

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02502

研究課題名(和文)脳機能・分子イメージングを活用した疲労・慢性疲労・抗疲労の脳科学

研究課題名(英文)Brain sciences for acute and chronic fatigue and anti-fatigue using integrated neurofunctional and molecular imagings

研究代表者

渡辺 恭良 (WATANABE, Yasuyoshi)

国立研究開発法人理化学研究所・ライフサイエンス技術基盤研究センター・センター長

研究者番号：40144399

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,600,000円

研究成果の概要(和文)：慢性疲労の分子神経メカニズム解明のために、ヒトの慢性疲労状態と疲労モデル動物を対象とした神経炎症、脳機能・構造や酸化ストレス動態の連関解析研究を実施した。これまでに研究実施者が明らかにしてきた慢性疲労症候群の病態と同様に、新規に開発した慢性疲労モデル動物において、酸化ストレスの促進、内分泌機能異常や脳内神経炎症が認められた。また、磁気共鳴画像法(MRI)を用いて慢性疲労症候群に限らず、健常慢性疲労者においても脳全体で萎縮が進むことを示唆する結果が得られた。さらに、脳磁図(MEG)研究からは、慢性疲労状態における安静時脳活動パターン変化を見出すことができた。

研究成果の概要(英文)：We investigated the associations among neuroinflammation, functions and structures of the brain and oxidative stress in order to clarify the molecular and neural mechanisms of chronic fatigue. In consistent with our previous findings of the pathology of chronic fatigue syndrome, we observed the enhancement of oxidative stress, impairment of endocrine function and neuroinflammation in a novel animal model of chronic fatigue. Atrophies of the widespread brain regions in human with chronic fatigue were observed using magnetic resonance imaging (MRI). In addition, we found that the pattern of neural activities of the brain in the resting state was significantly changed using magnetoencephalogram (MEG).

研究分野：イメージング

キーワード：疲労 自律神経 神経炎症 酸化ストレス イメージング PET MEG MRI

1. 研究開始当初の背景

疲労は、私たちに休息の必要性を知らしめ、過剰活動により疲弊してしまうのを防御するための重要な生体警報（アラーム）の一つである。痛み、発熱、疲労といった三大生体アラーム機構の中では、痛み、および発熱の分子神経メカニズムがかなり解明されているのに対し、疲労の分子神経メカニズムに関しては、申請者らが本格的な研究に取り組む以前は、ほとんど断片的な研究しかなかった。そこで、本研究実施者らは、健常者の急性疲労、および慢性疲労症候群等の疾患関連疲労に焦点を当てた疲労の分子神経メカニズム研究を推進し、①疲労の分子神経メカニズムの統合的解明に道筋を与えてきたこと、②様々な要因による疲労のバイオマーカーを抽出し疲労の客観的計測を進めてきたこと、③慢性疲労症候群、人工透析患者などの疲労倦怠の臨床研究を進める疲労臨床センターや疲労計測ラボを設けて疲労臨床の推進に努めてきたこと、④これらの環境を最大限に利用し、抗疲労・癒しを目標とする医薬品・食品・生活用品・生活空間環境開発プロジェクトを立ち上げ推進してきたこと、⑤子どもの慢性疲労と学習意欲のコホート研究により疲労倦怠・学習意欲低下児の生活改善・教育向上の糸口を見いだしたこと、が大きな成果として反響を呼び、多数の企業とも連携しており、国内外で多大な社会的・経済的影響を与えてきた。しかしながら、国民の実に約4割が有している（6ヵ月以上疲労・倦怠感が持続する）慢性疲労の分子神経メカニズム研究については殆ど手つかずの状態である。

2. 研究の目的

疲労克服・健康社会実現のためには、慢性疲労の分子神経メカニズムを解明することが肝要である。これまでの急性疲労と疾患関連疲労研究成果を基盤とした脳内の神経炎症やエネルギー代謝動態評価に資する脳分子イメージング研究、疲労・疲労感・疲労の条件付け・疲労による意欲低下や抑うつ症状に関する神経回路理解に資する脳機能・形態イメージング研究、およびこれら脳イメージング研究と酸化ストレスや自律神経機能の連関解析による統合的研究を推進し、疲労克服社会を実現する基盤を築くことを目的とした。

3. 研究の方法

慢性疲労のバイオマーカーや生活活動の疲労度スケールをさらに定量性のあるものに高度化・実用化し、疲労モデル動物も活用しながら慢性疲労状態における酸化ストレス動態、ストレス関連ホルモン動態や脳内神経炎症動態を検証した。脳磁図（MEG）や磁気共鳴像法（MRI）による非侵襲的脳機能イメージングを用いて安静時脳活動や課題関連脳活動を指標とし、慢性疲労の疲労・疲労

感・疲労による意欲低下・疲労の条件付けの担当脳部位・神経回路のコアメカニズムを探求することを検討した。

4. 研究成果

疲労モデル動物に関しては、神経・内分泌・免疫機能の異常をきたすモデル作製が行われているが、本研究実施者らは水浸疲労モデルを用いて、水浸疲労負荷の期間中に5～10分間、通常飼育ケージに戻して一時的に疲労回復を促す回復期を繰り返し挿入することで、恒常性機能の異常を引き起こす断続的水浸慢性疲労モデルの開発に成功した（図1）。

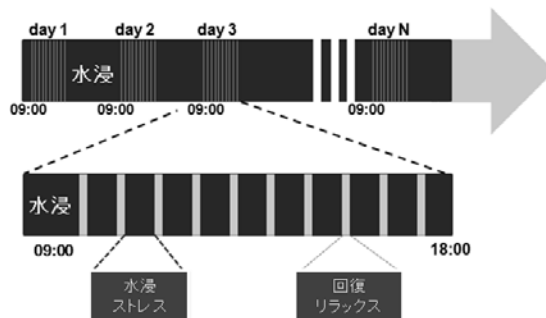


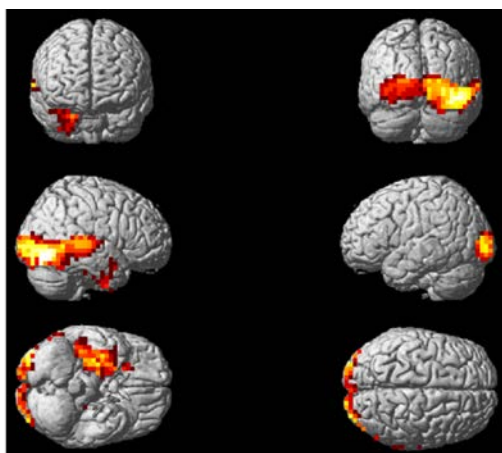
図1 慢性疲労モデル動物作製プロトコル

本慢性疲労モデル動物では、体温・睡眠調節機構の機能異常を示唆する所見が得られた。慢性疲労負荷中の血液中ストレス関連ホルモンの経時的な変化を解析し、コルチコステロンのネガティブフィードバック調節の機能異常を明らかにした。さらに、血液中の酸化ストレスマーカーである reactive oxygen metabolites-derived compounds (d-ROMs) 値が有意に上昇することも明らかにした。陽電子放射断層画像撮影法（PET）を用いた分子イメージング研究からは脳内の神経炎症を示唆する成果も得られた。ヒトの慢性疲労病態の比較のため、慢性疲労症候群患者についても種々の問診票や生理学的検査を用いて多彩な臨床症状がみられる患者の臨床病態 {疲労・抑うつ度、Performance Status、生活の質（Quality of Life）、睡眠覚醒リズム、酸化ストレス、自律神経機能など} の評価を行い、一部、慢性疲労モデル動物と慢性疲労症候群患者間で類似した結果を示した。

慢性疲労とうつの連関作用機序については、疲労状態にうつ病や不安障害の患者ではネガティブな感情刺激への注意の偏りが認められるが、精神的疲労状態ではそれとは異なる特性の注意の偏りが認められることを明らかにした。さらに、MRIを用いた研究を行い、その偏りが生じる脳神経基盤も同定した。課題遂行に関連した賦活度評価だけでなく、疲労に関するヒト大脳皮質の神経突起特性、自発的共振活動や皮質間の機能的・構造的連絡性（コネクトーム）解析法も確立した。プレリミナリーな結果ではあるが、慢性疲労症状が強いほど神経細胞が集積する脳全体

の灰白質領域において萎縮の程度が進んでいることを示唆する知見を得た。

疲労における抑制性・促進性制御機構を統合的に解明するため、MEG試験を実施した。精神的疲労および身体的疲労によって誘発される脳の過剰活動、過剰活動によって引き起こされた防衛機構、そして過剰活動を惹起する促進機構など疲労のさまざまな側面に関する脳神経基盤を統合的に明らかにした。特に、従来 MEG 検査では不可能と考えられていた、精神的疲労、および身体的疲労負荷実施中の脳活動の観察に成功し、疲労の本態が、負荷実施中の過剰抑制と実施直後の過剰活動であることをつきとめた (図2)。これらの急性疲労の知見に加えて、慢性疲労と関連のある脳部位の同定を、光刺激実験を用いて成功した。



$P < 0.05$, 補正済み
精神的疲労負荷後MEGセッション/精神的疲労負荷前MEGセッション
α周波数帯域、潜時0-500 msにおける事象関連同期解析

図2 疲労イメージングマーカー

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 43 件)

1. Ishii, A., Ishizuka, T., Muta, Y., Yamano, E., Tanaka, M., Watanabe, Y.: The neural effects of positively and negatively re-experiencing mental fatigue sensation: a magnetoencephalography study. *Exp Brain Res*, 236(6): 1735-0747, 2018. 査読有. doi: 10.1007/s00221-018-5260-0.
2. Saito, N., Yamano, E., Ishii, A., Tanaka, M., Nakamura, J., Watanabe, Y.: Involvement of the olfactory system in the induction of anti-fatigue effects by odorants. *PLoS One*, 13(3): 0195263, 2018. 査読有. doi: 10.1371/journal.pone.0195263.
3. Kii, I., Hirahara-Owada, S., Yamaguchi, M., Niwa, T., Koike, Y., Sonamoto, R., Ito, H., Takahashi, K., Yokoyama, C., Hayashi, T., Hosoya, T., Watanabe, Y.: Quantification of receptor activation by oxytocin and vasopressin in

endocytosis-coupled bioluminescence reduction assay using nanoKAZ. *Anal Biochem*, 549: 174-183, 2018. 査読有. doi: 10.1016/j.ab.2018.04.001.

4. Fukutomi, H., Glasser M.F., Zhang H, Autio, J.A., Coalson, T.S., Okada, T., Togashi, K., Van Essen, D.C., Hayashi, T.: Neurite imaging reveals microstructural variations in human cerebral cortical gray matter. *Neuroimage*, S1053-8119(18): 30105-8, 2018. 査読有. doi: 10.1016/j.neuroimage.2018.02.017.
5. Kusuhara, H., Takashima, T., Fujii, H., Takashima, T., Tanaka, M., Ishii, A., Tazawa, S., Takahashi, K., Takahashi, K., Tokai, H., Yano, T., Kataoka, M., Inano, A., Yoshida, S., Hosoya, T., Sugiyama, Y., Yamashita, S., Hojo, T., Watanabe, Y.: Comparison of pharmacokinetics of newly discovered aromatase inhibitors by a cassette microdosing approach in healthy Japanese subjects., *Drug Metab Pharmacokinet.*, 32(6): 293-300, 2017. 査読有. doi: 10.1016/j.dmpk.2017.09.003.
6. Ishii, A., Tanaka, M., Yoshikawa, T., Watanabe, Y.: Evidence for unconscious regulation of performance in fatigue. *Sci Rep*, 7(1): 16103, 2017. 査読有. doi: 10.1038/s41598-017-16439-6.
7. Kikuchi, T., Morizane, A., Doi, D., Magotani, H., Onoe, H., Hayashi, T., Mizuma, H., Takara, S., Takahashi, R., Inoue, H., Morita, S., Yamamoto, M., Okita, K., Nakagawa, M., Parmar, M., Takahashi, J.: Human iPSC cell-derived dopaminergic neurons function in a primate Parkinson's disease model. *Nature*, 548(7669): 592-596, 2017. 査読有. doi: 10.1038/nature23664.
8. Morizane, A., Kikuchi, T., Hayashi, T., Mizuma, H., Takara, S., Doi, H., Mawatari, A., Glasser, M.F., Shiina, T., Ishigaki, H., Itoh, Y., Okita, K., Yamasaki, E., Doi, D., Onoe, H., Ogasawara, K., Yamanaka, S., Takahashi, J.: MHC matching improves engraftment of iPSC-derived neurons in non-human primates. *Nat Commun.*, 8(1): 385, 2017. 査読有. doi: 10.1038/s41467-017-00926-5.
9. Zhang, K., Zhu, Y., Zhu, Y., Wu, S., Liu, H., Zhang, W., Xu, C., Zhang, H., Hayashi, T., Tian, M.: Molecular, Functional, and Structural Imaging of Major Depressive Disorder. *Neurosci Bull.*, 32(3): 273-285, 2016. 査読有. doi: 10.1007/s12264-016-0030-0.
10. Yamano, E., Ishii, A., Tanaka, M., Nomura, S., Watanabe, Y.: Neural basis of individual differences in the response to mental stress: a

- magnetoencephalography study. *Brain Imaging Behav.*, 10(4): 1160-1171, 2016. 査読有. doi: 10.1007/s11682-015-9479-0.
11. Yoshikawa, T., Tanaka, M., Ishii, A., Yamano, Y., Watanabe, Y.: Visual food stimulus changes resting oscillatory brain activities related to appetitive motive. *Behav Brain Funct.*, 12(1): 26, 2016. 査読有. doi: 10.1186/s12993-016-0110-3.
 12. Matsushita, H., Tanaka, M., Kondo, M., Komatsu, F., Ueyama, I., Nakajima, Y., Tanaka, S., Sato, M., Ishii, A., Watanabe, Y.: Effect of water pillar shower bathing on sleep onset latency. *Med Sci Tech.*, 57: 88-94, 2016. 査読有. doi: 10.12659/MST.900800.
 13. Ishii, A., Tanaka, M., Watanabe, Y.: The neural mechanisms of re-experiencing physical fatigue sensation: a magnetoencephalography study. *Exp Brain Res.*, 234(9): 2433-2446, 2016. 査読有. doi: 10.1007/s00221-016-4648-y.
 14. Tanaka, M., Ishii, A., Watanabe, Y.: Roles of the right dorsolateral prefrontal cortex during physical fatigue: a magnetoencephalographic study. *Fatigue: Biomedicine, Health & Behavior*, 4(3): 146-157, 2016. 査読有. doi: 10.1080/21641846.2016.1175179.
 15. Tanaka, M., Ishii, A., Watanabe, Y.: Neural effect of physical fatigue on mental fatigue: A magnetoencephalography study. *Fatigue: Biomedicine, Health & Behavior*, 4(2): 104-114, 2016. 査読有. doi: 10.1080/21641846.2016.1167471.
 16. Ishii, A., Tanaka, M., Watanabe, Y.: Neural mechanisms to predict subjective level of fatigue in the future: a magnetoencephalography study. *Sci Rep.*, 6: 25097, 2016. 査読有. doi: 10.1038/srep25097.
 17. Kanzaki, A., Okauchi, T., Hu, D., Shingaki, T., Katayama, Y., Koyama, H., Watanabe, Y., and Cui, Y.L.: Extension of recovery time from fatigue by repeated rest with short-term sleep during continuous fatigue load: Development of chronic fatigue model. *J Neurosci Res.*, 94(5): 424-429, 2016. 査読有. doi: 10.1002/jnr.23718.
 18. Aoki, R., Kobayashi, N., Suzuki, G., Kuratsune, H., Shimada, K., Oka, N., Takahashi, M., Yamadera, W., Iwashita, M., Tokuno, S., Nibuya, M., Tanichi, M., Mukai, Y., Mitani, K., Kondo, K., Ito, H., Nakayama, K.: Human herpesvirus 6 and 7 are biomarkers for fatigue, which distinguish between physiological fatigue and pathological fatigue. *Biochem Biophys Res Commun.*, 478(1): 424-30, 2016. 査読有. doi: 10.1016/j.bbrc.2016.07.010.
 19. Fukuda, S., Nojima, J., Motoki, Y., Yamaguti, K., Nakatomi, Y., Okawa, N., Fujiwara, K., Watanabe, Y., Kuratsune, H.: A potential biomarker for fatigue: Oxidative stress and anti-oxidative activity. *Biol Psychol.*, 118:88-93, 2016. 査読有. doi: 10.1016/j.biopsycho.2016.05.005.
 20. Fukuda, S., Nojima, J., Kajimoto, O., Yamaguti, K., Nakatomi, Y., Kuratsune, H., Watanabe, Y.: Ubiquinol-10 supplementation improves fatigue, autonomic nervous function, and cognitive function in patients with chronic fatigue syndrome: An open-label placebo-controlled study. *Biofactors*. 42(4): 431-440, 2016. 査読有. doi: 10.1002/biof.1293.
 21. Yamano, E., Sugimoto, M., Hirayama, A., Kume, S., Yamato, M., Jin, G., Tajima, S., Goda, N., Iwai, K., Fukuda, S., Yamaguti, K., Kuratsune, H., Soga, T., Watanabe, Y., Kataoka, Y.: Index markers of chronic fatigue syndrome with dysfunction of TCA and urea cycles. *Sci Rep.*, 6: 34990, 2016. 査読有. doi: 10.1038/srep34990.
 22. Shingaki, T., Katayama, Y., Nakaoka, T., Irie, S., Onoe, K., Okauchi, T., Hayashinaka, E., Yamaguchi, M., Tanki, N., Ose, T., Hayashi, T., Wada, Y., Furubayashi, T., Cui, Y., Sakane, T., Watanabe, Y.: Visualization of drug translocation in the nasal cavity and pharmacokinetic analysis on nasal drug absorption using positron emission tomography in the rat. *Eur J Pharm Biopharm.*, 99: 45-53, 2016. 査読有. doi: 10.1016/j.ejpb.2015.
 23. Tanaka, M., Tajima, S., Mizuno, K., Ishii, A., Konishi, Y., Miike, T., Watanabe, Y. Frontier studies on fatigue, autonomic nerve dysfunction, and sleep-rhythm disorder. *J Physiol Sci*, 65(6): 483-498, 2015. 査読有. doi: 10.1007/s12576-015-0399-y.
 24. Tominaga, K., Tsumoto, C., Ataka, S., Mizuno, K., Takahashi, K., Yamagami, H., Tanigawa, T., Kawabe, J., Watanabe, T., Fujiwara, Y., Shiomi, S., Watanabe, Y., Arakawa, T.: Regional brain disorders of serotonin neurotransmission are associated with functional dyspepsia. *Life Sci.*, 137: 150-157, 2015. 査読有. doi: 10.1016/j.lfs.2015.07.023.

25. Tanaka, M., Ishii, A., Watanabe, Y.: Physical fatigue increases neural activation during eyes-closed state: a magnetoencephalography study. Behav Brain Funct., 11(1): 35, 2015. 査読有. doi: 10.1186/s12993-015-0079-3.
26. Mizuno, K., Tanaka, M., Tanabe, H.C., Joudoi, T., Kawatani, J., Shigihara, Y., Tomoda, A., Miike, T., Imai-Matsumura, K., Sadato, N., Watanabe, Y.: Less efficient and costly processes of frontal cortex in childhood chronic fatigue syndrome. NeuroImage: Clinical, 9: 355-368, 2015. 査読有. doi: 10.1016/j.nicl.2015.09.001.

他、17件

〔学会発表〕(計 92 件)

1. 渡辺恭良、疲労・抗疲労・意欲の脳科学、応用脳科学コンソーシアム：応用脳科学アカデミー、2017年11月28日。(招待講演)
2. 林拓也、ヒト・霊長類動物脳コネクトームとパイプライン、第1回ヒト脳イメージング研究会、2017年9月1日。(招待講演)
3. 林拓也、HCPパイプライン、多疾患研究会、2017年8月30日。(招待講演)
4. Watanabe, Y.: Fatigue and anti-fatigue science with green innovation. 2017 Osaka City University International Symposium: Symbiosis of People and Plants for the Future of the City. 2017年6月9日。(招待講演)
5. 渡辺恭良、最新の疲労研究について、アストラゼネカ株式会社疲労のメカニズム・疲労回復セミナー、2017年5月31日。(招待講演)
6. 渡辺恭良、Precision Health：疲労・抗疲労の科学、キューピー株式会社講演会、2017年4月3日。(招待講演)
渡辺恭良、Precision Health：個別健康の最大化、関西健康・医療創生会議 関西健康・医療創生会議シンポジウム、2017年3月28日。(招待講演)
7. 渡辺恭良、個別健康の最大化：食品の抗疲労効果、川島「健康・長寿の産業化・地域ブランド化推進セミナー」2017年3月6日。(招待講演)
8. 田中雅彰、脳磁図を用いた疲労の評価方法、メディカルジャパン 2017 大阪、2017年2月16日。(招待講演)
9. 渡辺恭良、疲労・抗疲労・意欲の脳科学、株式会社 NTT データ経営研究所 応用脳科学コンソーシアム：応用科学アカデミー、2017年2月14日。(招待講演)
10. 渡辺恭良、疲労の最新研究、一般社団法人電解水透析研究会第10回電解水透析研究会、2017年2月4日。(特別招待講演)
11. 林拓也、分子コネクトームによる脳可塑性の可視化、東北大学通研共同プロジェクト研究、2016年12月16日。(招待講演)
12. Hayashi, T.: Molecular Connectome and Plasticity. Human connectome seminar. 2016年11月17日。(招待講演)
13. 林拓也、Understanding of brain plasticity by resolving neural connectivity dynamics using diffusion MRI、計測自動制御学会 ライフエンジニアリング部門シンポジウム、2016年11月3日。(招待講演)
14. 渡辺恭良、疲労に克つ! ヘルスケアイノベーション、先端医療振興財団 神戸医療産業都市・京コンピュータ一般公開講演会、2016年11月5日。(招待講演)
15. 渡辺恭良、最新の疲労研究について、「疲労研究」とヘルスケアビジネスの最新動向セミナー、2016年10月19日。(招待講演)
16. 田中雅彰、脳科学から考える疲労、「疲労研究」とヘルスケアビジネスの最新動向セミナー、2016年10月5日。(招待講演)
渡辺恭良、疲労・抗疲労の科学、アサヒグループホールディングス株式会社「ストレス・疲労・運動に関する勉強会」、2016年9月16日。(招待講演)
17. 水野敬、疲労科学から紐解くウエルネス(基調講演)、日本ウエルネス学会第13回大会、2016年9月10日。(招待講演)
18. 渡辺恭良、Human Live Science、神戸大学大学院科医学研究科第38回神戸ラボ全体研究会議 2016年7月29日。(招待講演)
19. Hayashi, T., Autio, J.A.: Preclinical perspectives on the mechanism of aberrant brain network and dopamine dysfunction. 国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター脳病態統合イメージングセンター5周年記念国際シンポジウム、2016年7月29日。(招待講演)
渡辺恭良、分子イメージング・脳機能イメージングを活用した健康・病態科学、徳島大学大学院医歯薬学研究部総合研究支援センターバイオイメージング研究部門シンポジウム、2016年7月25日。(招待講演)
20. 林拓也、MRIを用いた可塑性脳イメージング、愛宕病院講演会、2016年6月4日。(招待講演)
21. 倉恒弘彦、伴信太郎、新たな ME/CFS 臨床診断基準、第12回日本疲労学会総会・学術集会、2016年5月21日。(招待講演)
22. 石井聡、田中雅彰、山野恵美、渡辺恭良、疲労レベルの予測に関わる神経メカニズムの脳磁図研究、第12回日本疲労学会総会・学術集会、2016年5月20日。

- (招待講演)
23. 崔翼龍、神崎暁慶、胡迪、岡内隆、小山英則、渡辺恭良、脳内疲労感の分子神経メカニズムおよび疲労の慢性化、第12回日本疲労学会総会・学術集会、2016年5月20日。(招待講演)
 24. 田中雅彰、現代人と慢性疲労、第202回市民医学講座、2016年5月18日。(招待講演)
 25. 渡辺恭良、脳科学を基盤として健康科学イノベーションへの挑戦、第19回鹿児島消化器・生活習慣病フォーラム、2016年5月8日。(招待講演)
 26. 林拓也、MRIを用いた可塑性脳イメージング、大日本住友製薬講演会、2016年4月21日。(招待講演)
 27. 渡辺恭良、脳科学とフレイル～疲労・意欲の科学と健康脆弱化改善～、日本介護福祉・健康づくり学会第3回大会 教育講演、2015年11月15日。(招待講演)
 28. 渡辺恭良、疲労・抗疲労の科学、第27回エイチ・エー・ビー研究機構市民公開シンポジウム「抗疲労のすすめ」、2015年10月31日。(招待講演)
 29. 渡辺恭良、慢性疲労症候群のバイオマーカーと脳機能・分子イメージング、第68回日本自律神経学会総会、2015年10月29日。(招待講演)
 30. Watanabe, Y., Fukuda, S., Yamaguti, K., Kajimoto, O., Fujii, K., Kuratsune, H.: Therapeutic effects of ubiquinol on fatigue and chronic fatigue syndrome. The 8th Conference of the International Coenzyme Q10 Association. 2015年10月10日。(招待講演)
 31. 渡辺恭良、疲労・慢性疲労のメカニズムと疲労克服策、公益社団法人東洋療法学校協会第37回学術大会 特別講演、2015年10月7日。(招待講演)
 32. Hayashi, T.: Dissecting neural plasticity for motor recovery with diffusion and structural MRI. Tohoku Forum for Creativity Thematic Program 2015 Frontiers of Brain Science. 2015年9月28日。(招待講演)
 33. Hayashi, T.: Dissecting brain network of plasticity and disease with neuroimaging. The 11th Hangzhou International Molecular Imaging Conference (HIMIC) 2015. 2015年9月19日。(招待講演)
- 他、59件

[図書] (計 3件)

1. 倉恒弘彦、医学書院、今日の治療指針 私はこうして治療している2017年版 「線維筋痛症と慢性疲労症候群」、885-856、2017。
2. 渡辺恭良、水野敬、浦上浩、オフィスエル、おいしく食べて疲れをとる、2016。

3. 倉恒弘彦、日本公衆衛生協会、慢性疲労症候群 感染症予防必携第3版、2015。

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

○取得状況 (計 1件)

名称：イメージングマーカーとその応用

発明者：林 拓也、中島巖

権利者：理化学研究所

種類：特許

番号：6032729

取得年月日：2016年11月4日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1)研究代表者

渡辺 恭良 (WATANABE, Yasuyoshi)

国立研究開発法人理化学研究所・ライフサイエンス技術基盤研究センター・センター

長

研究者番号：40144399

(2)研究分担者

水野 敬 (MIZUNO, Kei)

国立研究開発法人理化学研究所・科学技術

ハブ推進本部・チームリーダー

研究者番号：60464616

林 拓也 (HAYASHI, Takuya)

国立研究開発法人理化学研究所・ライフサイエンス技術基盤研究センター・チームリ

ーダー

研究者番号：50372115

崔 翼龍 (CUI, Yi-Long)

国立研究開発法人理化学研究所・ライフサイエンス技術基盤研究センター・ユニット

リーダー

研究者番号：60312229

田中 雅彰 (TANAKA, Masaaki)

大阪市立大学・大学院医学研究科・講師

研究者番号：60382199

倉恒 弘彦 (KURATSUNE, Hirohiko)

関西福祉科学大学・健康福祉学部・教授

研究者番号：50195533