

氏 名 (本籍) 大 井 直 往
おお い なお ゆき

学 位 の 種 類 博 士 (医 学)

学 位 記 番 号 医 第 3 3 1 9 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 15 年 9 月 24 日

学 位 授 与 の 条 件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当

最 終 学 歴 昭 和 57 年 3 月 25 日
金 沢 大 学 医 学 部

学 位 論 文 題 目 健 常 者 お よ び 脳 卒 中 片 麻 痺 者 に お け る 平 地 歩 行 に
よ る 下 肢 筋 の 筋 活 動
— ¹⁸F-FDG PET に よ る 研 究 —

(主 査)

論 文 審 査 委 員 教 授 出 江 紳 一 教 授 永 富 良 一

教 授 福 田 寛

論文内容要旨

研究目的

健常者および脳卒中片麻痺者の平地歩行中の下肢筋活動を ^{18}F -fluoro-deoxy-glucose (^{18}F -FDG) と positron emission tomography (PET) を用いて計測し、筋電図などの手法ではわからなかった健常者の歩行時の特徴ある下肢筋活動を明らかにすること (研究1)、 ^{18}F -FDG PET による筋活動の計測を脳卒中片麻痺者に適用し、片麻痺歩行での下肢筋活動の特徴を明らかにすること (研究2) を本研究の目的とした。

(研究1)

対象と方法

17名の健康な男性を被験者とした。これらを2群に分け、1群を健常者歩行群 (11名)、別の1群を健常者安静群 (6名) とした。健常者歩行群は約37 MBq の ^{18}F -FDG を注射した直後より平地歩行路を15分間、自由な速度で歩行した。歩行30分後にPET装置にて全身撮像を行った。健常者安静群は45分間、椅子上で座位安静をとらせた後に撮像した。全対象者の骨盤帯および両下肢のMR画像を撮影し、これを用いて、PET画像上にそれぞれの下肢筋の関心領域 (ROI) をとった。ROIは、殿筋群として大殿筋・中殿筋・小殿筋に、大腿筋群として大腿直筋・内側広筋・外側広筋・中間広筋・内転筋群・内側ハムストリングス・外側ハムストリングスに、下腿筋群として前脛骨筋・後脛骨筋・腓骨筋群・腓腹筋内側頭・腓腹筋外側頭・ヒラメ筋に、足部筋群として短指屈筋・母指外転筋・小指外転筋にとった。そしてそれぞれのROIにおける放射能を測定した。また殿筋群・大腿筋群・下腿筋群・足部筋群のそれぞれに属する筋肉のROIをすべて合わせたものを殿筋群のROI、大腿筋群のROI、下腿筋群のROI、足部筋群のROIとして表した。各ROIにおける放射能を、投与した放射能の量で補正した standardized uptake ratio (SUR) をそれぞれの筋において算出し、SURを用いて各筋におけるグルコースの取り込み量を比較した。

結果

測定したすべての下肢筋において、健常者安静群よりも健常者歩行群のほうでより大きなSURを示した。健常者安静群では、殿筋群・大腿筋群・下腿筋群・足部筋群にてSURに違いはなかったのに対し、健常者歩行群では下腿筋群のSURは大腿筋群よりも有意に大きかった。最も大きなSURを示したものはヒラメ筋であり、下腿屈側の筋ではヒラメ筋は腓腹筋外側頭よりもSURが有意に大きかった。殿筋群のうち、小殿筋のSURは大殿筋よりも有意に大きく、

歩行時での小殿筋の活動量が多いことが示された。

(研究 2)

対象と方法

脳卒中片麻痺者 8 名（女性 2 名，男性 6 名）を対象とし片麻痺者群とした。片麻痺者群と比較する対象データとして，研究 1 での健常者歩行群の下肢筋 SUR データを用いた。

PET 撮像と MRI 撮像と分析方法は研究 1 と同じ方法でおこなった。片麻痺者群では，足部筋群の短指屈筋，母指外転筋，小指外転筋を除いた各筋肉への ^{18}F -FDG の取り込み量を計測した。片麻痺者群では麻痺側と非麻痺側それぞれについて計測を行った。

各筋の SUR を，健常者歩行群と片麻痺者麻痺側および非麻痺側との間で比較した。また 15 分間の自由歩行時の全歩行距離・重複歩距離を測定し，歩行パラメーター（歩行速度・重複歩距離・歩行率）と片麻痺者群の各下肢筋の SUR との相関関係を Pearson の相関係数を用いて表した。

結 果

片麻痺者では，麻痺側の下腿筋の SUR が健常者よりも小さく，特にヒラメ筋・前脛骨筋・腓骨筋群で SUR が有意に小さかった。それに対し麻痺側の大腿筋の SUR は健常者と同程度に保たれていた。また歩行率と麻痺側中間広筋の SUR との間で有意な正の相関関係を認めたことから，麻痺側大腿四頭筋の活動が片麻痺者の歩行において重要なことが示された。麻痺側小殿筋の SUR は健常者よりも小さかった。非麻痺側下肢では，内側ハムストリングス・後脛骨筋の SUR が健常者歩行群よりも有意に大きかった。これらの筋肉は，麻痺側下肢の機能低下による歩行障害を代償するために活動しているものと考えられた。

審査結果の要旨

歩行中の筋活動は主に筋電図により研究されてきたが、筋電図による筋活動の測定にはいくつかの限界がある。深部筋の活動が正確に測定できないことや、また筋活動の量を最大随意収縮時の相対値として表すため、異なる筋肉間で活動量を比較できないことなどである。ポジトロン断層法（PET）は、 ^{18}F -fluoro-deoxy-glucose（ ^{18}F -FDG）の筋肉への取り込みを計測することにより、身体動作時に活動する筋肉を描出できる方法である。過去に ^{18}F -FDG PETで筋活動を分析した研究はいくつかあるが、歩行時の筋活動を測定した研究は見られない。本研究では ^{18}F -FDG PETを用いて、健常者および脳卒中片麻痺者の平地歩行中の下肢筋活動を観察し、特徴ある筋活動を明らかにした。その結果、健常者では下肢筋の活動量は安静時よりも歩行時で多く、大腿筋よりも下腿筋の活動量が著明に多く、測定した中ではヒラメ筋がもっとも多かった。また殿部では、小殿筋の活動量が著明に多く、この筋の役割が重要なことが示された。片麻痺者では、麻痺側の下腿筋の活動量が健常者よりも少なく、ヒラメ筋・前脛骨筋・腓骨筋の活動量が著明に少なかった。これに対し、麻痺側の大腿筋の活動量は健常者と同程度もしくはそれ以上に保たれていたため、麻痺側大腿筋の活動が片麻痺者の歩行では重要なことが示された。また麻痺側小殿筋の活動量は健常者よりも少なかった。非麻痺側下肢では、後脛骨筋と内側ハムストリングスの活動量が健常者よりも多く、歩行障害を代償するためと考えられた。そしてこの歩行筋PET測定法を用いて片麻痺者の残存歩行能力を評価できる可能性が示された。

審査では、低強度運動である歩行時の筋活動量を測定するのに、もっともエネルギー供給の割合が高い遊離脂肪酸の代謝量からでなく、割合が少ない血中グルコースの代謝量から判断していることが、その結果の正確性に影響すると指摘された。これに対し、歩行運動におけるエネルギー供給のうち血中グルコースが占める割合は、遊離脂肪酸ほど高くないが約10%であることが文献上で示されているため、 ^{18}F -FDGの取り込み量から筋活動量を判断することが十分に可能であろうと回答された。またそれぞれの筋の筋線維タイプの違いがグルコースの代謝量に影響するため、 ^{18}F -FDGの取り込み量が筋活動量を正確に反映しない可能性があることが指摘された。これに対し、現状において筋線維タイプとグルコース代謝量・脂質代謝量との関係を正確に記述してある研究が認められず、筋線維タイプの関わりの程度を厳密に把握できないが、今回の健常者での研究結果は、過去の筋電図研究による結果と比較してほぼ妥当なものであったので、それぞれの筋における筋線維タイプの違いはそれほど結果に影響していないであろうと回答された。

以上のように本研究はなおいくつかの検討を要する点は残されたものの、歩行時の筋活動をPETを用いて観察し、今まで他の方法でわからなかった特徴を明らかにした点、特に脳卒中片麻痺者の歩行中の筋活動を観察しその特徴を明らかにした点で、有意義な研究であると評価された。本論文は学位論文としてふさわしく、申請者は学位にふさわしい学力と見識を有するものと認められた。