

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K20083

研究課題名（和文）PET/MRを用いたヒト運動時の四肢骨格筋および脳の代謝融合イメージング研究

研究課題名（英文）Integrated multimodal imaging of brain and muscle activities with PET/MR

研究代表者

田代 学（TASHIRO, Manabu）

東北大学・サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター・教授

研究者番号：00333477

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、PET/MR装置を運動負荷研究に適用し、骨格筋や脳において、PETによる機能情報とMRIによる解剖・形態情報および機能情報の融合を目指した。

健常被験者を対象として、主に書字課題負荷による右前腕・手部の筋活動をFDG-PET/MR装置で測定する作業を通じて、前腕および手部の細い骨格筋の活動を画像化し活動量を半定量できることが確認できた。加えて、下肢骨格筋や脳を測定対象として、代謝物濃度とブドウ糖代謝の変化の相関関係を調べた。

PET/MR装置が運動学やリハビリテーション医学の研究に十分に応用可能であることが確認でき、今後解決すべき問題点も明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

運動学研究において、脳や筋肉を対象にした研究は多面的に行われてきた。PETを用いて脳機能や筋肉の活動を画像化する研究が行われ、MRSを用いて運動時の脳や筋肉の内部で多様な代謝物の濃度がどのように変化するかを調べる研究も行われてきた。しかし、不思議なことに、PETとMRSを組み合わせた研究はほとんど行われてこなかった。この研究は、それぞれ独自の進歩を遂げてきたPETとMRSを同じ被験者を対象にして同時測定した新しい研究である。

また、「文字を書く」という日常のかつヒトに特有な動作についての個々の筋活動のイメージングに成功した点も意義深い。おそらく世界で初めての成果ではないかと考えられる。

研究成果の概要（英文）：This project aimed to apply PET/MR to exercise research of skeletal muscles and brain, conducting a muscle activity imaging study on "hand-writing" and "running" tasks, as well as a brain activity imaging study on "running" tasks.

We succeeded in confirming the usefulness of simultaneous FDG-PET/MR measurement in exercise physiology and rehabilitation medicine, by obtaining the results of muscular activities of various thin muscles in hands and forearms of healthy of human volunteers. In addition, we were able to partly confirm the usefulness of PET/MR in examining the relationship between glucose uptake (measured with PET) and metabolites changes (measured with MRS) in skeletal muscles of legs and in the brain (prefrontal cortex, motor cortex and hippocampal regions) of healthy volunteers.

In conclusion, PET/MR is useful in exercise physiology and rehabilitation medicine.

研究分野：核医学

キーワード：PET/MR 骨格筋活動 下腿 運動 ブドウ糖代謝 カルノシン 書字

1. 研究開始当初の背景

(1) [¹⁸F]fluorodeoxyglucose (FDG)をトレーサーに用いたポジトロン断層測定(FDG-PET)を通じて、骨格筋や脳組織のブドウ糖代謝マッピングを行うことが可能である。本研究のグループは、これまでに FDG-PET を用いて健常者の全身運動時の筋活動パターンを研究し、全身の骨格筋活動マッピングを行ってきた(Tashiro et al. 1999, Fujimoto et al. 2000)。一方、核磁気共鳴法(MR)を用いれば、臓器の形態を示す解剖画像情報(MR イメージング: MRI)が得られるだけでなく、多様な組織代謝物の濃度を測定(MR スペクトロスコピー: MRS)することも可能である。そして、もとは別々の装置であった PET と MR を融合した「PET/MR 装置」を用いることで様々な可能性が期待できる。その最大のメリットの一つは、被験者が同じ姿勢のまま PET と MR の測定を同時に実施できることである。PET による「機能情報」および MR による「解剖・形態情報」または「機能情報」の融合が可能となる。

本研究では、本邦に初めて設置された臨床用 PET/MR 装置(福島県立医科大学)を用いて、以下の目標を設定して挑戦した。一つの目標は、精緻な部位の筋活動の PET/MR 同時測定を行って、解剖学的に複雑な身体部位の機能情報と解剖・形態情報の融合を目指すことである。もう一つの目標は、PET による機能情報(ブドウ糖代謝データ)と MRS による多様な代謝物・生理活性物質の濃度情報の融合を試みることである。本研究では、これらの検討を骨格筋および脳において行うことを計画した。

(2) 前腕～手部の骨格筋活動など、個々の筋が細く薄い部位のイメージングはそれ自体が新しい挑戦的な研究テーマとなりうる。本研究のグループは、以前、前腕～手部の骨格筋活動の可視化に挑戦して可視化には成功したものの(挑戦的萌芽研究: H25～27) PET と MRI 測定を別々に行ったため、固定具を用いても指のわずかなずれを制御しきれず大きな誤差要因となっていた。そのため、正確な測定のためには「同時収集」が可能な PET/MR 融合型装置を用いることが重要と考えられていた。手指を動かす前腕～手部の骨格筋は幅も厚さも数 mm 程度であるが、PET 装置の空間分解能(解像度)も 4～5 mm であるため、一般的には解像度が不十分と考えられて筋活動の可視化を試みた例はほとんどなかった。一方、事故や疾患等により緻密な手作業(書字作業を含む)が困難な患者は世界中に多くみられ、リハビリテーション医学上のニーズも高いと考えられた。いわゆる「手作業」の際の手指の動きを解析するために、手指の関節に小型センサーを取り付けるような医工学的手法も試されてはきたが、手指の運動の基本単位となる個々の骨格筋の活動の可視化は筋電図を用いても困難であった。本研究では、前腕～手骨格筋の活動を PET/MR で測定して、前腕～手部の正確な機能解剖アトラスを作成できれば、バイオメカニクス分野における画期的データとなることが期待されており、リハビリテーション医学、障害者教育、ロボット工学の現場などにおいても有用なデータと期待されていた。

(3) もう一つの研究テーマとして、PET による機能情報(ブドウ糖代謝データ)と MRS による多様な代謝物・生理活性物質の濃度情報の統合研究は新しい領域の開拓につながる可能性をもっていた。前述のとおり本研究のグループは FDG-PET を用いて全身運動時の筋活動パターンを研究してきたが、FDG-PET で測定された代謝値は同じ被験者でも筋の種類によって(安静時でも運動時でも)異なることが観察されていた。一般論的には、糖代謝値の関係性は「速筋<遅筋」とする基礎研究があり、筋組成(速筋/遅筋の割合)の違いが一因ではないかと推測されてはいたが、その関係性を臨床的に十分に検証した研究はなかった。近年、MRS で測定したカルノシン濃度から速筋/遅筋の割合を推定する方法が開発された(Baguet et al. 2011)。このことから、PET/MR を用いて筋組成(MRS で測定)と筋糖代謝(FDG-PET で測定)のデータを同一被験者から収集すれば、両者の関係性を解明できるのではないかと期待されていた。

(4) 加えて、本研究のグループは、ヒトの全身運動負荷時に運動野や感覚系領野の糖代謝が一過性に亢進し、前頭葉皮質の糖代謝が一過性に低下することを初めて示した(Tashiro M et al. 2001)。その機序と意義をめぐってスポーツ心理学上の議論も惹起されたが、その結論はまだ出ておらず、PET/MR による脳糖代謝と脳内代謝物の同時測定により、運動が脳に与える急性効果の機序の一部が解明できる可能性があると考えられていた。

2. 研究の目的

本研究の目的を以下にまとめる。

(1) **前腕～手部の骨格筋の運動負荷イメージング**: 臨床用融合型 PET/MR 装置の研究対象を拡張し、精緻で複雑な機能解剖をもつ前腕～手部の筋活動の PET/MR 測定を行って、「手の動き」に関する筋活動マッピングを実施し、リハビリテーション医学の役に立つ基礎データを収集することを目的とした。

(2) **骨格筋のブドウ糖取り込みと筋組成の関係の研究**: 骨格筋研究では、同一被験者を対象にして、安静時と運動時の PET/MR 同時測定を実施して、MRS で速筋/遅筋割合を推定し、PET で糖代謝値を求め、それらの情報を統合しつつ相関関係を検討し、筋組成と糖消費の関係を検証することを目的とした。まずは、日本人被験者においてカルノシン濃度の測定データに基づいて速筋/遅筋割合を推定する方法の再現性を確認することを目指す。

(3) **脳のブドウ糖取り込みと脳内代謝物濃度関係の研究**: 脳研究においても、安静時と運動負荷時の PET/MR 同時測定を実施することを目的とした。脳糖代謝(PET)と脳内代謝物濃度(MRS)の測定を行い、個々の測定値の関係を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 前腕～手部の骨格筋の運動負荷イメージング

健康者 10 名を対象として、福島県立医科大学に設置されている同時収集型 PET/MR 装置(シーメンス社製 Biograph mMR)を用いて測定を行った。被験者に約 40 MBq (約 1 mCi)の FDG を経静脈投与し、30 分間の負荷課題として「指タッピング課題」(6 名)または「書字課題」(4 名)を課し、FDG 投与から 35 分後に測定を開始した。PET 画像と MR 画像の完全な fusion が実現した状態で、MRI 画像を参照画像として細い個々の骨格筋を特定しながら、PET 画像上の FDG 集積値を反映する standardized uptake value (SUV)の値を筋活動の指標として検討を行った。

(2) 骨格筋のブドウ糖取り込みと筋組成の関係の研究

運動習慣のある若年者 5 名を対象として安静時と運動負荷時の骨格筋の PET/MR 測定を行った。被験者に約 40 MBq (約 1 mCi)の FDG を投与し、下腿部の骨格筋の糖代謝を FDG-PET で測定した。PET では FDG 投与後から 35 分間は運動負荷(または安静条件)を行い、40 分後に測定を開始した。同時平行で MRI による解剖画像撮影と MRS による筋代謝物測定を実施した。MRS 測定では、下腿部の腓腹筋とヒラメ筋を対象として、筋細胞内脂質(IMCL)、筋細胞外脂質(EMCL)、クレアチン(Cr)、カルノシン等の測定を行った。各骨格筋のカルノシン濃度からは筋組成(速筋/遅筋割合)の推定を行い、PET 測定によるブドウ糖代謝値との相関関係を検討することを目指した。カルノシン濃度測定においては PRESS 法を用い、1%NaCl に 20mM カルノシンを溶解したものを基準ファントムとし、測定対象の筋肉に関心領域(VOI)を設定して測定した。MRS データは温度補正と飽和補正を行った後、定量解析ソフトウェアである LC Model で 7.1 ppm および 8.0 ppm に出るピークの解析を行い、カルノシン濃度を定量した。結果から Baguet らの方法を利用して速筋の割合を推定し、各筋の速筋割合と PET による糖代謝値の相関について検討し、安静時の両者の関係を考察した。

(3) 脳のブドウ糖取り込みと脳内代謝物濃度関係の研究

運動習慣のある若年者 5 名を対象として安静時と運動負荷時の脳の PET/MR 測定を行った。被験者に約 40 MBq (約 1 mCi)の FDG を投与し、脳の糖代謝を FDG-PET で測定した。PET では FDG 投与後から 35 分間は運動負荷(または安静条件)を行い、40 分後に測定を開始した。同時平行で MRI による脳の解剖画像撮影と MRS による脳代謝物測定を実施した。MRS 測定では、前頭前野、運動野、海馬領野を対象として、一般的な脳の代謝物の測定を行った。安静時の脳代謝物濃度を基準とした場合の運動時の増加率を計算して評価した。脳内各領域におけるブドウ糖代謝の変化と脳代謝物濃度の変化の相関を検討することを目指した。

4. 研究成果

(1) 前腕～手部の骨格筋の運動負荷イメージング

6 名の健康被験者を対象として、書字課題負荷による右前腕および手部の筋活動を FDG-PET/MR 装置を用いて測定することができた。書字課題負荷条件における手部のすべての筋でブドウ糖代謝値の指標である SUV の増加が観察された。また、4 名を対象として、指タッピング課題負荷による右前腕および手部の筋活動も測定することができた。指タッピング課題では指タッピング動作に貢献する筋を明確に示すこともできた。すなわち、FDG-PET/MR の画像データで書字課題負荷時と指タッピング課題に特異的な所見が観察できることが確認できた。書字課題負荷条件において筋が収縮する際の電氣的活動を計測した筋電図データとブドウ糖代謝値との関係を検討したところ、手部筋では有意な相関が認められ、前腕の筋では有意では無いものの一定の相関関係が観察された。結果として、FDG-PET/MR が微細な筋の活動の観察に有用であることが確認できた。

(2) 骨格筋のブドウ糖取り込みと筋組成の関係の研究

5 名の被験者を対象として安静時と運動負荷時の PET/MR 測定を行い、予備的検討を行った。その結果、運動負荷の方法としては「カーフレイズ」や「その場駆け足」が有意義であることを確認した。FDG-PET の所見としては、下腿三頭筋を構成する腓腹筋とヒラメ筋の双方に FDG 取り込みは見られたものの、腓腹筋 > ヒラメ筋の傾向があり、急性運動負荷において負荷が弱い時には腓腹筋のみに集積が見られる場合があることがわかった。このことから、FDG-PET によるブドウ糖代謝値の違いは、筋組成だけでなく、運動負荷の種類における各筋の役割も重要な要素であることが推察された。また、教科書的には、下腿三頭筋は一体で活動すると認識されてきたが、運動負荷の種類によっては、機能分担が存在することも示された。

MRS の所見としては、5 例中 1 例においてエラーが認められたため、4 例分のデータを用いて考察した。安静時における筋細胞内脂質(IMCL)と筋細胞外脂質(EMCL)濃度は「腓腹筋 < ヒラメ筋」、クレアチン濃度は「腓腹筋 > ヒラメ筋」、コリン濃度は「腓腹筋 < ヒラメ筋」となる傾向を示し、先行研究の傾向性と一致した(Rico-Sanz, et al. 1999)。カルノシン濃度については、予想に反して、腓腹筋とヒラメ筋との間に差は認められず、速筋/遅筋割合の比較は困難であった。水(water)濃度も両筋間で差がなかった。運動負荷後の値は、筋細胞内脂質(IMCL)、筋細胞外脂質(EMCL)、クレアチン(Cr)、コリン(Cho)濃度の全てが各筋で増加傾向を示した。カルノシン濃度は安静時と運動負荷後で変化は見られなかった。

当初の仮説では、type II fiber の割合がより高いと思われる腓腹筋のカルノシン濃度が高くなると予想していたが、腓腹筋とヒラメ筋間で差がなかったため、被験者数が少なかったこともあり、FDG-PET によるブドウ糖代謝の増加量との相関を検討するには至らなかった。カルノシン

濃度の差が観察されなかった原因としては、本研究では運動習慣があってもトップアスリートとはいえない者だったため、type II fiber があまり増加しておらず、腓腹筋とヒラメ筋の差が小さくて検出しにくかった可能性が考えられた。また、筋のカルノシン濃度に個人差が存在する可能性も考えられた。今後は症例数をさらに増やしつづ、スプリンターを対象にして測定すれば、目的を完遂できるものと期待された。

(3) 脳のブドウ糖取り込みと脳内代謝物濃度の関係の研究

5名の被験者を対象として安静時と運動負荷時のPET/MR測定を行い、脳測定に関する予備的検討を行った。FDG-PETの所見としては、脳糖代謝は運動時に前頭前野では低下傾向、運動野では増加傾向が観察されたが、海馬領域では大きな変化は観察されなかった。

MRSの所見としては、5例中1例においてエラーが認められたため、4例分のデータを用いて考察した。脳の代謝物変化は、運動時に代謝物濃度の増加または減少を示した測定項目が観察された。運動野ではGABA, inositol, lactate, N-Acetylaspartylglutamic acid (NAAG)の増加が観察された。海馬領域ではinositol, N-acetyl acetate (NAA)の増加傾向とcreatine, glycine, glutathioneの減少傾向が観察された。前頭前野では目立った変化は観察されなかった。このように脳領域によって、代謝物変化のパターンが異なっており、相応の感度で測定ができたものと推測された。

しかしながら、被験者数が少なかったこともあり、ブドウ糖代謝とMRSによる代謝物濃度の相関関係を検討するには至らず、今後のさらなる検討が必要と考えられた。今後は症例数をさらに増やして、なんらかの相関関係があるかどうかを検証することが期待される。

(4) まとめ

本萌芽研究では、PET/MR同時測定を運動負荷研究に適用し、骨格筋や脳において、PETによる機能情報とMRIによる解剖・形態情報の融合およびPETによる機能情報とMRIによる機能情報および解剖・形態情報の融合を目指した。PET/MR装置が運動学やリハビリテーション医学の研究に応用可能であることが確認できた。また、今後改善すべき問題点も明らかにすることができた。

<引用文献>

- Baguet A, Everaert I, Hespel P, Petrovic M, Achten E, Derave W. A new method for non-invasive estimation of human muscle fiber type composition. PLoS ONE. 2011;6:e21956
- Fujimoto T, Itoh M, Tashiro M, Yamaguchi K, Kubota K, Ohmori H. Glucose uptake by individual skeletal muscles during running using whole-body positron emission tomography. Eur J Appl Physiol. 2000 Nov;83(4-5):297-302.
- Rico-Sanz J, Thomas EL, Jenkinson G, Mierisová S, Iles R, Bell JD. Diversity in levels of intracellular total creatine and triglycerides in human skeletal muscles observed by 1H-MRS. J Appl Physiol. 1999 Dec;87(6):2068-72.
- Tashiro M, Fujimoto T, Itoh M, Kubota K, Fujiwara T, Miyake M, Watanuki S, Horikawa E, Sasaki H, Ido T. 18F-FDG PET imaging of muscle activity in runners. J Nucl Med. 1999 Jan;40(1):70-6.
- Tashiro M, Itoh M, Fujimoto T, Fujiwara T, Ota H, Kubota K, Higuchi M, Okamura N, Ishii K, Bereczki D, Sasaki H. 18F-FDG PET mapping of regional brain activity in runners. J Sports Med Phys Fitness. 2001 Mar;41(1):11-7.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Inomata T, Watanuki S, Odagiri H, Nambu T, Karakatsanis NA, Ito H, Watabe H, Tashiro M, Shidahara M	4. 巻 33
2. 論文標題 A systematic performance evaluation of head motion correction techniques for 3 commercial PET scanners using a reproducible experimental acquisition protocol.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ann Nucl Med.	6. 最初と最後の頁 459-470
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12149-019-01353-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Ezura M, Kikuchi A, Ishiki A, Okamura N, Hasegawa T, Harada R, Watanuki S, Funaki Y, Hiraoka K, Baba T, Sugeno N, Oshima R, Yoshida S, Kobayashi J, Kobayashi M, Tano O, Nakashima I, Mugikura S, Iwata R, Taki Y, Furukawa K, Arai H, Furumoto S, Tashiro M, Yanai K, Kudo Y, Takeda A, Aoki M.	4. 巻 26
2. 論文標題 Longitudinal changes in 18F-THK5351 positron emission tomography in corticobasal syndrome.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Eur J Neurol.	6. 最初と最後の頁 1205-1211
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/ene.13966	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nishiyama Y, Kinuya S, Kato T, Kayano D, Sato S, Tashiro M, Tatsumi M, Hashimoto T, Baba S, Hirata K, Yoshimura M, Yoneyama H.	4. 巻 33
2. 論文標題 Nuclear medicine practice in Japan: a report of the eighth nationwide survey in 2017.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ann Nucl Med.	6. 最初と最後の頁 725-732
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12149-019-01382-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakamura T, Hiraoka K, Harada R, Matsuzawa T, Ishikawa Y, Funaki Y, Yoshikawa T, Tashiro M, Yanai K, Okamura N	4. 巻 7
2. 論文標題 Brain histamine H1 receptor occupancy after oral administration of desloratadine and loratadine.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Pharmacol Res Perspect.	6. 最初と最後の頁 e00499
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/prp2.499	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Islam MS, Watanuki S, Tashiro M, Watabe H.	4. 巻 12
2. 論文標題 Error evaluation of the D-shuttle dosimeter technique in positron emission tomography study.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiol Phys Technol.	6. 最初と最後の頁 363-373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12194-019-00530-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Meguro M, Meguro K, Takahashi K, Yamaguchi S, Tashiro M.	4. 巻 20
2. 論文標題 Alzheimer's deterioration in intellectual and neurobiological staging supports the retrogenesis model: a double dissociation between verbal/non-verbal judgments and the left/right parieto-temporal glucose metabolism. A retrospective data analysis from the Tajiri Project.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Psychogeriatrics.	6. 最初と最後の頁 149-155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/psyg.12478	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Rahman M, Watabe H, Shidahara M, Watanuki S, Tashiro M, Mori T, Ito S, Ohsaki Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Renal statistical map for positron emission tomography with [0-15] water.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Am J Nucl Med Mol Imaging.	6. 最初と最後の頁 193-202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nai YH, Watanuki S, Tashiro M, Okamura N, Watabe H.	4. 巻 11
2. 論文標題 Investigation of the quantitative accuracy of low-dose amyloid and tau PET imaging.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Radiol Phys Technol.	6. 最初と最後の頁 451-459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12194-018-0485-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Islam MS, Watanuki S, Tashiro M, Watabe H.	4. 巻 45
2. 論文標題 Internal radiation dose estimation using multiple D-shuttle dosimeters for positron emission tomography (PET): A validation study using NEMA body phantom.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Med Phys.	6. 最初と最後の頁 4693-4703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mp.13124	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tanaka Y, Kanazawa M, Kano M, Tashiro M, Fukudo S.	4. 巻 13
2. 論文標題 Relationship between sympathoadrenal and pituitary-adrenal response during colorectal distention in the presence of corticotropin-releasing hormone in patients with irritable bowel syndrome and healthy controls.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLoS One	6. 最初と最後の頁 e0199698
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0199698	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ishiki A, Harada R, Kai H, Sato N, Totsune T, Tomita N, Watanuki S, Hiraoka K, Ishikawa Y, Funaki Y, Iwata R, Furumoto S, Tashiro M, Sasano H, Kitamoto T, Kudo Y, Yanai K, Furukawa K, Okamura N, Arai H.	4. 巻 6
2. 論文標題 Neuroimaging-pathological correlations of [(18)F]THK5351 PET in progressive supranuclear palsy.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acta Neuropathol Commun.	6. 最初と最後の頁 53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40478-018-0556-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yanai A, Itoh M, Hirakawa H, Yanai K, Tashiro M, Harada R, Yoshikawa A, Yamamoto S, Ohuchi N, Ishida T.	4. 巻 245
2. 論文標題 Newly-Developed Positron Emission Mammography (PEM) Device for the Detection of Small Breast Cancer.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tohoku J Exp Med.	6. 最初と最後の頁 13-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1620/tjem.245.13	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kikuchi A, Nasir FBM, Inami A, Mohsen A, Watanuki S, Miyake M, Takeda K, Koike D, Ito T, Sasakawa J, Matsuda R, Hiraoka K, Maurer M, Yanai K, Watabe H, Tashiro M.	4. 巻 33
2. 論文標題 Effects of levocetirizine and diphenhydramine on regional glucose metabolic changes and hemodynamic responses in the human prefrontal cortex during cognitive tasks.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Human Psychopharmacology.	6. 最初と最後の頁 e2655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/hup.2655.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Harada R, Ishiki A, Kai H, Sato N, Furukawa K, Furumoto S, Tago T, Tomita N, Watanuki S, Hiraoka K, Ishikawa Y, Funaki Y, Nakamura T, Yoshikawa T, Iwata R, Tashiro M, Sasano H, Kitamoto T, Yanai K, Arai H, Kudo Y, Okamura N.	4. 巻 31
2. 論文標題 Correlations of (18)F-THK5351 PET with post-mortem burden of tau and astrogliosis in Alzheimer's disease.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J Nucl Med.	6. 最初と最後の頁 563-569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2967/jnumed.117.197426.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shidahara M, Thomas BA, Okamura N, Ibaraki M, Matsubara K, Oyama S, Ishikawa Y, Watanuki S, Iwata R, Furumoto S, Tashiro M, Yanai K, Gonda K, Watabe H.	4. 巻 59
2. 論文標題 A comparison of five partial volume correction methods for Tau and Amyloid PET imaging with [(18)F]THK5351 and [(11)C]PIB.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ann Nucl Med.	6. 最初と最後の頁 671-674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12149-017-1185-0.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yanai K, Yoshikawa T, Yanai A, Nakamura T, Iida T, Leurs R, Tashiro M.	4. 巻 178
2. 論文標題 The clinical pharmacology of non-sedating antihistamines.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Pharmacol Ther.	6. 最初と最後の頁 148-156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pharmthera.2017.04.004.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Gaku Matsuzawa, Hirotaka Sano, Nobuyuki Yamamoto, Daisuke Kurokawa, Shoichi Watanuki, Manabu Tashiro, Eiji Itoi	4. 巻 49(11)
2. 論文標題 Muscle activities during shoulder internal rotation differ in arm position: a preliminary quantitative analysis using positron emission tomography	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Skeletal Radiol.	6. 最初と最後の頁 1839-1847
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00256-020-03490-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計9件(うち招待講演 2件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 田代 学、Yu-Chen Lin、久保 均、今野 大成、佐藤 文彦、中川 明美、根本 彩香、安藤 創一、Li-Chieh Kuo、伊藤 正敏、伊藤 浩.
2. 発表標題 書字課題にともなう前腕および手部の骨格筋イメージング.
3. 学会等名 第59回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田代 学、鈴木 頌也、Edmond CHEN、菊地 飛鳥、稲見 暁恵、三宅 正泰、Fairuz Mohd NASIR、平岡 宏太良、四月朔日聖一、谷内 一彦、渡部 浩司.
2. 発表標題 抗ヒスタミン薬が認知課題遂行中のエネルギー消費に与える影響: FDG-PET研究.
3. 学会等名 第59回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安藤創一、藤本敏彦、四月朔日聖一、Fairuz Nasir、平岡宏太良、武田和子、小林中、今野大成、Yuchen Lin、渡部浩司、田代学.
2. 発表標題 一過性の運動による認知パフォーマンスの向上に対する内因性ドーパミンの関与.
3. 学会等名 第74回日本体力医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nobuya Suzuki, Asuka Kikuchi, Akie Inami, Fairuz Binti Mohammadi Nasir, Attayeb Mohsen, Shoichi Watanuki, Masayasu Miyake, Kazuko Takeda, Kotaro Hiraoka, Kazuhiko Yanai, Hiroshi Watabe, Manabu Tashiro.
2. 発表標題 Effects of antihistamines on regional glucose metabolic changes in human prefrontal cortex during cognitive tasks
3. 学会等名 NEURO2019 (第42回日本神経科学大会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田代学
2. 発表標題 抗ヒスタミン薬の鎮静作用と自動車運転における安全性：脳科学からの考察
3. 学会等名 遠野市医師会学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taisei Konno, Manabu Tashiro, Toshihiko Fujimoto, Seiichi Watanuki, Fairuz Binti Mohd Nasir, Kotaro Hiraoka, YuChen Lin, Hiroshi Watabe, Ataru Kobayashi, Soichi Ando
2. 発表標題 Association between endogenous dopamine release and cognitive improvement during exercise
3. 学会等名 24th European College of Sports Science (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yu-Chen Lin, Fumihiko Sato, Xudong Duan, Hitoshi Kubo, Taisei Konno, Katsuhiko Shibuya, Toshie Sugai, Ayaka Nemoto, Chieh-Hsiang Hsu, Soichi Ando, Hiroshi Itoh, Li-Chieh Kuo, Masatoshi Itoh, Manabu Tashiro
2. 発表標題 The recognition of small skeletal muscles: Pilot studies using PET/CT, PEM and PET/MR with 18F-FDG
3. 学会等名 日本核医学会北日本地方会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tashiro M.
2. 発表標題 Status of Nuclear Medicine in Japan
3. 学会等名 Advanced Medical Imaging Physics: Egypt-Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsuura K, Ando S, Konno T, Lin Y, Takeda K, Kuo L, Nemoto A, Itoh H, Kubo H, Tashiro M.
2. 発表標題 Evaluation of small and deep muscle activities during handwriting using 18F-FDG positron emission tomography
3. 学会等名 European College of Sports Science (ECSS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

新型コロナウイルス感染症蔓延の影響により、協力施設である福島県立医科大学内での臨床研究の実施自体が停止されて、測定を翌年度に延期せざるをえなくなるような期間もあった。そうした状況により、結果的に被験者の確保も困難となり、当初の計画よりも少なめの被験者数で考察をまとめざるを得なくなったことは残念である。一方、厳しい状況下ではあったものの、協力施設にも最大限のご理解とご協力をいただき、なんとか研究課題を実施して一定の成果を出すことができた。研究分担者、連携研究者、多くの協力者、および被験者の理解と協力にも感謝する。

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	藤本 敏彦 (Fujimoto Toshihiko) (00229048)	東北大学・高度教養教育・学生支援機構・准教授 (11301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	久保 均 (Kubo Hitoshi) (00325292)	福島県立医科大学・保健科学部診療放射線科学科・教授 (21601)	
研究分担者	伊藤 浩 (Ito Hiroshi) (20360357)	福島県立医科大学・医学部放射線科・教授 (21601)	
研究分担者	渡部 浩司 (Watabe Hiroshi) (40280820)	東北大学・サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター・教授 (11301)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	安藤 創一 (Ando Soichi) (50535630)	電気通信大学・大学院情報理工学研究所・准教授 (12612)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
台湾	国立成功大学		