

平成 30 年 6 月 8 日現在

機関番号：34519

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12055

研究課題名(和文)呼吸制御による課題パフォーマンス向上効果

研究課題名(英文)Effects of respiratory control on task performance

研究代表者

越久 仁敬 (Oku, Yoshitaka)

兵庫医科大学・医学部・教授

研究者番号：20252512

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：古来日本で伝わる呼吸の整え、調息など呼吸の効果を明らかにするために、呼吸活動が直接認知機能に影響を及ぼすかについて検討した。呼吸活動計測下で18名の健常被験者が記憶要求度の高い見本合わせ課題を行った。その結果、ある特定の呼吸位相を含んだときの記憶想起プロセスが、そうでないときの想起プロセスと比べて、課題の正解率を有意に低下させるという驚くべき結果を示した(21.4%減少, $p=0.004$)。また記憶エンコーディングプロセスに関しても、課題正解率を低下させる特定の想起プロセスとの組み合わせが存在することを見出した。ある特定の呼吸活動のタイミングは、認知機能の低下を誘発することが示された。

研究成果の概要(英文)：To determine the effect of respiration, such as controlled breathing in ancient Japan, we examined whether respiratory function directly influences on cognitive process. In the present study, 18 healthy subjects performed matching-to-sample recognition task, which has high memory demands, while measuring respiratory duration. Our results showed that the retrieval process, which containing a particular respiratory phase point, had lower accuracy of the task than the retrieval process, which does not contain a particular respiratory phase point. Regarding memory encoding, we found a specific combination between encoding and retrieval that decreased accuracy. It is revealed that a certain timing of respiration can decrease accuracy of cognitive tasks.

研究分野：認知科学

キーワード：実行機能 再認記憶 呼吸位相 前頭前皮質

1. 研究開始当初の背景

判断や意思決定を司る前頭前皮質は、呼吸調節をはじめとする自律神経系調節にも関与する脳領域であり(Devinsky et al. 1995; Euston et al. 2012)、課題遂行時の判断・意思決定と呼吸制御の間に密接な関係があることが示唆されている。代表者らは、随意的呼吸制御や不安・抑うつ呼吸困難感に及ぼす影響を明らかにしてきた経緯から(Oku et al. 1996; Mishima, Oku et al. 1996)、呼吸制御が課題パフォーマンスを向上させる機序について明らかにする研究を計画した。

禅や仏教で重要とされている調息は、各種スポーツなどのパフォーマンス向上において長年注目されているにも関わらず、神経科学分野での課題遂行時の呼吸制御の研究は、これまでほとんど行われていなかった。本研究は、呼吸制御と課題パフォーマンスの関係性を知る上で大変重要な知見となる。呼吸の乱れがどのように課題パフォーマンスに影響を与えるかについても新たな知見が得られると考えられる。これまで経験的に、調息は課題パフォーマンスを向上させることが暗に考えられてきたが、本研究は、実際にそれを研究課題として具体的にデザインし、データとして示す初めての試みである。

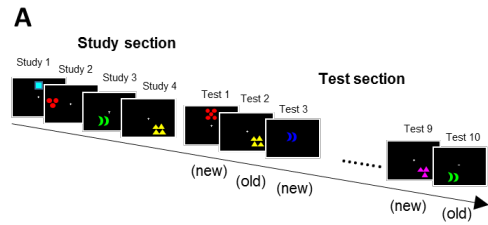
2. 研究の目的

本研究の目的は、記憶課題を行った際に、1) その正解率を向上させる呼吸の要素・パターンを見つけ出すこと、2) 課題提示を、どのような呼吸位相と同調させたときの課題正解率や処理時間(反応時間)に違いが現れるかを明らかにすることである。

3. 研究の方法

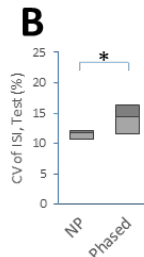
被験者は右利き健常男女 18 名(平均年齢 22.2 歳)とした。すべての実験は、世界医師会のヘルシンキ宣言に従った対策と措置で行われ、兵庫医科大学の倫理審査委員会の承認の上で行われた(1825号)。

被験者は、カニューライプ呼吸圧センサーを鼻に装着し、微差圧トランスデューサー KL17(長野計器)に接続して気流量変化を計測する(Oku et al. 2008)。課題は、再認記憶課題に用いられる見本合わせ課題(Nakamura et al. 2013; Nakamura and Suavage 2016)とした。被験者は、連続的に提示される、形状、色、数、位置の情報を合わせもった図形画像を記憶し、テスト刺激にて既出したかどうかの判断を行う。刺激提示は NBS Presentation (Neurobehavioral System) を使用し、提示される 4 種類の図形画像を記憶した後(Study phase)、10 回提示されるテスト用の図形画像について直前に記憶したものと同一画像が提示されたかどうかを回答する(図 A)。



そして、この行動の成績と呼吸活動の関係性を求め、特異的に修飾する呼吸相に注目して、課題の(処理時間)反応時間と成績の変化を明らかにする。

呼吸に依存したパフォーマンス効果を評価する上で、課題の難易度の調節は、重要であると考えられる。そこで我々は、画像提示間隔のランダムさが大きいほど難易度が上がることが知られていることから、課題において、画像提示間隔のランダムさが小さいバージョン(Non-phased (NP) セッション)と大きいバージョン(Phased セッション)を設定した(図 B)。



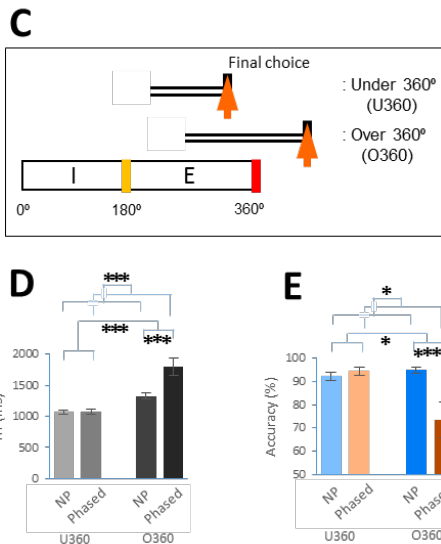
実験から得られる、セッションごとの認知パラメータは、画像提示した時間、ボタン押しした時間、課題の正解率であり、呼吸パラメータは、吸息相と呼息相それぞれの開始時間、吸息相と呼息相それぞれの圧振幅のピーク時間である。おのおのの呼吸パラメータは、認知パラメータと同期させた。画像提示された時間からボタン押しまでの時間を想起プロセスとし、この時間の長さを反応時間とした。

さらに、段階的出現解析では、反応時間を 1 に標準化し 5 段階ステップとして分けた(0-20%, 20-40%, 40-60%, 60-80%, 80-100%)。そして、想起プロセスの間に、呼息相-吸息相転移(EI 転移)、または吸息相-呼息相転移(IE 転移)という呼吸の切り替えポイントを含んでいる想起プロセスのみを抽出し、それらの切り替えポイントの出現のタイミングをこれら 5 段階の中で振り分けて、評価を行った。

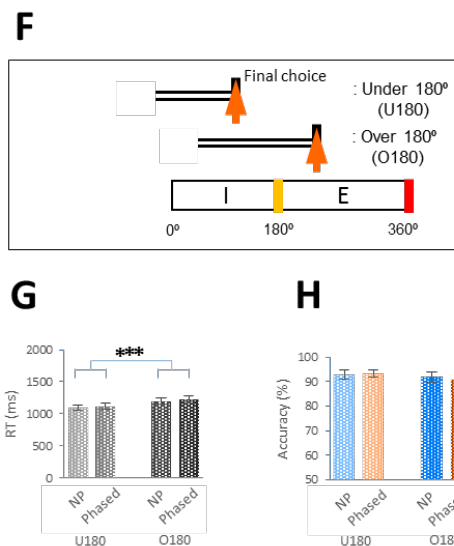
4. 研究成果

我々は、記憶課題を行う際に、課題の反応時間と正解率を大きく低下させる呼吸相のタイミングを発見した(Nakamura et al., revised)。実験では、健常被験者が記憶要求度の高い見本合わせ課題を行ったとき、記憶想起において、呼息相-吸息相転移(EI 転移)が想起プロセスに含んでいない場合(U360 グループと名づけた)と含んでいる場合

(O360 グループと名づけた)を比較した(図 C)。そのとき、O360 グループすなわち、EI 転移を含んだ想起プロセスの課題の難易度の高い Phased セッションのときのみ、著しく反応時間を延長させ($p = 0.003$, 図 D)、課題正解率を低下させた($p = 0.004$, 図 E)ことが示された。一方、EI 転移を含んだ想起プロセス(O360 グループ)の NP セッションではそのような成績の低下は観察されなかった。

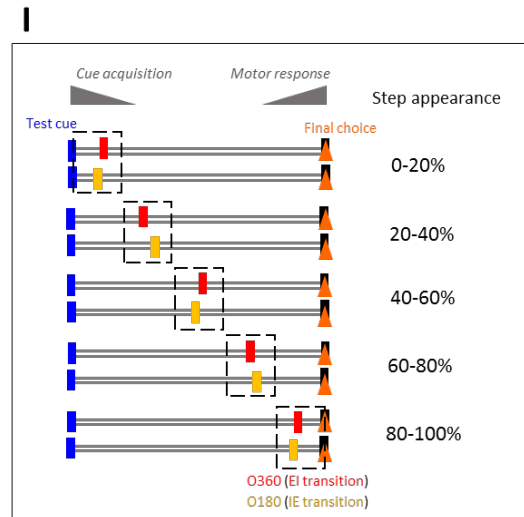


一方、呼吸相の吸息相-呼息相転移(IE 転移)が想起プロセスを含んでいない場合(U180 グループと名づけた)と含んでいる場合(O180 グループと名づけた)の比較(図 F)においては、そのような違いは認められなかった(図 G, H)。以上より、記憶課題の成績は、EI 転移を含んだ想起プロセスのときに、著しく低下し、IE 転移を含んだ想起プロセスのときは変化しないことが示された。

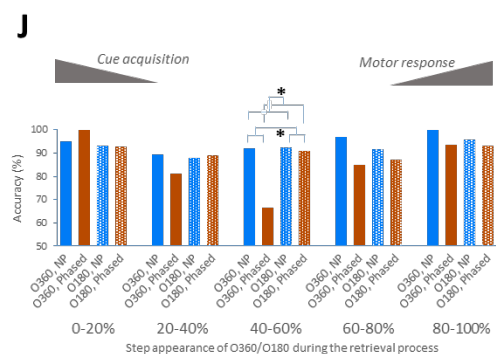


ここまで我々は、EI 転移を含む想起プロセスが課題の正解率の低下を引き起こすことを発見した。しかしながら、この効果が認知機能の低下によるものか、運動反応の低下に

よるものかは依然不透明である。そこで、この EI 転移効果を特定するために、EI 転移のみを含む想起プロセスと IE 転移のみを含む想起プロセスを抽出し、以下、段階的出現解析を行った(図 I、方法参照)。この方法を用いることで、EI 転移効果と IE 転移効果を直接比較することができる。例えば、想起プロセスにおいて、0-20%ステップ群は画像獲得のプロセスに反映していて、80-100%ステップ群は運動反応に反映しているといえる。



ここで得られた結果として、40-60%ステップ群において、Phased セッションは NP セッションと比較して、課題成績の低下を示し、EI 転移を含んだ想起プロセスは IE 転移を含んだ想起プロセスと比較して、課題成績の低下を示した(図 J)。従って、EI 転移による課題の成績の低下は、特に、想起プロセスの中間ステップ(40-60%)で起こることが示された。



以上より、本研究では、数秒単位で周期的に現れる呼吸相の EI 転移が、特に難易度の高い認知課題を行ったときに、課題の成績を低下させることを見出した。

我々が示した結果には、EI 転移および IE 転移を含んだ想起プロセスでは、反応時間が少し長くなるというものがある。これは、反応時間が呼吸相ごとに単に変化したり、EI 転移や IE 転移を越える前段階で増加したりするという可能性を含んでいる。しかし

ながら、本実験の成果の大事なポイントは、EI 転移の出現が課題の正解率を低下させたことであり、それは画像提示間隔のランダムさが大きいとき(Phased セッション)に起こったということである。そして、この正解率の低下は反応時間の延長と関連していた。一般的に、長い反応時間は課題のパフォーマンスエラーを低下させ、この効果は「速さと正確さのトレードオフ」として知られている。我々が発見したことは、従来の反応時間と正解率のトレードオフがある特定の呼吸ポイントで成り立たなくなることであり、従って、想起プロセスは EI 転移に直面した際は機能しづらくなると結論づけるのは妥当であると考えている。

このような呼吸依存的な認知機能低下は、認知課題の際、数秒単位で出現する可能性があることから、この認知機能低下の改善は、日々の生活やスポーツ活動で成功パフォーマンスの維持や安定においてとても重要であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

1. Nakamura NH, Fukunaga M, Oku Y. Respiratory modulation of cognitive performance during the retrieval process. PLoS One. 査読有 Revised.

2. 中村 望. ストレス社会でよりよく生きていくための呼吸. 環境と健康. 2016. 29: 185-193. 査読無

[学会発表](計 6 件)

1. Nakamura NH. Breathing-dependent cognitive decline during memory retrieval. 第95回日本生理学会大会、2018年3月28-30日. サポートホール高松(香川県高松市)

2. Nakamura NH, Fukunaga M, Oku Y. Recruitment of cardiac vagal tone in a short delay during cognitive processes. Oxford Conference on Modelling and Control of Breathing (Oxford Conference 2017). 2017年9月17日-21日. Merton College (Oxford, UK)

3. Nakamura NH, Fukunaga M, Oku Y. Vagal tone is predicted by involuntary

exhalation immediately before a stress inducible task. 第40回日本神経科学大会、2017年7月20-23日. 幕張メッセ(千葉県千葉市)

4. 中村 望, 福永雅喜, 越久仁敬. 識別課題の精神的ストレス反応への迷走神経ブレーキの安定性 - 規則性呼吸延長の役割 -. 第94回日本生理学大会(ポスター発表). 2017年3月28日-30日. アクティシティ浜松(静岡県浜松市)

5. Nakamura NH, Fukunaga M, Oku Y. Natural respiratory types on cognitive flexibility and recognition during human discrimination task. Society for Neuroscience Neuroscience 2016(ポスター発表) 2016年11月12日-16日. San Diego Convention Center (San Diego, USA)

6. 中村 望, 福永雅喜, 越久仁敬. Natural respiratory types on deductive reasoning during human discrimination task、ヒトの弁別課題時の演繹的推論における自然呼吸の種類、第93回日本生理学大会(ポスター発表). 2016年3月22日-24日. 札幌コンベンションセンター(北海道札幌市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者 越久 仁敬 (OKU, Yoshitaka)
兵庫医科大学・医学部・教授
研究者番号: 20252512

(2) 研究分担者 中村 望 (NAKAMURA, Nozomu)
兵庫医科大学・医学部・助教
研究者番号: 50450961

(3) 連携研究者 定藤 規弘 (SADATO, Norihiro)
生理学研究所・システム脳科学研究領域・教授
研究者番号: 00273003

(4) 連携研究者 福永 雅喜 (FUKUNAGA, Masaki)
生理学研究所・システム脳科学研究領域・准教授
研究者番号: 40330047