

今月の認知神経科学：論文紹介

2015年4月5日

最近、Nature, Science や Neuron, Brain, Neuropsychologia, Cerebral Cortex などの雑誌では脳機能画像（とくに健常者）の論文を載せることが少なくなった。そして、興味をひかれる論文も少なくなった。課題やデータ分析が複雑で手の込んだ論文が多い。「ブーム」が下火になったというよりは、研究の動向が応用に向かっているのかもしれない。

Veldez, A.B. et al. Distributed representation of visual objects by single neurons in the human brain. *J. Neurosci.*, 35:5180-5186, 2015.

この論文は、ヒトのテンカンの患者に比較的自然な状態で、動物、建造物、人物の写真を見せ、左右の海馬、扁桃核からニューロン活動を記録し、各ニューロンがどれだけの写真（対象）をコードしているかを検討したもの。すなわち、昔からある distributed coding と gnostic coding の問題を検討した。

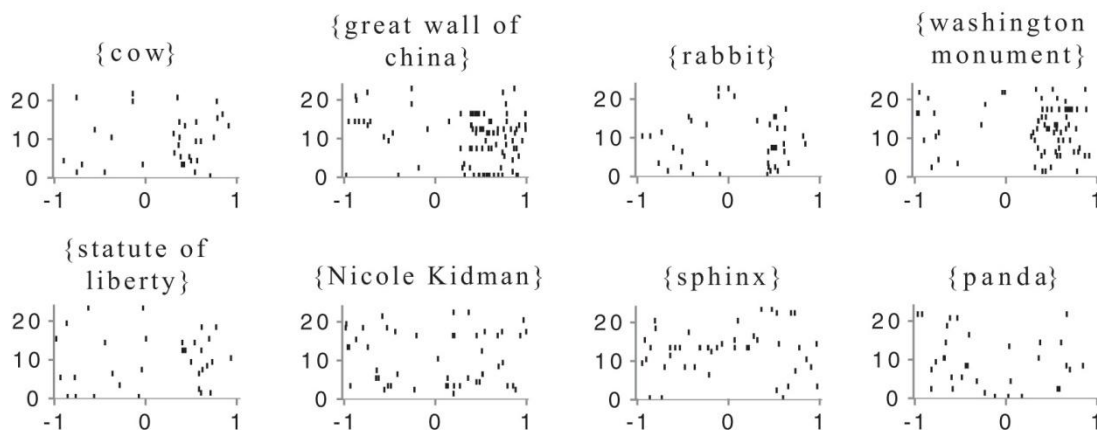
結果を Table 3 に示すが、multinomial logistic regression model で、各ニューロンの発射活動が特定の対象の存在を予測した結果である。海馬、扁桃核で一つ以上の対象をコードするニューロンの方が多かった（分散表現）。下図のラスター表現は右海馬のニューロンの例である。

Table 3. Summary of results from the regression models used to predict the presence of objects

Brain area and side	Mean fraction of objects encoded (%)*	% of neurons encoding only one object	% of neurons encoding more than one object	Pvalue ^a
Left amygdala	25	19	33	$2.0 \times 10^{-5***}$
Right amygdala	28	19	30	0.001**
Left hippocampus	22	20	28	0.01*
Right hippocampus	27	17	28	0.001**

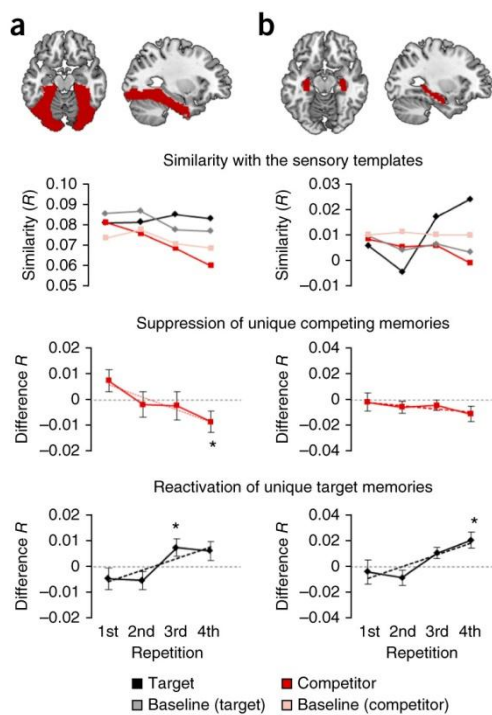
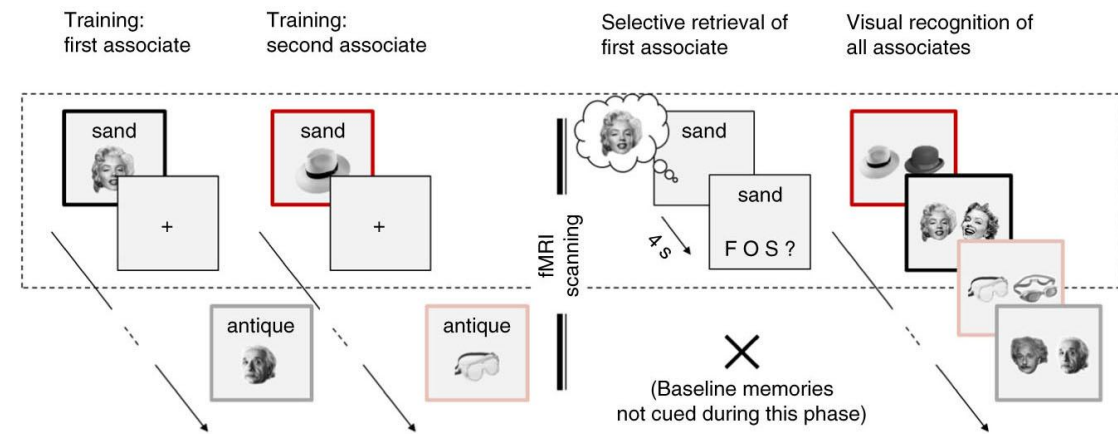
^a χ^2 test. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, and *** $p < 0.001$.

の例である。横軸0の時点で写真が提示されている。このニューロンは上の4つの刺激に反応している。分散表現を支持する結果である。

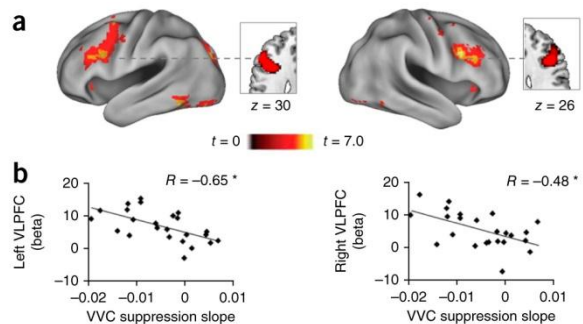


Wimber, M. et al. Retrieval induces adaptive forgetting of competing memories via cortical pattern suppression. Nat. Neurosci., 18:582-589, 2015.

記憶の想起は競合する記憶の忘却をもたらす。これは適応的だが、この論文はその脳の研究である。この分析を可能にしたのは、個別的な記憶項目に対応する脳の活性パターンである。これまで、想起は記録時の活性パターンの再活性という考えがあった（このホームページの『脳と心』を参照）。この実験は 1-back 課題で記憶の項目の活性パターン (template) を記録し、そのパターンとの比較で競合する刺激に対する活性が抑制されることを示した。実験では一つの単語に二つの写真が対にされ記録された。その一方が再生されるターゲット、他方が競合する刺激である。刺激のカテゴリは顔 F、もの O、風景 S で、4 回の再生時にはカテゴリで答えた。最後にターゲットと類似した刺激間で再認テストがある（下図）。再生時に使われない baseline となる刺激もある。



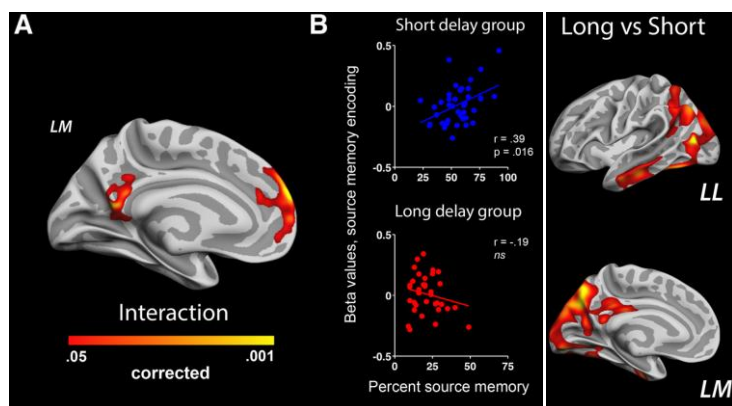
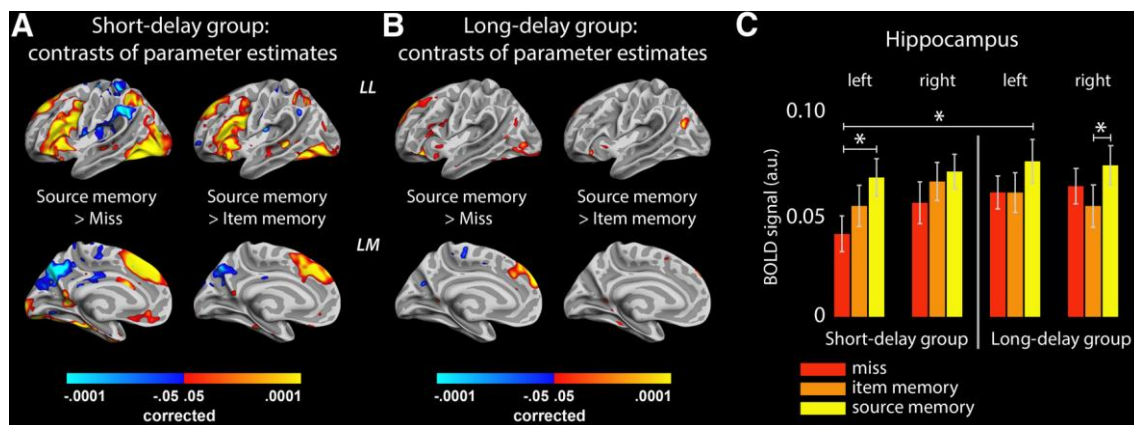
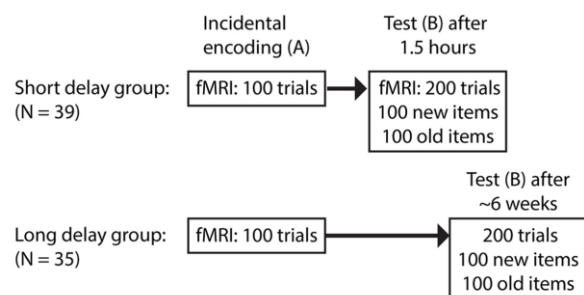
左図が結果。同じカテゴリの baseline 刺激との比較で、a 腹側視覚領野と b 海馬で競合刺激（赤）は反復再生で template との活性の類似度が減少（特に a）、ターゲット（黒）では a,b で類似度が増加した。腹側視覚領野の抑制には前頭前野が関係していた（下図）。前頭前野の活性が強いほど、抑制の負の傾きが大きかった。



Sneve, M.H. et al. Mechanisms underlying encoding of short-lived versus durable episodic memories. *J. Neurosci.*, 35:5202-5212, 2015.

この研究は事後記憶効果 subsequent memory effect (本ホームページ『脳と心』を参照ください) を記録 1 時間半後 (短期) と 6 週間後まで (長期) で検討し、記憶の固定には両方の期間で異なるメカニズムが働くことを明らかにした。すなわち、短期では脳の活性の強さ、長期すなわち固定には海馬-皮質の結合性が重要だった。参加者はものの絵を提示

され、非意図的に記録する。そして左図にあるように短期、長期の後に再認のテストをうける。再認が明確なものから、source, item, miss に分け、それぞれの記録時の活動を検討した。結果が下図の A, B, C である。A 短期では事後記憶効果が明確だが、B 長期では

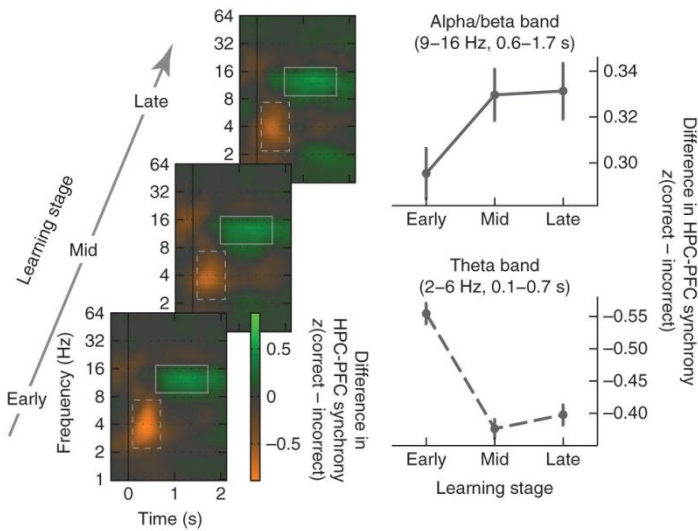
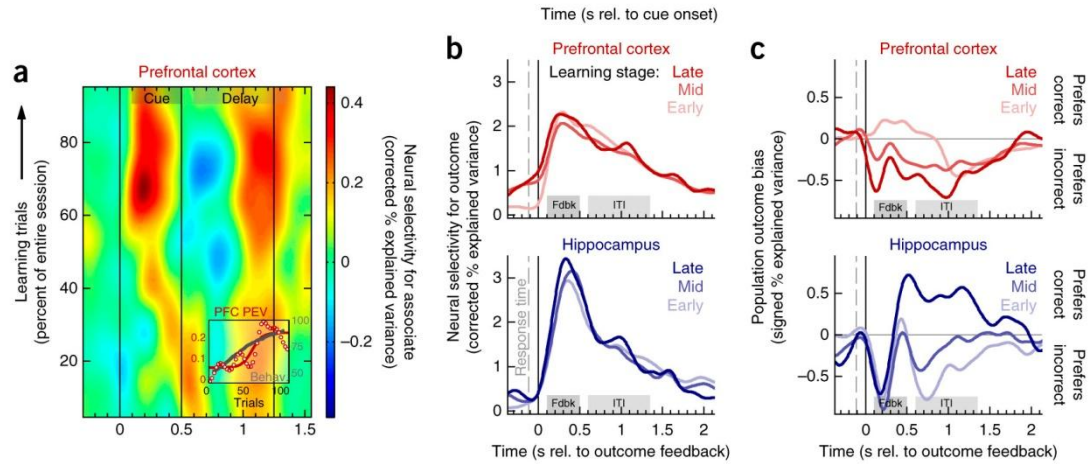


その傾向は弱い。C は海馬の結果である。左図 A, B は source 記憶と脳活性の相関を検討したもので、後部帯状回での相関図が示されている。短期 (青) で有意な正の相関があったが、長期 (赤) では有意な相関はなかった。海馬

でも同様の結果だった。上の右図は source 記憶の記録時の右海馬と皮質領域との機能結合を長期と短期で比較したものである。短期では右海馬と皮質の間には結合はないが、長期では後頭、頭頂、側頭部と右海馬の機能結合があった。このように、短期では活性の強さがその後の記憶の運命を決めているが、長期にわたって維持される記憶には右海馬と皮質領域との機能結合が重要な役割を演じていた。

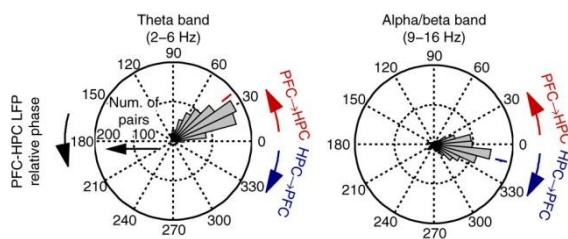
Brincat, S.L. & Miller, E.K. Frequency-specific hippocampal-prefrontal interactions during associative learning. Nat. Neurosci., 18:576-581, 2015.

サルの連合学習（4つのものを2つのものと連合させる）における前頭前野と海馬の役割をニューロン活動と局所フィールド電位（LFP）の記録から検討した。



ニューロン活動の結果が上の図で、aのy軸方向は学習の進行、x軸はcueとdelayを中心とした時間である。学習の進行により、前頭前野では連合に関連した活動が増加。b, cは学習の進行と正誤反応の関係。海馬（下）の活動が前頭前野（上）より大きく、進行に従い誤から正反応で活動が強まった。

下の図はLFPの結果で、学習の進行と正誤反応とθ帯域、α/β帯域の海馬-前頭前野の同期の差。左の3つの図で、点線の四角はθ帯域、実線四角はα/β帯域を示す。橙色は誤反応、緑は正反応の結果でLFPの周波数帯域に対応している。右の折れ線グラフは、学習の進行により、θ帯域（誤反応）の同期が学習により減少、α/β帯域（正反応）の同期が増加することを示している。紙幅の関係で詳しく紹介できないが、θ帯域の方向性は左の



図はθ帯域（誤反応）の方向性が前頭前野→海馬、α/β帯域（正反応）の方向性は海馬→前頭前野であることを示している。このように、海馬と前頭前野は連合学習で協調して働いている。

今月の認知神経科学の応用

Grazioplene, R.G. et al. (2015) *Hum. Brain Mapp.*, 36:1407-1416.

517名の参加者でMRIによる尾状核の容量と知能の関係を検討した。正の相関があった。

Jauk, E. et al. (2015) *Neuroimage*, 111:312-320.

創造性 (ideational originality) の神経基盤をMRIで計測した灰白質の容量の点から検討した。楔前部、尾状核が ideational originality と関係していた。

Good, M. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:357-363.

モルモン教関係の大学の学生で、神の愛 (怒りでなく) がエラーに関連する事象間電位ERNの振幅を小さくしたという報告。

Axelrod, V. et al. (2015) *PNAS*, 112:3314-3319.

単調な課題をしている時の注意力散漫 mind-wonder に対する前頭葉への経頭蓋直流刺激 tDCS の影響を検討した。注意が散漫になった。

Cattaneo, Z. et al. (2015) *Brain Cognit.*, 95:44-53.

具象画と抽象画の鑑賞に対して、ものの知覚に重要な外側後頭皮質への経頭蓋磁気刺激 TMS がもつ影響を調べた研究。

Riva, P. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:352-356.

社会的な差別 social exclusion に対する攻撃的な反応が、右の腹外側前頭前野への tDCS により減少することを示した。

Telzer, E.H. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:389-398.

青春期の友人関係が危険な行動 risk-taking への傾向とどう関係するかを検討した。友人関係の葛藤は risk-taking を増加させ、fMRI 計測では線条体や島皮質を活性させた。

Borragán, G. et al. (2015) *Brain Cognit.*, 95:54-61.

系列的な運動スキルの固定に対する睡眠の効果についての研究。系列 A 学習後に睡眠の有無の群を設けテスト。その後、系列 B の学習。系列 A への効果は限定的、B へ効果なし。

Makris, S. & Urgesi, C. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:342-351.

サッカー選手は他の選手の行動の予測に優れており、それには視覚系、運動系の関与が考えられる。上側頭溝、背側運動前野に TMS を与え、この点を検討した。

Clark, C.N. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:444-452.

音楽の生物学的な役割と脳の疾患に関する総説。音楽療法につながる。

Stjerna, S. et al. (2015) *J. Neurosci.*, 35:4824-4829.

新生児の凝視 visual fixation の神経基盤を拡張テンソル画像法で検討し、それが 2 歳、5 歳時の視覚認知能力と関係することを明らかにした。

Tang, Y.-Y. et al. (2015) *Nat. Rev., Neurosci.*, 16:213-225.

マインドフルネス瞑想 mindfulness meditation の脳研究の総説。

van den Heuvel, M.I. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:453-460.

妊娠中の母親のマインドフルネスと不安が、その後に生まれた幼児の 9 ヶ月齢時の聴覚に影響を持つことを誘発電位で示した。胎教につながる。

Banihashemi, L. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:474-485.

児童期の虐待が成人になってからのストレスへの反応に関係することをストレス関連領域（室周核、分界条床核、扁桃核、膝下前部帯状回）の fMRI の活性で検討した。

Young, J.M. et al. (2015) *Neuroimage*, 111:360-368.

極度の早産児の 2 週齢時に MRI で脳の形態の計測をし、4 歳時に IQ, 言語、視覚運動統合能力の検査をした。尾状核、被殻の発達がこれらの能力に関係していた。

Travis, K.E. et al. (2015) *Hum. Brain Mapp.*, 36:1536-1553.

通常産児、早産児だった児童期から青年期の読みのスキルと上、中、下 3 つの小脳脚の関係を拡散 MRI で検討した。異方性比とスキルの間に相関がみられた。出産とは関係なし。

Dehaene, S. et al. (2015) *Nat. Rev., Neurosci.*, 16:234-244.

読みのスキルを獲得することにより脳の再構成が起こることを論じた総説。

Skottun, B.C. (2015) *Brain Cognit.*, 95:62-66.

読字障害で大細胞系と背側系を一つの系と考えがちだが、分ける必要があるという意見。

Daselaar, S.M. et al. (2015) *Cereb. Cortex*, 25:983-990.

前頭前野の実行機能、内側側頭葉の記憶機能の年齢による低下を関連課題の fMRI, 白質の年齢変化を拡張テンソル画像法で検討した。Less wiring, more firing だった。

Dambacher, F. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:508-516.

衝動性の脳内機構を運動面、反応性の怒りの面から検討した fMRI 研究。両者で共通したのは前部島皮質で自己制御一般に重要な領域と考えられる。

Civier, O. et al. (2015) *Brain Lang.*, 143:20-31.

持続的な発達性の吃音者に拡散テンソル画像法を適用し、脳梁前部の異方性比が発話の流暢性に関係することを示した。

Marqués-Iturria, I. et al. (2015) *Neuroimage*, 111:100-106.

肥満の人の報酬系を拡散テンソル画像法で白質の容量、微小構造の面から調べたところ、眼窩前頭部、線条体で global, local に解剖学的な連絡に問題があった。

Kasahara, K. et al. (2015) *Neuroimage*, 110:95-100.

コンピュータのカーソルを左右の手の運動イメージで動かす brain-computer interface で個人差があり、それには高次の感覚運動関連領野の灰白質の容量が関係していた。

Dierker, D.L. et al. (2015) *Cerebral Cortex*, 25:1042-1051.

家族で一人しか発症していない 9 歳から 14 歳までの自閉症児 simplex autism (ASD) の脳溝の深さ、脳回、溝の位置を検討した MRI 研究。

Turner, T.N. et al. (2015) *Nature*, 520:51-56.

発症が少ない女性の ASD の動物実験を含む遺伝的研究。δ-catenin に着目。専門外なので、詳しくは本文を参照してください。

Wang, Z. et al. (2015) *J. Neurophysiol.*, 113:1989-1201.

ASD では感覚運動機能に問題が見られるが、この研究は精密把握 precision grip の力の制御を initial pulse から relaxation phase で検討し、健常者と異なる結果を得た。

Chester, D.S. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:517-522.

感情の気づきや表現が難しい失感情症 alexithymia では社会的な排除 social rejection に対する前部帯状回の反応が弱く、それがさらなる排除を呼ぶ。

Browning, M. et al. (2015) *Nat. Neurosci.*, 18:590-596.

不安傾向の強い人は有害な環境についての因果的な関係を学習するのが難しく、適切に outcome の予測を更新できない。それは自律神経反応にも反映されている。

Casement, M.D. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:416-423.

15-18 歳時の生活のストレスの蓄積は 20 歳時の脳内報酬系（内側前頭前野）の報酬への活動の低下やアルコール依存に関係する。

Sladkey, R. et al. (2015) *Cerebral Cortex*, 25:895-903.

社会的不安障害では扁桃核と眼窩前頭部の間の機能結合が通常とは異なることを示した。通常では眼窩前頭部から扁桃核へは負のフィードバックとして働くのが逆だった。

Hamilton, J.P. et al. (2015) *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.*, 10:552-560.

大うつ病 major depression, 社会的不安障害、両者の共存症の患者に自他に対する賞賛、批判を提示し、fMRI で三者の特徴的、共通の活性を検討した。

Yoder, K.J. et al. (2015) *Hum. Brain Mapp.*, 36:1417-1428.

拡散テンソル画像法による扁桃核の基底外側核 BLA と中心核 CE の線維結合と精神病質スコア (Fearless Dominance, Self-centered Impulsivity, Coldheartedness) の関係の検討。

Abel, S. et al. (2015) *Brain*, 138:1097-1112.

喚語困難の失語症患者に lexical therapy を施し、脳の再構成を fMRI で検討した。損傷場所、治療による回復、脳の再構成のパターンに興味があった。