

科研(基盤研究 C) 園芸療法研究報告

～ガーデニングは繰り返し前頭極を活性化させるかもしれない～

10月12日、Journal of Behavioral and Brain Scienceに“Gardening May Repeatedly Activate the Frontal Pole” “ガーデニングは繰り返し前頭極を活性化させるかもしれない” (著者:豊田正博・横田優子・Susan Rodiek) が掲載されました。

以下、概要をご紹介します。詳細は、Journal of Behavioral and Brain Science をご覧ください。OPEN ACCESS (ダウンロード無料) です。検索:[jbbs Toyoda](#)

【研究の背景】

加齢は認知機能に関与する前頭前野の機能を低下させます (Cherry ら, 1996) が、前頭前野のトレーニングは認知機能の回復に有効 (Belleville ら, 2011) との報告もあります。米国やオーストラリアの研究では、ガーデニングによる認知症リスク軽減効果が報告されていますが、ガーデニングによる認知刺激も効果の一因とみられています (Jedrziwski ら, 2010)。

筆者らは、FAB (前頭葉機能検査) の3つの課題を用いた研究で、ガーデニングのように繰り返し動作を行う課題 (運動計画課題: 拳・手刀・平手の動作をくり返す) は、反応選択課題や反応抑制課題に比べて前頭前野 (前頭極・前頭前野背外側部) の賦活が大きいこと (Toyoda ら, 2016) や、ガーデニング課題は FAB の運動計画課題より前頭前野の賦活が大きいこと (Toyoda ら, 2016) を報告してきました。

一方で、前頭前野の一部であり、前頭前野の先端部に位置する前頭極は一度学習すると賦活しないとの報告もあり (Strange ら, 2001), ガーデニングを繰り返し行なった場合に前頭極の賦活が維持するのかについて、今回の研究で検証しました。

【目的】

本研究では、高齢者にガーデニング課題 (たねまき, かん水) を5回 (1回あたり, 15秒間「止め」の合図がかかるまで課題を遂行し, その後15秒休みをとる) 行ってもらい、同じ作業を繰り返し行っても前頭極の賦活が維持されるか否かについて、脳血流 (脳血流が多いほど測定部位が賦活していることを示す) を測定して検証しました。

【結果の概略】

本研究では、たねまき課題を繰り返し行っても前頭極すべての測定領域で賦活が低下しませんでした。

結果を分析すると・・・

- ①園芸作業の、目 (視覚) と手 (体性感覚) から入力される外部情報に注意を向けながら作業をする (外的思考が起きている) という特徴が前頭極内側の賦活と関係していること。
- ②園芸作業は、“目と手の協調性”を必要とする作業であり、作業中、外部情報に基づく思考 (外的思考) の他に、両半球の前頭極外側部では外部情報とは独立した思考 (内的思考) が起きていること。
- ③たねまき課題のように、作業工程数が多いと外的思考と内的思考が多岐にわたって繰り返されるが、このことと右半球前頭極外側部の賦活が関係すること。
- ④たねまき課題のように、作業中に注目すべき対象物の視覚的特徴が変化していくことと左半球前頭極外側部の賦活が関係すること。

がわかり、ガーデニング作業を続けることは、運動効果だけでなく、継続的に前頭極を含む前頭前野を刺激している可能性があることを明らかにしました。

【方法】

60才以上の成人に、25穴のセルトレイを使い、たねまき課題とかん水課題を5回提供し、前頭極(前頭前野の先端部)の脳血流(酸化ヘモグロビン相対値:Oxy-Hb)を近赤外線分光法により調べました(装置:Spectratech社 OEG-16)。対照課題には、前頭葉機能検査FABの運動計画課題(FAB3:拳・手刀・平手の動作をくり返す)を用い、こちらも5回提供しました。

・ 課題

Seeding(たねまき課題)



25マスのセルの左上から順次、土に穴をあけてインゲンのタネ(1粒)をまき土を被せる。

Watering(水やり課題)



25マスのセルの左上から順次、タネをまいてある土にペットボトルで水がたまるまで水をやったら隣のセルに移動する。

FAB3(対照課題 前頭葉機能検査FABの運動計画課題)



右手で拳、手刀、平手の順に左手をたたくことをくり返す。

【結果・考察】

(1) 3課題とも、3回目のTrial(試行)以降に遂行回数が増加し、Trialを重ねるとパフォーマンスが向上し5回目までその状態が続くことを確認しました。

結果・考察 (1) 遂行回数

3課題とも、Trial(試行)中(15秒)の遂行回数について、
第1回目と2回目以降を比べたところ、第3回以降に増加した。
⇒Trialを重ねるとパフォーマンスが向上することが示された。

Table 2. 試行(Trial)を重ねた時の遂行回数.

Tasks		1st trial	2nd trial	3rd trial	4th trial	5th trial
FAB 3	n	24	24	24	24	24
	Min	4.00	4.00	5.00	5.00	5.00
	Q1	5.00	5.75	5.75	6.00	6.00
	Mdn	5.00	6.00	6.50*	7.00*	7.00*
	Q3	6.00	7.00	7.00	8.00	8.25
	Max	8.00	11.00	12.00	13.00	13.00
Seeding	n	24	24	24	24	24
	Min	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	Q1	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	Mdn	2.00	2.00	2.50*	3.00*	3.00*
	Q3	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Max	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Watering	n	24	24	24	24	24
	Min	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Q1	3.00	4.00	4.00	5.00	5.00
	Mdn	4.00	5.00	5.00*	5.00*	5.00*
	Q3	5.00	7.00	7.00	7.00	7.25
	Max	8.00	12.00	10.00	12.00	10.00

(多重比較検定
Steel-Dwass test,
 $p < 0.05$)

(2) 課題遂行中の被験者の視線について調べると、たねまき課題と水やり課題では、全員、手や対象物を見て課題を行ない、課題遂行には体性感覚情報と視覚情報が必要でした。一方、対照課題では8割近くの人が手を見ずに課題を行ない、体性感覚情報のみで課題遂行可能であることがわかりました。

結果・考察 (2) 被験者の視線

- たねまき課題 (Seeding)と水やり課題 (Watering)
 - 全員、手や対象物を見ながら課題遂行.
 - ⇒ 体性感覚情報と視覚情報の2つが課題遂行には必須.
- 対照課題 (FAB 3)
 - 79.2%が手を見ずに課題遂行.
 - ⇒ 体性感覚情報のみでも課題遂行可能.

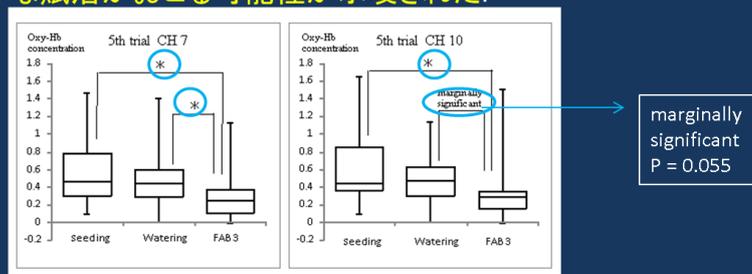


対照課題 (FAB3) 遂行中の視線

(3) 3 課題間の血流を比較 (Oxy-Hb 最大値) した所、5 回目の Trial においても前頭極内側 (右半球・左半球では、種まき課題と水やり課題ともに対照課題より大きな賦活がみられました。このことから、同時に注意を向ける感覚情報の数が多いと、前頭極内側の賦活が大きくなる可能性が示されました。

結果・考察 (3) 3課題間のOxy-Hb値比較

- 前頭極内側 (CH5, CH10) で、たねまき課題 (Seeding)と水やり課題 (Watering)は対照課題 (FAB3)より大きな賦活を示した。
(多重比較検定: Steel-Dwass test, $p < 0.05$).
- ⇒ 前頭極内側には、入力される感覚に注意を向ける機能がある (Burgess, et al. 2007). 同時に注意を向ける感覚情報の種類が多いと、前頭極内側により大きな賦活がおこる可能性が示唆された。



marginally significant
P = 0.055



Fig.2. 3課題間のOxy-Hb比較.

(4) 各課題の1回目から5回目の血流を比較(Oxy-Hb 最大値)したところ、前頭極内側では3課題とも賦活低下は起きませんでした。前頭極外側では、種まき課題はすべての領域(CH:チャンネル)で賦活低下は起きませんでした。一方、水やり課題や対照課題では一部の領域で賦活低下がみられました。

結果・考察(4)

課題を5回繰り返した時のOxy-Hb値

1. 前頭極内側

3課題とも賦活低下なし。

2. 前頭極外側

1) たねまき課題(Seeding):
全てのCHで賦活低下なし。

2) 水やり課題(Watering)と
対照課題(FAB3):
一部領域で賦活低下あり。

(多重比較 Shirley Williams test, $p < 0.05$)

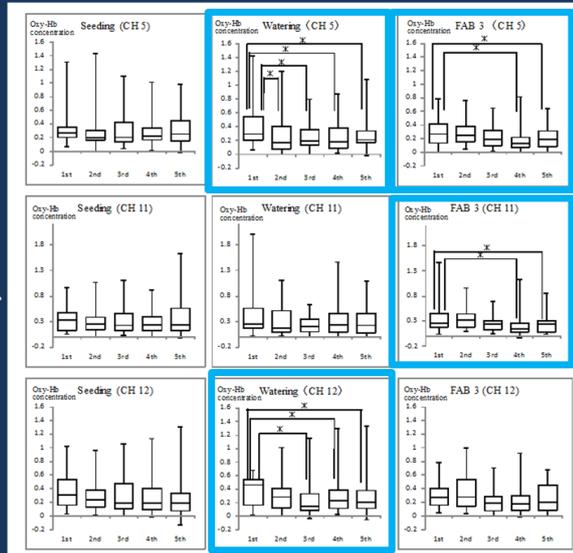


Fig.3. 同課題を繰り返した時のOxy-Hb(前頭極外側)比較。

では、なぜ種まき課題は賦活低下がみられず、水やり課題や播種課題では一部領域で低下がおきたのでしょうか。前頭極は、外部環境からの刺激に基づく思考(外部からの刺激に注意を向けることで生まれる外的情報に基づいた思考:外的思考)が行われる時には左右半球内側が賦活し、(外部の刺激によらない)独立した認知活動(内的思考)が行われる時は左右半球外側が共に賦活することが報告されています(Burguss, 2007)。

3課題遂行中、水やり課題と対照課題では前頭極外側の一部領域に賦活低下がみられましたが、前頭極の内側、外側のどの領域にも一定の賦活は起こっていました。つまり、外側領域で賦活が続いたことから、課題遂行中に外的環境の刺激によらない(独立した)思考(=独立認知, 内的思考)も行われていたと考えられます。

そうした状況を前提に、たねまき課題で賦活が低下しなかった理由を考えてみましょう。それぞれの課題を各工程に分解すると、スライド(下)の写真のように、種まき課題は他の課題に比べて、工程数が多く、一つの作業を遂行するのに外的思考と内的思考が交互に起こる回数が多いことがわかります。

Gillbertら(2005)は、右半球前頭極外側は外的思考と内的思考の切り替えをしていると報告しています。種まき課題遂行時、右半球前頭極外側の賦活が低下しなかった理由の一つには、遂行中に外的思考と内的思考の切り替えがもっとも多く行われていたことが考えられます。

結果・考察(4)

課題を5回繰り返した時のOxy-Hb値

- ・外側前頭極は、長時間の刺激独立認知の間、**両側**が賦活。(Burgess. et al., 2007)
- ・前頭極外側(右半球)は外部情報に基づく思考と(外部情報とは独立した)内的思考の切替をする(Gillbert et al. 2005).
- ・たねまき課題では、作業あたりの工程数が最多、**内側部**でおこる外的思考と**外側部**で起こる内的思考の切替が最も頻繁であることと、**前頭極外側(右半球)**の賦活が低下せず維持されたことは関係がある。



たねまき

内側 外的思考 穴があいた	外側 内的思考 タネを取ろう	内側 外的思考 タネはここに	外側 内的思考 タネを1粒	内側 外的思考 タネを1粒	外側 内的思考 タネを穴に	内側 外的思考 タネを穴に	外側 内的思考 土を被せ	内側 外的思考 タネが土で	外側 内的思考 となりに移ろう

進行

水やり

--	--	--

対照課題

--	--	--

続いて、左半球前頭極外側の賦活について考えてみましょう。Pollmannら(2004)は、左半球前頭極外側は対象物の注意すべき視覚的特徴の重みづけが変化するときには賦活すると報告しています。スライド(下)のように種まき課題では課題遂行中、例えばセルを見ている場面でも、セル全体⇒タネをまくセル⇒(穴をあけるため)セルの中央部へと注意を向ける視覚的特徴は変化していきます。たねまき課題で視覚的特徴の重みづけの変化が最も多かったことと左半球前頭極外側の賦活が維持されたことには関係があると考えられます。

結果・考察(4)

課題を5回繰り返した時のOxy-Hb値

- ・前頭極外側(左半球)は注意すべき視覚的特徴の重みづけが変化すると賦活 (Pollmann et al. 2004).
- ・たねまき課題は、**視覚的特徴の重みづけの変化が最多**、このことと、**前頭極外側(左半球)**の賦活維持には関係がある。



たねまき

セル容器 (25穴)	タネをまく セル	セルの 中心部	タネの ある皿	1粒のタネ	セル容器 (25穴)	タネをまく セル

進行

水やり

水をやるセル	水の量	となりのセル

対照課題 視覚的特徴の重みづけの変化はない

【まとめ】

- ・園芸作業のように順序性のある作業では、外的思考と内的思考が繰り返し起こります。そのことが、常に前頭極内側と外側を賦活させる基盤となっています。
- ・“園芸作業を正確に行うには、体性感覚情報と視覚情報の2つの感覚情報に同時に注意をむける必要があります。この、同時に2つの感覚情報に注意を向けないと正確な作業にならないという園芸作業の特徴が、前頭極内側に大きな賦活をもたらしていると考えられます。
- ・たねまき課題のように、一つの作業あたりの工程数が多く、外的思考と内的思考が交互に連続し、視覚的特徴の重みづけが変化する作業（例：除草、収穫、花がら摘み）は、左右の前頭極外側に大きな賦活を生み、前述の前頭極内側の賦活と合わせて前頭極のトレーニングとなっている可能性があります。
こうした作業には、他に花がら摘みや除草があります。
- ・高齢になっても、作業環境や扱う植物を変えて作業負担や作業の難易度調整ができる園芸は、植物からの快刺激や成長変化を楽しむことが動機づけとなり、続けやすいものです。本研究は、園芸が、健康時の認知症予防だけでなく、認知機能低下がみられた時の回復や低下抑制のための脳トレのアクティビティとしても有効である可能性を園芸の認知刺激という観点から示すものとなりました。

【引用文献】

- Cherry, K.E., Park, D.C., Frieske, D.A. and Smith, A.D. (1996) Verbal and Picotorial Elaborations Enhance Memory in Young and Older Adults. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 3, 15-29.
- Belleville, S., Clément, F., Mellah, S., Gilbert, B., Fontaine, F. and Gauthier, S. (2011) Training-Related Brain Plasticity in Participants at Risk of Developing Alzheimer's Disease. *Brain*, 134, 1623-1634.
- Jedrzejewski, M.K., Ewbank, D.C., Wang, H. and Trojanowski, J.Q. (2010) Exercise and Cognition: Results from the National Long Term Care Survey. *Alzheimers Dementia*, 6, 448-455.
- Toyoda, M., Yokota, Y. and Rodiek, S. (2016) A Motor Programming Task Activates the Prefrontal Cortex More than a Sensitivity-to-Interference Task or an Inhibitory Control Task in Older Adults. *Journal of Behavioral and Brain Science*, 6, 433-447.
- Toyoda, M. and Yokota, Y. (2016) The Effects of Gardening Activities on Prefrontal Area Measured with Near-Infrared Spectroscopy (NIRS). *Acta Horticulturae*, 1121, 33-38.
- Strange, B.A., Henson, R.N.A., Friston, K.J. and Dolan, R.J. (2001) Anterior Prefrontal Cortex Mediates Rule Learning in Humans. *Cerebral Cortex*, 11, 1040-1046.
- Burgess, P.W., Dumontheil, I. and Gilbert, S.J. (2007) The Gateway Hypothesis of Rostral Prefrontal Cortex (Area 10) Function. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 290-298.
- Gilbert, S.J., Frith, C.D. and Burgess, P.W. (2005) Involvement of Rostral Prefrontal Cortex in Selection between Stimulus-Oriented and Stimulus-Independent Thought. *European Journal of Neuroscience*, 21, 1423-1431.
- Pollmann, S. (2004) Anterior Prefrontal Cortex Contributions to Attention Control. *Experimental Psychology*, 51, 270-278.

(文責 豊田正博)