

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17718

研究課題名(和文) 快感情調整による認知機能向上効果の解明 - 顔面皮膚血流計測を用いて

研究課題名(英文) Responses in facial skin blood flow and prefrontal oxygenation during exposures to emotionally charged odor.

研究代表者

遠藤 加菜 (ENDO, Kana)

広島大学・医系科学研究科(保)・助教

研究者番号：60584696

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：感情を伴う嗅覚刺激が顔面皮膚血流量および局所脳活動に及ぼす影響を調べるため、頬の皮膚血流量および前頭前野ヘモグロビン動態を計測した。不快臭刺激時に前頭前野Oxy-Hb濃度と顔面皮膚血流量は増加をみとめ、両指標は相関した。主観的快・不快度は前頭前野Oxy-Hb増加量と相関したため、不快感情は顔面皮膚血流量増加に関連することが示唆された。次に、感情が認知機能に及ぼす影響を調べるため、嗅覚刺激提示後における認知ストロープ課題の所要時間および誤答数を対照と比較した。不快臭提示後に課題所要時間は増加し、快・不快度は課題所要時間と負の相関がみられたため、不快感情により認知機能は低下することが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この研究実施により予想される意義として、顔面皮膚血流量を用いた感情評価法は、皮膚上に皮膚血流計プローブを貼付し非侵襲的に測定することで実現する。臨床現場において誰でも安全に簡単に、低コストで計測できるため測定技術の負担が少なく済む。意思疎通が困難な方の感情を、言語を介さずに把握できるメリットがある。この評価法が感情判定に広く応用できれば、残された感情に反して意思表示が困難な方の感情を介したコミュニケーション支援の実現につながると考える。

研究成果の概要(英文)：We examined whether emotionally charged odors may change cognitive function.

The total time and the number of errors in Stroop Test were recorded as an index of cognitive function. We measured the concentrations of prefrontal Oxy- and Deoxy-Hb with NIRS. Cheek skin blood flow (SBF) were also measured with laser-Doppler flowmetry. Subjective ratings of pleasantness for each odor were asked after exposure to emotionally charged odors. The total time for Stroop Test was increased by unpleasant odor without altering the number of errors. Prefrontal Oxy-Hb increased without altering Deoxy-Hb during exposure to unpleasant odor. Cheek SBF increased during exposure to unpleasant odor. The increase in prefrontal Oxy-Hb had a significant correlation with the increase in cheek SBF. These results suggest that negative emotion induces increase in prefrontal oxygenation, which may in turn elicit an increase in facial skin blood flow and negative emotion diminishes cognitive function.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：感情 嗅覚刺激 顔面皮膚血流量 認知機能 脳血流動態

1. 研究開始当初の背景

ヒトの感情変化は複雑であり客観的判断が難しいため、生理学的変数からその状態を定量的に推定することが検討されてきた。感情を喚起する画像提示に際して、全身性心血管応答や四肢皮膚血管収縮は生じず、皮膚交感神経活動応答は快・不快の感情状態を区別できなかった(Brown RC et al., 2012)。そのため、心血管変数や四肢皮膚交感神経活動・皮膚血流は感情の生理学的推定のために十分鋭敏でない可能性がある。

本研究では、快・不快の感情変化に対する顔面皮膚血流反応の計測(Matsukawa, Endo et al., 2018, Matsukawa, Endo et al., 2017)を用いて感情を推定することにより、感情状態が認知機能および大脳皮質活動に及ぼす影響を解明することを目的とした。感情が認知機能に与える改善効果を解明できれば、感情状態の調節により認知機能を改善できる可能性があることから、認知症の進行などにより残された感情に比して表情変化や言語化など客観的所見が乏しい方の感情を考慮したコミュニケーション支援の実現に役立つと考えた。

2. 研究の目的

本研究では、感情変化に対して生じる顔面皮膚血流応答を用いて感情推定することにより、感情変化が前頭葉認知機能に与える影響を明らかにすることを目的とした。以下の2項目を達成することを計画した。

(実験1)嗅覚モダリティにより惹起される感情の評価法として顔面皮膚血流量計測が有効か否かを明らかにする。

(実験2)嗅覚刺激の提示に伴う感情変化が前頭葉認知機能に与える影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 対象者

(実験1;感情を伴う嗅覚刺激が顔面皮膚血流量および前頭前野ヘモグロビン動態に与える影響)

嗅覚系、自律神経系の既往歴および鼻炎症状のない健常成人10名(女性7名、男性3名、 22.3 ± 0.1 歳)であった。

(実験2;快・不快感情を伴う嗅覚刺激が認知機能に与える影響)

健常成人9名(男性1名、女性8名、 21.6 ± 0.5 歳)であった。

喫煙習慣は嗅覚機能低下に関わる可能性があることから、実験1・2とも喫煙者は除外した。

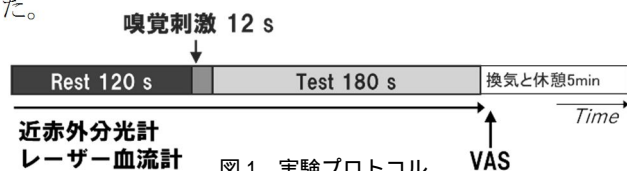
(2) 実験方法と手順

(実験1;感情を伴う嗅覚刺激が顔面皮膚血流量および前頭前野ヘモグロビン動態に与える影響)

実験に先立ち、6種類の異なる嗅覚刺激における嗅覚閾値、主観的快・不快度(-5;非常に不快~+5;非常に快)、主観的覚醒度(-5;非常に眠かった~+5;非常に覚醒)および主観的ニオイ強度(0;無臭~5;強烈なニオイ)を調査した。嗅覚刺激には嗅覚測定用基準臭(T&T オルファクトメーター、第一薬品産業)の香料A~Eならびに対照刺激として無臭の日局流動パラフィン(以下無臭)を用いた。Aはバラ様のニオイ(以下バラ: -フェニルエチルアルコール)、Bはカラメル様のニオイ(以下カラメル:メチルシクロペンテノロン)、Cは靴下様のニオイ(以下靴下:イソ吉草酸)、Dは桃様のニオイ(以下ピーチ: -ウンデカラクトン)、Eは糞便様のニオイ(以下糞便:スカトール)であった。各基準臭の濃度は5が最も濃く、順次10倍単位に5,4,3,2,1,0,-1,-2の8段階の濃度が設定されている。ニオイを感じた最小濃度を検知閾値、何のニオイか認識した最小濃度を認知閾値とした。各被験者の嗅覚閾値平均値(A+B+C+D+E/5)は検知閾値(-0.4 ± 0.3)および認知閾値(0.8 ± 0.3)のいずれも、日本鼻科学会標準スコア(大山,1998)において正常であった。各被験者の嗅覚刺激ごとの相対的認知閾値での快・不快度について、ピーチで快度が最も高く、靴下臭で不快度が最も高かった(2.0 ± 0.1 vs. -3.5 ± 0.1)。そこで、本実験ではピーチを快刺激、靴下を不快刺激として採用し、無臭との比較を行った。

測定は室温 21.1 ± 0.1 、湿度 $29.7 \pm 0.8\%$ の実験室内で、空気清浄機による脱臭と換気をしながらいった。課題は閉眼でベッド上背臥位の2分以上の十分な安静をとった後、「スタート」と「ストップ」の合図とともに嗅覚刺激を12秒間提示し、続いて3分以上の安静とした。課題中は平常時の呼吸を行うよう指示し、胸郭に装着した呼吸バンド(ADINSTRUMENTS製)を用いて呼吸数および呼吸の深さを評価した。嗅覚刺激は被験者の吸息開始時に合わせて提示した。安静終了後はVASを用いて、嗅覚刺激中における主観的快・不快度、主観的覚醒度およびニオイ強度を聴取した(図1)。3種類の嗅覚刺激セッションは慣れの影響を最小限にするため、それぞれ5分間以上の間隔を空けてランダムに実施した。

嗅覚刺激の提示には120ml シリンジとロウトを組み合わせたニオイ装置を用いた(図2)。シリンジに香料を0.2ml浸した試香紙を入れ、鼻下に固定したロウトから10ml/secで空気を送った。



課題中はレーザー血流計(ALF21)を用いて顔面皮膚血流量(Facial SBF)、前額皮膚血流量および前腕皮膚血流量を計測した(図3)。本実験の顔面皮膚血流量データは、左頬に接触型プローブを貼付することにより計測した。近赤外線分光装置(NIR0200)の2組の光プローブは感情および認知機能が関わる前頭前野領域(Pessoa L, 2008)に装着し、脳神経活動に付随した局所脳血流変化を示すと考えられる酸素化ヘモグロビン濃度(Oxy-Hb)および脱酸素化ヘモグロビン濃度(Deoxy-Hb)を計測した。課題終了直後に主観的快・不快度を聴取した。嗅覚刺激におけるFacial SBF、Oxy-HbおよびDeoxy-Hbの各変化量を、刺激提示前ベースラインからの差分として求めた。

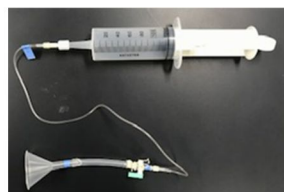


図2. ニオイ装置

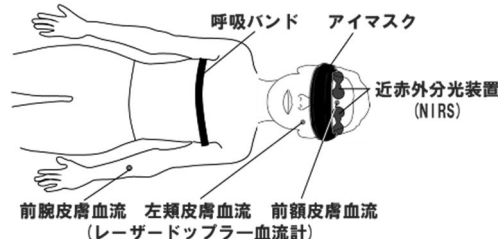


図3. 実験セッティング

(実験2; 快・不快感情を伴う嗅覚刺激が認知機能に与える影響)

実験に先立って、6種類の異なる嗅覚測定用基準臭における嗅覚閾値、主観的快・不快度、主観的覚醒度および主観的二オイ強度を実験1と同様に調査した。各被験者から得られた嗅覚閾値平均値は検知閾値(-0.8±0.3)および認知閾値(0.3±0.4)ともに正常であった。各被験者の相対的認知閾値での主観的快・不快度は、靴下(-2.5±1.0)および糞便(-2.1±0.3)で、いずれも全被験者から「不快」と評定され、無臭に比して不快度が有意に高かった。一方、ピーチ、カラメルおよびローズの主観的快・不快度は被験者間でばらつきがみられ、ピーチでは1.2±0.8(88%; 9名中8名が快)、カラメルでは-0.8±0.9(50%; 8名中4名が快)、ローズでは0.5±0.6(50%; 8名中4名が快)であり、いずれも無臭と比較して快・不快度に差はなかった。同一刺激であっても被験者ごとに快・不快度の評定が相反する結果となったことから、本実験では6種類の異なる嗅覚刺激における各被験者の快あるいは不快という感情評定を考慮した上で、嗅覚刺激による感情変化が認知パフォーマンスを変化させるか否かを調べた。

嗅覚刺激をアイマスク閉眼状態で3分間提示し、続いて30秒間の安静を保持しつつアイマスクを外した後、前頭葉認知ストループ課題100問を実施した(図4)。ストループ課題終了後は1分間の安静後にVASを用いて、嗅覚刺激中における主観的快・不快度、主観的覚醒度および二オイ強度を聴取した。測定は室温23.9±1.4、湿度37.9±4.1%の実験室内で、空気清浄機による脱臭と換気をしながら行った。嗅覚刺激中および安静中は平常時の呼吸を行うよう指示し、胸郭に装着した呼吸バンド(AD INSTRUMENTS製)から呼吸数および呼吸の深さを評価した。嗅覚刺激は被験者の吸息開始時に合わせて提示した。



図4. 実験プロトコル

6種類の各嗅覚刺激セッションは二オイへの慣れの影響を最小限にするため、5分以上の間隔を空けてランダムに実施した。嗅覚刺激は「スタート」と「ストップ」の合図とともに、香料を0.2 ml含ませた試香紙(6mm×150mm)を被験者の鼻から約1cm離れたところに提示した(図5)。ラベル付による二オイの印象変化を避けるため、香料の内容は明示せず自由回答を促した。

前頭葉認知ストループ課題はMicrosoft Power Pointを用いて1つのスライドに1単語を表示し、問題数は計100問とした。背景色を灰色とし、文字および色は「あか」「あお」「きいろ」「みどり」の4種類とした。検者の「スタート」合図で、被験者は目の前のパソコンのスペースキーを押して課題を開始した。被験者にはできるだけ早く正確に画面上に示された文字のインクの色を言い、スペースキーを押して次の問題へ進むように指示した。全100問の回答を終えた時点で課題終了とした。課題中のパソコン画面と被験者の回答は録画し、後に課題所要時間と誤答数を計測した。実験に先立って被験者にはストループ課題を5回以上練習させ、慣れや学習の影響を最小限にした。

ストループ課題の認知パフォーマンスは無臭およびその他5種類の異なる嗅覚刺激および無臭との間で比較した。さらに、嗅覚刺激における主観的快・不快度と前頭葉ストループ課題パフォーマンスとの相関性を検討した。

4. 研究成果

(1) 実験1; 感情を伴う嗅覚刺激が顔面皮膚血流量と前頭前野ヘモグロビン動態に与える影響

主観的快・不快度は、靴下において全ての被験者により不快(-2.8±0.3)であり、ピーチにおいては77%の被験者(9名中7名)により快(0.8±0.3)であった。快度と不快度の大きさを比

較すると、快度に比べ不快度の方が高い値を示した。靴下の不快度は無臭に比して有意に高く、ピーチでは快度が有意に高かった(図6)。覚醒度は靴下のみ有意に増加し、ニオイ強度は靴下とピーチにおいて無臭よりも有意に高かった。

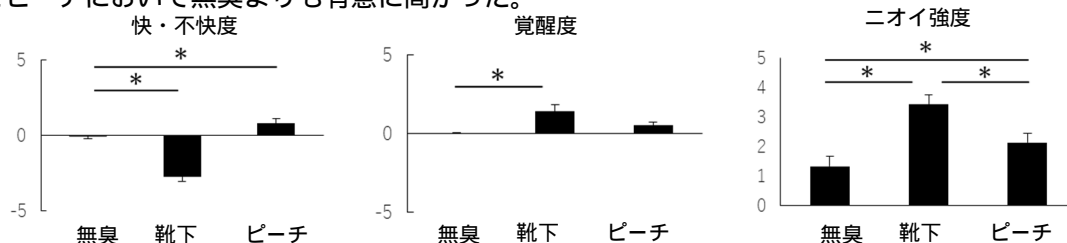


図6. 異なる嗅覚刺激における主観的評価尺度

図7は、嗅覚刺激時における前頭前野 Oxy-Hb 変化量を 12 秒ごとの平均値をプロットし、それぞれの課題における平均経時的变化を示した。靴下の嗅覚刺激提示によって Oxy-Hb は有意に増加した。Oxy-Hb は刺激提示前ベースラインと比べて増加し、嗅覚刺激提示終了後ピークに達したあと、そのまま 3 分間以上持続した。ピーチでは嗅覚刺激終了後 2 分位経過して Oxy-Hb が増加する傾向がみられたが、靴下に比してその変化は小さかった。このような Oxy-Hb 増加パターンは左右の前頭前野でみられた。Deoxy-Hb はいずれも嗅覚刺激においてもほとんど変化しなかった。嗅覚刺激時の前頭前野 Oxy-Hb 平均変化量を比較すると(図8)、靴下において右前頭前野 Oxy-Hb の有意な増加をみとめた($P < 0.05$)。

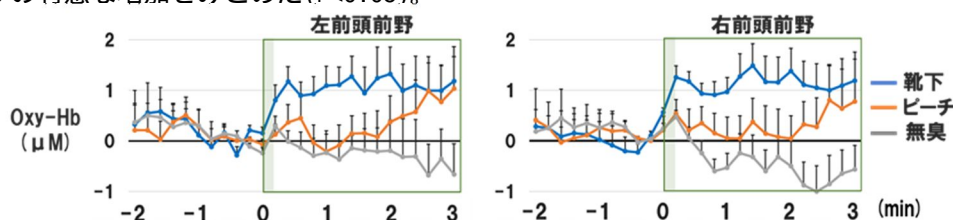


図7. 前頭前野 Oxy-Hb の平均経時的变化

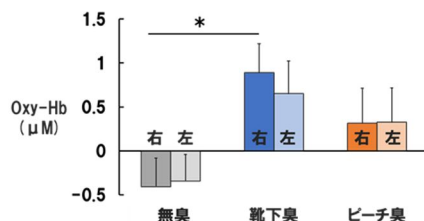


図8. 嗅覚刺激中の前頭前野 Oxy-Hb 平均変化量

嗅覚刺激時の頬皮膚血流量の変化に関して、不快刺激の靴下においてベースラインと比較して血流量の増加がみられた(図9)。

Facial SBF の経時的变化について、靴下では刺激提示開始直後から左頬血流量が徐々に増加しはじめ、刺激提示終了から 2 分後頃にピークに達した後、ベースラインまで戻った。快刺激のピーチでは、同様に刺激提示開始後より徐々に血流量の増加がみられたが、靴下に比してその変化は小さかった。無臭では嗅覚刺激前のベースラインから変化しなかった。嗅覚刺激中の Facial SBF は靴下において有意に増加した($P < 0.01$)。

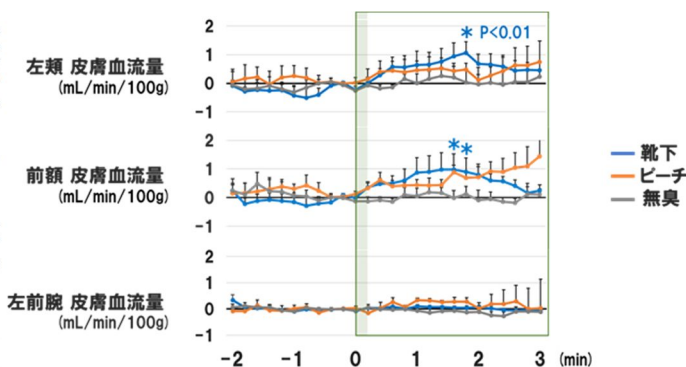


図9. 皮膚血流量の平均経時的变化

前頭前野 Oxy-Hb 増加量は Facial SBF 変化量との正の相関をみとめた(図10)。嗅覚刺激における主観的快・不快度は前頭前野 Oxy-Hb 増加量と有意な相関を示した。

以上の結果から、嗅覚刺激において誘発された不快感情度が高いほど前頭前野脳血流量は増加することが示唆され、この増加は顔面皮膚血流量の増加に関連する可能性があると考えられる。

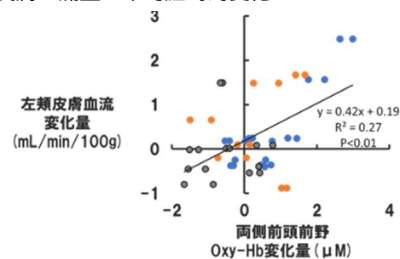


図10. 左頬皮膚血流量と前頭前野 Oxy-Hb との関係

(2) 実験2；嗅覚刺激による快・不快感情が認知機能に与える影響

主観的快・不快度について、靴下および糞便は全被験者により不快と評定され、不快度が無臭よりも有意に増加した。一方、バラ、カラメル、ピーチの評定は被験者によって快あるいは不快という相反する結果であり、快・不快度のばらつきが大きく、無臭との差がなかった。

異なる嗅覚刺激後に実施した前頭葉認知ストループ課題について、課題所要時間を無臭とその他の各嗅覚刺激との間で比較すると、靴下および糞便の嗅覚刺激後に所要時間が有意に増加した(図11)。一方、バラ、カラメル、ピーチでは、嗅覚刺激後において課題所要時間は無臭との差がなかった。誤答数については、いずれの嗅覚刺激も無臭との差がなかった。特にバラ、カラメル、ピーチに関して同一の嗅覚刺激における感情惹起パターンは一様でなかったことから、つぎに6種類の異なる嗅覚刺激における各被験者の快・不快感情評定を考慮した上で、嗅覚刺激が認知パフォーマンスに与える影響を調べた。

バラ、カラメル、ピーチの各嗅覚刺激を快と回答した群および不快と回答した被験者ごとにストループ所要時間の変化を調べたところ(図12)、快と回答した被験者においてストループ所要時間は無臭よりも減少する傾向をみとめ、不快と回答した群では無臭よりも増加する傾向をみとめた。誤答数はいずれの嗅覚刺激においても、無臭との差はなかった。

以上の結果から、嗅覚刺激により誘発された不快感情は、ストループ課題における認知処理の正確性は保持したまま認知処理速度を低下させた可能性が考えられた。

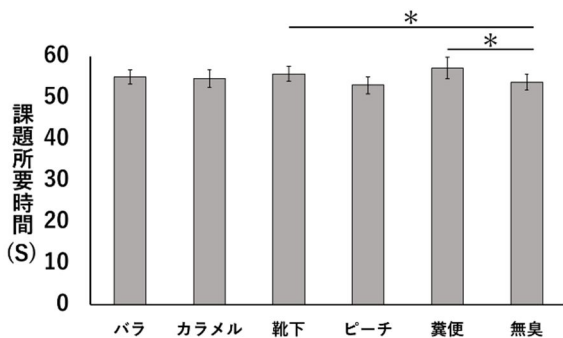


図11. 嗅覚刺激後における課題所要時間 (*: p<0.05)

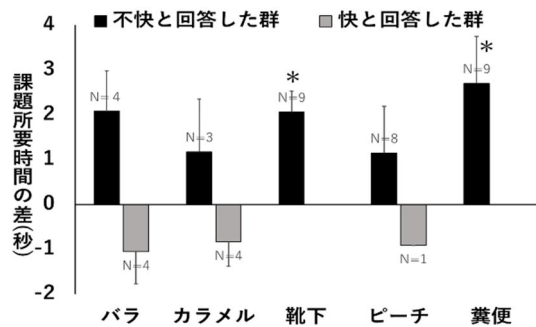


図12. 快・不快評定ごとにみられた課題所要時間の差 (*: p<0.05 vs 無臭)

嗅覚刺激における主観的快・不快感情度と課題所要時間との間には負の相関をみとめた(図14)。すなわち、課題所要時間は快度が増加するほど短縮し、不快度が増加するほど延長した。

以上の結果から、嗅覚刺激に伴う主観的な不快感情度が高い程、認知機能は低下することが示唆された。

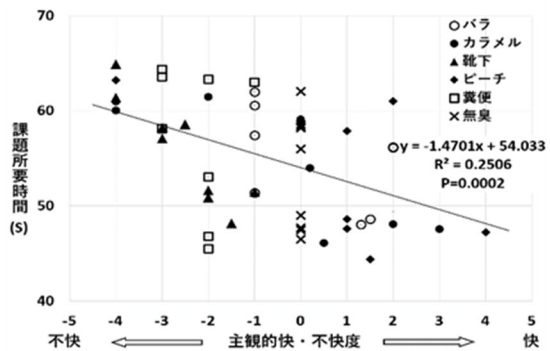


図14. 快・不快と課題所要時間との関係

(3) まとめ

本研究では、嗅覚モダリティにより惹起される感情の評価法として顔面皮膚血流量計測が有効か否かを明らかにすること、そして嗅覚刺激の提示に伴う感情変化が前頭葉認知機能に与える影響を明らかにすることを目的とした。実験1では、不快感情を誘発する嗅覚刺激時に前頭前野 Oxy-Hb および顔面皮膚血流量は有意に増加したが、快感情を誘発する嗅覚刺激時には不快感情刺激時よりも変化量が小さく、いずれの指標も有意な変化をみとめなかった。この理由としてピーチの嗅覚刺激時の快感情度は靴下の不快感情度と比べて値が小さかったことが考えられる。32%の被験者(9名中2名)はピーチのニオイを快刺激として捉えておらず、本実験における‘快刺激’は顔面皮膚血流量を大きく変化させる程度の快感情を誘発しなかった可能性がある。嗅覚は視聴覚などに比して感受性の個人差が大きいと考えられ、同一刺激における感情変化の違いが顔面皮膚血流量変化にどのように現れるかについて、今後詳細な分析が必要である。今後被験者数を増やし、個々の快・不快感情を十分に誘発する刺激内容を検証することも課題である。

実験2では、感情状態による前頭葉認知機能の変化について、課題遂行パフォーマンスを指標として調べたところ、不快な嗅覚刺激後にストループ認知課題の所要時間は延長した。快・不快感情度と課題所要時間との間には負の相関がみとめられたため、不快感情度が高い程、前頭葉認知機能は低下する可能性があることが示唆された。一方で、現時点ではメカニズムの解明に至っていない。感情変化によって認知機能が低下あるいは向上するメカニズムとして前頭葉脳活動がどのように関与するかについても脳血流動態などを用いてさらに検証する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 遠藤 加菜, 伊達 翔太, 中西 一義.
2. 発表標題 嗅覚刺激による快・不快の情動変化が顔面皮膚血流量および前頭葉ヘモグロビン動態に与える影響
3. 学会等名 第54回日本作業療法学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------