法, 脳は甦る (鈴木一行編), 13-42, 大修館書店, 東京
- 11) Pallesen KJ, Brattico E, Bailey CJ, Korvenoja A, Koivisto J, Gjedde A, Carlson S, Cognitive control in auditory working memory is enhanced in musicians, *PLoS One*, (2010), 15, 11120
- 12) Vuust P, Ostergaard L, Pallesen KJ, Predictive coding of music, brain responses to rhythmic incongruity, *Cortex*, (2009), 45, 80-92
- 13) 奥村 歩. (2008) 認知音楽療法のメカニズム, 音楽で脳はここまで再生する (佐々木久夫編), 171-222, 人間と歴史社, 東京。

- 14) マイケル・H・タウト. (2006) 認知リハビリテーションにおける神経学的音楽療法, リズム, 音楽, 脳(木下摂編), 165-187, 協同医書出版社, 東京
- 15) 奥直彦. (2003) 統計処理画像, 最新脳SPECT/PETの臨床(西村恒彦編), 24-31, MEDICAL VIEW, 東京
- 16) 山口晴保, 牧 陽子. (2010) 認知症のリハビリテーション, CLINICAL NEUROSCIENCE, 28, 1049-1051
- 17) 今林悦子, 山田実, 松田博史. (2005) FDG-PET 検査の正常像とピットフォール, 脳(川井弘光編), 87-100, 金原出版株式会社, 東京
- 18) 高橋英彦. (2008) 分子イメージングからみた前頭葉機能とドーパミン神経伝達, 分子精神医学, 8, 25-29
- 19) Belin P, Zilbovicius M, Chain F, (1996), Recovery from no fluent aphasia after melodic intonation therapy:A PET study, Neurology, 47, 1504-1511
- 20) Eisenberg DP, London ED, Matochik JA, (2005), Education-associated cortical glucose metabolism during sustained attention, Neuroreport, 16, 1473-1476
- 21) 井上学, 福山秀直. (2008) 脳の分子イメージング エネルギー循環代謝, 遺伝子医学MOOK, 9, 204-208
- 22) 石井賢二. (2010) SPECT, PET, CLINICAL NEUROSCIENCE, 28, 1015-1021
- 23) 水村直. (2010) SPECTとPET, BRAIN and NERVE, 62, 489-500
- 24) 丹治順, 中山義久, 山形朋子. (2010) 補足運動野と前補足運動野, CLINICAL NEUROSCIENCE, 28, 1121-1124
- 25) 船橋新太郎. (2005) 前頭前野とワーキングメモリー, CLINICAL NEUROSCIENCE, 23, 619-622