

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K10852

研究課題名(和文) 運動時に賦活する機能的脳ネットワークの解明と脳機能を高める至適運動条件の探索

研究課題名(英文) Identification of exercise-specific functional brain network and its exercise-condition dependency

研究代表者

北 一郎 (Kita, Ichiro)

東京都立大学・人間健康科学研究科・教授

研究者番号：10186223

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、脳機能向上効果を生み出す最適な運動条件をみつけだすために、免疫組織化学を用いた脳機能マッピング法をベースとして、運動時の機能的脳ネットワークの可視化とその運動条件依存性について解明することを目的とした。結果として、運動による効果的な抗うつ・抗不安効果は、運動強度と運動時間の相互作用によって決定され、低強度あるいは30分以上の運動が効果的である可能性が示唆された。さらに、脳領域間の全体的な機能的接続性は安静時に比べ運動時に減少し、運動時の機能的脳ネットワーク構造は運動強度に依存して異なることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

身体運動は情動に関与する複数の脳領域を同時に活性化することにより、多様な精神機能および心理的健康に有益な効果をもたらすことが示唆されている、しかし、運動の恩恵効果を最大限に享受するための至適運動条件については未だ明確となっていない。本研究の成果は、運動がもたらす脳機能向上の神経メカニズムの解明と至適運動条件の探索に新たな洞察を提供するものであり、ストレス社会や高齢化に伴う脳機能の低下、精神疾患の予防・改善に向けた適切な運動処方法の確立に貢献するものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The present study tried to identify the exercise-specific functional brain network recruited by acute treadmill running in rats and its exercise-condition dependency, using c-Fos immunohistochemistry and correlation analysis to establish the optimal exercise regimens for psychological health. We found an interaction between exercise intensity and duration on the antidepressant/anxiolytic effects of acute exercise, and the results of this study indicated that low-intensity and/or prolonged acute exercise may have positive effects on helplessness or behavioral despair. In addition, the matrices of inter-regional correlations for Fos expression induced by acute exercise showed less co-activation compared to that in the control, and the structure of clusters and the hub region in the functional brain network were different between low and high intensity exercise. These results suggest exercise-condition dependency on functional brain networks underlying the beneficial effects of exercise.

研究分野：運動生理学・行動神経科学

キーワード：脳機能 機能的脳ネットワーク 運動 精神機能 免疫組織化学 グラフ理論 行動神経科学 運動処方

1. 研究開始当初の背景

近年の大規模な疫学調査やメタ分析は、継続的な運動・身体活動の実践が我々の心身の健康に多様な恩恵効果を与えてくれることを示している。しかし、どのような運動でも必ず良好な効果が得られるわけではなく、特に脳機能(あるいは精神機能)に対する運動の効果においてこの点は強調される。確かに、ヒトを対象とした介入研究や動物実験によって運動が脳機能の向上に寄与することが示されているが、個々の研究における運動条件はさまざまであり、適切な運動プログラムの確立には未だ至っていない。現代ストレス社会が生んだ精神疾患(うつ病、不安症)、ストレス障害、メンタルヘルスの悪化、さらに高齢化に伴う認知症、記憶・学習の減退が、健康寿命の延伸を妨げる重要な社会問題となっているが、これらを予防・改善するために低コスト低リスク介入法として運動が注目されており、それぞれの症状に合った適切な運動条件の確立が求められている。この問題を解決するためには、運動の効果を経験的な現象論として捉えるだけでは限界があり、なぜ効果が得られるのかの視点に立ったアプローチが有効な方略となり得る。すなわち、運動による効果を神経メカニズムから捉え、それを根拠とした至適運動条件を確立することが重要な課題である。

運動は認知機能、記憶・学習、情動反応など、多様な精神機能を改善することが一般的に知られている。この運動効果の多様性は、運動が一部の脳領域だけでなく、複数の脳領域に同時に作用していることを示唆する。しかし、運動と精神機能に関するこれまでの研究の多くは特定の脳領域をターゲットとしているに過ぎず、複数の脳領域を対象とした検討はほとんどなされていない。また、一般に精神機能は一部の脳領域の神経活動だけでなく、複数の脳領域の協調的な賦活によって発揮されると考えられていることから、運動は広範な脳領域間に協調的な神経活動を引き起こしていると考えられる。このことから、運動の脳機能へ与える効果の神経メカニズムの解明には、これまでの脳機能局在論に基づいた研究だけでは限界があり、脳全体に焦点を当てその協調的な賦活について検討することが必要であると考えられる。

近年、脳領域間の協調的な活動を捉える方略として、脳全体のネットワークを解剖学的な接続のみならず、脳領域間の神経活動の共変動をもとにして機能的接続を導き出す機能的脳ネットワークという概念が提案されている。特に動物実験において行動を拘束・制限しない免疫組織化学的手法を用いた機能的脳ネットワークの同定法は、運動時の機能的脳ネットワークを同定するために有用な方法であると考えられる。一般に機能的脳ネットワークの同定は相関分析により行われ、さらにネットワークの特徴を抽出するためにグラフ理論解析が用いられる。その際、まず機能的接続を決定するための閾値となる相関係数の値の設定が重要となる。さらに、その機能的脳ネットワークにおけるバブ領域やクラスター構造を抽出するために、グラフ理論に基づく次数分布、次数中心性、媒介中心性、モジュラリティなどの指標を算出することが必要であるが、これらの指標の設定に関する統一した基準が未だ確立されているとは言えない。一方で、これまで、運動条件によって精神機能や脳の神経活動に与える影響は異なることが報告されているにも関わらず、運動時の機能的脳ネットワークの運動条件依存性についても検討されていない。

2. 研究の目的

運動が脳機能に及ぼす効果の神経メカニズムに関しては、細胞生物学、分子生物学の観点から動物実験により貴重な知見が多く得られているが、その大部分は特定の脳部位(局所部位)をターゲットとしているにすぎない。個々の精神機能は中核となる脳領域に加え他の脳領域間との協調作用によって支えられていることから、脳機能は脳全体の統合機能としても理解されるべきである。実際、運動は、記憶・学習、情動反応、認知・実行機能および生存に不可欠な行動(摂食、睡眠・覚醒、社会性)といった多様な精神機能に影響することから、運動はある特定の脳部位というより複数の脳部位を賦活化していることを示唆する。その脳ネットワークは単に解剖学的接続だけでなく、それぞれの脳領域における神経活動のクロストークを反映したネットワーク(機能的神経回路)となっているはずである。最近、我々は動物実験において、免疫組織化学法を用いて運動時に賦活される機能的神経回路の同定法の確立を試み(挑戦的萌芽研究:H28-29)運動条件依存性を評価しうる可能性について確認しつつある。これまでのヒトを対象とした機能的神経回路の同定にはニューロイメージング法(fMRI)が多く用いられているが、それに比べ動物実験を用いた我々の方法は、神経活動の時間同期性は劣るが、行動を拘束・制限しない、賦活脳部位の空間解像度が高い、細胞タイプ(神経伝達物質の種類)および解剖学的接続の同定を可能にする、といったより詳細な解析が行えると考えられる。

本研究では、動物実験を用い、免疫組織化学的手法を用いた脳機能マッピング法をベースとして運動時の機能的脳ネットワークを可視化し、理論的妥当性を備えた運動特異的な機能的脳ネットワークを同定し、その運動条件依存性と精神機能の同時解析から、脳機能を高める最適な運動条件を探索することを目的とした。

3. 研究の方法

【被検動物】

本研究では、ヒトに外挿することを念頭に、共通の神経基盤を有する動物を用いて実験を行った。使用した被検動物として、Wistar 系雄性ラットを用いた。

【運動条件】

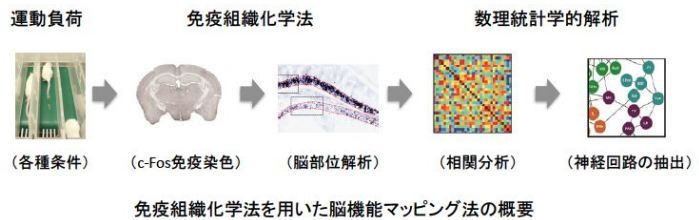
運動条件の変数として、運動強度および運動時間を操作した。Wistar 系雄ラットに異なる運動強度および運動時間の急性トレッドミルランニングを行わせた。運動強度については小動物用トレッドミルを用いてランニング速度を制御し、乳酸性作業閾値を基準とした閾値以下（低強度：15m/min 相当）と閾値以上（中高強度：25m/min 相当）の運動強度を用いた。また運動時間については、各運動強度に対して、短時間（15 分）、中程度時間（30 分：有酸素運動として適切といわれる時間）、長時間（60 分）でトレッドミルランニングを行った。

【精神機能への効果】

本研究では動物実験を用いることから、運動による精神機能の変化については言語的に取り扱うことが困難なため、これまでスタンダードとされている行動テストにより評価した。不安様行動、うつ様行動を対象とし、それぞれ高架式十字迷路テスト、強制水泳テストを行った。

【機能的脳ネットワークの同定】

本研究では、免疫組織化学法を用いた脳機能マッピング法により運動時の機能的脳ネットワークの可視化を行った。対象とした脳領域(ROI)は運動や精神機能に関連する 28 脳領域とし、運動時の神経活動は c-Fos 免疫組織化学染色法を用いて定量化した。運動後、脳を摘出し、神経活動のマーカである c-Fos タンパク質の発現データをもとに脳内神経活動の空間特性について解析した。機能的脳ネットワークの可視化については、神経活動の脳領域間共変動を相関分析により求め脳機能マッピングを行った。ネットワーク分析にはグラフ理論を適用し、全体効率係数（機能統合の指標）およびクラスタリング係数（機能分離の指標）を求め、中核となる脳領域（ハブ）および機能的クラスター（脳領域集団）を抽出した。これらの指標をもとに機能的脳ネットワークの運動条件依存的特性を抽出した。



【機能的脳ネットワークの妥当性の検証】

文献研究から各種精神機能の中核となる脳領域を選択し、運動による行動変容と合わせて脳ネットワーク内でのその脳領域の貢献度を検討し、機能的脳ネットワークの妥当性について検証した。

【脳機能を高める最適運動条件の抽出】

上記実験の成果から、脳機能を効果的に高める機能的な脳ネットワーク構造を同定し、どのような運動条件が中核脳領域の活性化に貢献するのか、また運動条件に関わらず共通に作動する脳領域の検出も合わせて、個々の脳機能に対する効果的な運動処方 の確立を試みた。

4. 研究成果

【運動による抗うつ・抗不安作用の運動条件依存性】

本研究では、ラットに異なる運動強度（コントロール、低強度、中高強度）および異なる運動時間（15、30、60 分）で急性のトレッドミルランニング行わせた後、強制水泳テスト(FST)および高架式十字迷路テスト (EPM)を実行し、運動による抗うつ・抗不安作用について評価した。さらに、抗うつ・抗不安に関連する中脳背側室傍核のセロトニンニューロンの神経活動との関係について検討した。結果として、30 分以上の低強度運動および 60 分の高強度運動により FST における不動時間がコントロールに比べて減少し（**図 1**）、30 分の低強度運動により EPM におけるオープンアーム滞在時間が長くなった（**図 2**）。さらに、30 分および 60 分の運動におけるセロトニンニューロン活動は、FST の不動時間と負の相関にあり、EPM におけるオープンアーム滞在時間と正の相関が認められたが、15 分の運動においては有意な相関は認められなかった（**図 3・4**）これらの行動変化および神経活動の結果から、急性運動による抗うつ・抗不安効果は、運動強度と運動時間の相互作用により影響されることが示唆された（Morikawa et al, JPS, 2021）。

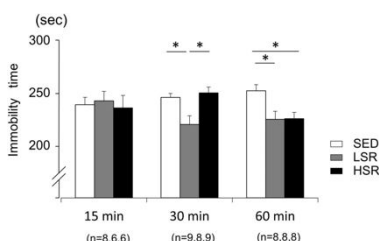


図1 運動による抗うつ効果
（強制水泳テスト）

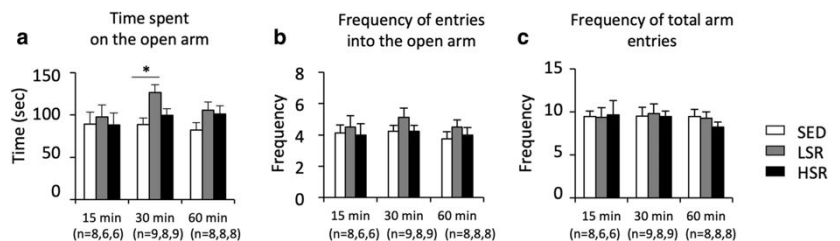


図2 運動による抗不安効果
（高架式十字迷路テスト）

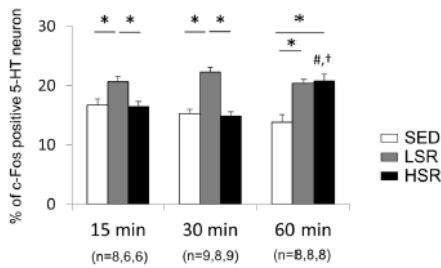


図3 運動時のセロトニンニューロン活動

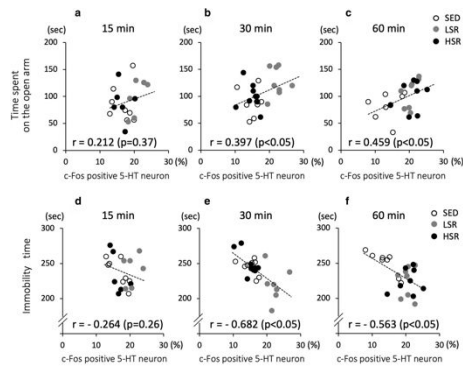


図4 セロトニンニューロン活動と行動テストの関係

【運動の機能的脳ネットワークの可視化と運動条件依存性】

運動は、その強度にかかわらず、一次運動野(M1)、外側線条体(dlCPu)、扁桃体中心核(Ce)、海馬歯状回(DG)、青斑核(LC)の神経活動を賦活した。また、高強度運動においてのみ賦活した脳領域は、二次運動野(M2)、体性感覚野(S1)、内側線条体(dmCPu)、側坐核(NAcC、NAcS)、視床下部室傍核(PVN)、海馬(CA1)、腹側被蓋野(VTA)、扁桃体基底外側核(BLA)、背側縫線核腹側部(DRV)であった。一方で、低強度運動群においてのみ賦活した脳領域は、背側縫線核縦管束間部(DRI)であった。これらの結果から、急性運動によって賦活される脳領域は運動強度によって異なることが示唆される。

機能的脳ネットワークの同定のために、まず、各脳領域の神経活動の領域間相関分析を行った。運動強度別に相関行列を求め、それぞれの全相関係数の平均値を比較した結果、その平均値は非運動群(コントロール)よりも低強度運動群、高強度運動群で有意に小さい値を示し、さらに低強度運動群は高強度運動群よりも有意に小さい値を示した(図5)。このことは、運動は特定の脳領域間の協調性を高め、その傾向は低強度運動によってより顕著であることを示唆する。次に、

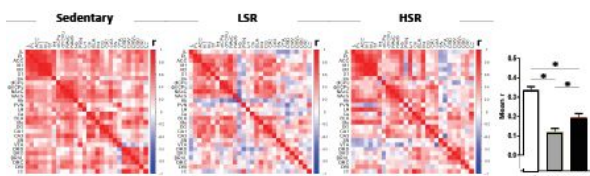


図5 脳領域間神経活動の相関マトリックス

脳領域間の有意な相関係数をもとに接続閾値を|0.55|, |0.60|, |0.65|, |0.70|, |0.75|, |0.80|と設定し、各運動強度における機能的脳ネットワークを可視化した。これらのうち最も妥当な機能的脳ネットワークとなる相関係数の閾値を選定するため、それぞれの機能的脳ネットワークにおいて次数分布(ある頂点に接続している辺の数の頻度)を算出し、それが多くの生物学ネットワークで見られる特徴であるべき乗則に従う(スケールフリー)かどうかを検討した。その結果、|0.65|が、3群共通してスケールフリーに近い次数分布を示したことから、本研究においては閾値を $r > |0.65|$ と設定したネットワークを妥当な機能的脳ネットワークとした。次に、各運動強度における機能的脳ネットワークの特徴を抽出するためグラフ理論解析を行った。各機能的脳ネットワークのハブ領域を推定するために次数中心性と媒介中心性を算出し、クラスター構造を推定にはモジュラリティを算出した。その結果、非運動時では4つのハブ領域(IL, ACC, NAcC, BLA)、低強度運動時では5つのハブ領域(M1, M2, dmCPu, NAcC, CA1)、高強度運動時では1つのハブ領域(Hb)が抽出された(図6)。さらに、非運動時には4つのクラスター(解剖学的に比較的近い脳領域同士によって形成されるクラスター)が形成され、低強度運動時には3つのクラスター(記憶と運動機能を統合するクラスター、快を得るために認知的価値判断をするためのクラスターを含む)、高強度運動時には3つのクラスター(強い刺激に対する負の情動を発現に関するクラスター、認知機能と運動機能を統合するクラスターを含む)が形成されることが示された(図7)。これらの結果は、運動時に賦活する機能的脳ネットワークのハブ領域やクラスター構造が運動強度により異なることを示し、運動時に形成される機能的脳ネットワークは強度に依存して変化することを示唆している。

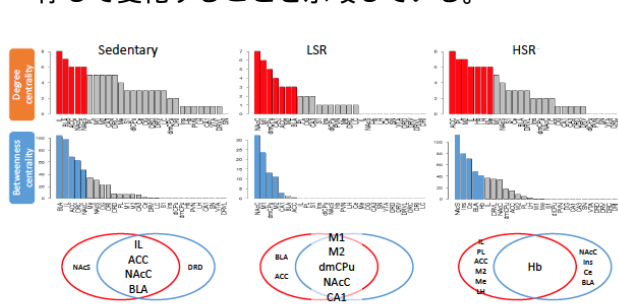


図6 運動時の機能的脳ネットワーク(ハブ領域)

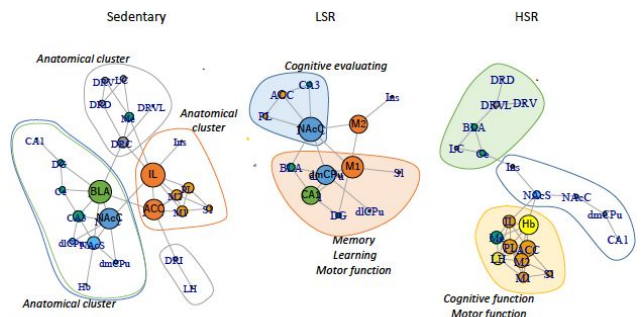


図7 運動時の機能的脳ネットワーク(クラスター構造)

本研究は、運動時に形成される機能的脳ネットワークの同定およびその運動条件依存性の探

索を試みた初めての研究であり、このような研究は、今後、運動による精神機能改善効果の神経メカニズムの理解に大きな洞察を提供するものである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Morikawa Ryoko, Kubota Natsuko, Amemiya Seiichiro, Nishijima Takeshi, Kita Ichiro	4. 巻 71
2. 論文標題 Interaction between intensity and duration of acute exercise on neuronal activity associated with depression-related behavior in rats	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physiological Sciences	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12576-020-00788-5	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 Takahashi Miyuki, Sugiyama Arika, Wei Ran, Kobayashi Shizuka, Fukuda Kimiko, Nishino Hironori, Takahashi Roka, Tsutsumi Koji, Kita Ichiro, Ando Kanae, Manabe Toshiya, Kamiguchi Hiroyuki, Tomomura Mineko, Hisanaga Shin-ichi	4. 巻 10
2. 論文標題 Hyperactive and impulsive behaviors of LMTK1 knockout mice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-72304-z	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 Yamanaka Erika, Inayama Takayo, Ohkawara Kazunori, Okazaki Kanzo, Kita Ichiro	4. 巻 6
2. 論文標題 The association between obesity and sedentary behavior or daily physical activity among children with Down's syndrome aged 7?12 years in Japan: A cross-sectional study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e04861 ~ e04861
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.heliyon.2020.e04861	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 Amemiya Seiichiro, Ishida Maina, Kubota Natsuko, Nishijima Takeshi, Kita Ichiro	4. 巻 174
2. 論文標題 Stress drives deliberative tendencies by influencing vicarious trial and error in decision making	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neurobiology of Learning and Memory	6. 最初と最後の頁 107276 ~ 107276
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.nlm.2020.107276	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 Kubota N, Amemiya S, Yanagita S, Nishijima T, Kita I	4. 巻 371
2. 論文標題 Central nucleus of the amygdala is involved in induction of yawning response in rats	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Behavioural Brain Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbr.2019.111974	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 -

〔学会発表〕 計21件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 久保田夏子、劉依然、雨宮誠一郎、西島 壮、北 一郎
2. 発表標題 長期的自発運動が向社会的行動に及ぼす影響とオキシトシン神経の関与
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田直美、久保田夏子、北 一郎
2. 発表標題 ヨーガにおける呼吸と動作の同期が心拍変動に及ぼす影響
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 脇山雄輔、船橋大介、北 一郎、西島 壮
2. 発表標題 飼育環境を狭小化するとマウスの身体活動量はどうか 集団飼育による社会的交流に着目して
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 船橋大介、北 一郎、西島 壮
2. 発表標題 単独飼育による社会的交流の欠如がマウスの身体活動量に及ぼす影響
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kubota N, Liu Y, Amemiya S, Nishijima T, Kita I
2. 発表標題 Long-term voluntary exercise may facilitate helping behavior through the activation of oxytocin neurons in rats
3. 学会等名 第43回日本神経科学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kubota N, Ishida M, Amemiya S, Nishijima T, Kita I
2. 発表標題 Involvement of monoaminergic neurons projecting to the prefrontal cortex in decision-making task immediately after acute stress. (前頭前野に投射しているモノアミン神経細胞が急性ストレス直後の意思決定課題に関与する)
3. 学会等名 第42回日本神経科学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Liu Y, Shiiba T, Kubota N, Ishida M, Nishijima T, Kita I
2. 発表標題 The effect of long-term voluntary exercise on helping behavior for soaked conspecifics in rats. (長期的自発運動が向社会的行動に及ぼす影響)
3. 学会等名 第42回日本神経科学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田夏子、笠原秀昭、雨宮誠一郎、西島 壮、北 一郎
2. 発表標題 ラットにおける運動強度依存的な機能的脳ネットワークの探索
3. 学会等名 第74回日本体力医学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Kubota, H. Kasahara, S. Amemiya, T. Nishijima, I. Kita
2. 発表標題 Identification of exercise-specific functional brain network and its exercise-intensity dependency
3. 学会等名 Neuroscience 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Liu, N. Kubota, S. Amemiya, T. Nishijima, I. Kita
2. 発表標題 Long-term voluntary exercise affected helping behavior mediated by activity of oxytocin neurons in rats
3. 学会等名 Neuroscience 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Amemiya, M. Ishida, N. Kubota, T. Nishijima, I. Kita
2. 発表標題 Stress drives deliberative tendency via influences on vicarious trial-and-error and monoaminergic systems
3. 学会等名 Neuroscience 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北 一郎
2. 発表標題 脳を守る至適運動・環境条件の探索（シンポジウム）：運動による抗うつ効果の至適運動条件の探索
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笠原秀昭、石田舞奈、森川涼子、西井愛裕、庄司一貴、久保田夏子、西島 壮、北 一郎
2. 発表標題 運動時に賦活する機能的脳神経ネットワークの運動強度依存性
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石田舞奈、雨宮誠一郎、笠原秀昭、西島 壮、北 一郎
2. 発表標題 既修得課題直前のストレスが課題のパフォーマンスに及ぼす影響とモノアミン神経系の関与
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 船橋大介、北 一郎、西島 壮
2. 発表標題 豊かな環境による脳機能向上に身体活動が果たす役割
3. 学会等名 第73回日本体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 北 一郎、椎葉竜生、石田舞奈、笠原秀昭、西島 壮
2. 発表標題 Activity of oxytocin neurons mediate prosocial behavior in rats of different familiarity (オキシトシン神経活動はラットの向社会的行動に關与する)
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笠原秀昭、石田舞奈、森川涼子、西井愛裕、西島 壮、北 一郎
2. 発表標題 Acute treadmill running at different intensities forms intensity-specific functional brain networks (急性運動は強度特異的に機能的脳神経ネットワークを形成する)
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石田舞奈、雨宮誠一郎、笠原秀昭、西島 壮、北 一郎
2. 発表標題 Acute mild stress just before the choice task in a familiar situation increases a deliberate tendency in decision-making via monoaminergic systems (選択課題直前のマイルドなストレスはモノアミン神経系を介して意思決定における「慎重さ」を高める)
3. 学会等名 第41回日本神経科学大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. KASAHARA, M. ISHIDA, R. MORIKAWA, A. NISHII, K. SHOJI, N. KUBOTA, T. NISHIJIMA, I. KITA
2. 発表標題 Identification of functional brain networks recruited by acute treadmill running at different intensities
3. 学会等名 Neuroscience 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. ISHIDA, S. AMEMIYA, N. KUBOTA, H. KASAHARA, T. NISHIJIMA, I. KITA.
2. 発表標題 Monoaminergic systems contribute to decision-making in the familiar choice task just after acute mild stress
3. 学会等名 Neurosicence 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 D. FUNABASHI, I. KITA, T. NISHIJIMA
2. 発表標題 A new method for recording rodents' physical activity using an implantable accelerometer
3. 学会等名 Neurosicence 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 北 一郎 (分担執筆) : 出村慎一監修	4. 発行年 2019年
2. 出版社 杏林書院	5. 総ページ数 337
3. 書名 健康・スポーツ科学のための動作と体力の測定法	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京都立大学 行動生理学研究室 http://www.comp.tmu.ac.jp/sport/personal/kita/kita.html</p>

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