

一夫一妻的恋愛関係の維持に関わる認知神経基盤 -交際期間に依存した前頭葉領域による浮気欲求の能動的抑制 Cognitive and neural basis of maintenance of a romantic relationship: varying roles of prefrontal region in active regulation of desire for adultery depending on the length of the relationship

上田 竜平^{†‡}, 柳澤 邦昭^{*}, 蘆田 宏[†], 阿部 修士^{*}
Ryuhei Ueda, Kuniaki Yanagisawa, Hiroshi Ashida, Nobuhito Abe

[†]京都大学大学院文学研究科, [‡]日本学術振興会, ^{*}京都大学こころの未来研究センター
Kyoto University Graduate School of Letters, The Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), Kyoto University
Kokoro Research Center
ueda.ryuhei.24@gmail.com

Abstract

The early stage of a romantic relationship generally involves intense commitment to their partners. This observation leads to the hypothesis that regulation of interest in extra-pair relationships by executive control, which is supported by the function of the prefrontal cortex, is less required in individuals in the early stage of a relationship than in those in a long-term lasting relationship. To test this hypothesis, male participants in romantic relationships performed a go/no-go task during functional magnetic resonance imaging (fMRI), which is a well-validated task that can measure right ventrolateral prefrontal cortex (VLPFC) activity implicated in executive control. Subsequently, the participants engaged in a date-rating task in which they rated how much they wanted to date unfamiliar females. Results indicated that individuals with higher right VLPFC activity reflecting successful inhibition better regulated interest in dates with unfamiliar females. Importantly, this relationship was found only in individuals with long-term partners. Our findings extend previous findings of executive control in the maintenance of monogamous relationships by highlighting the role of the VLPFC, which varies according to the stage of the romantic relationship.

Keywords — romantic relationship, fMRI, self-control, prefrontal cortex

1. はじめに

我々ヒトの社会においては、一夫一妻的な恋愛関係が普遍的に見られる [1]。そうした関係は安定した養育につながるものであるが [2]、これまでの心理学的研究に基づくと、容易に維持できるものではないと考えられる。例えば、交際関係にある個人であっても、パートナー以外の魅力的な異性に対する注意を抑制することは難しい [3, 4]。一夫一妻的関係の破綻を招きうる浮気的關係 [5]は、子孫を残す上で有効な方略となりうる [6]。こうした理由から、浮気的關係は、現代社会で

は制限されているにもかかわらず [1, 7-9]、日常茶飯事に見られる [5, 10-12]。

浮気行為の関心を抑制し、一夫一妻的關係を維持するためには、能動的抑制 (active regulation)が重要な役割を果たすと考えられている。初期の研究から、特定の異性と交際関係にある個人では、パートナー以外の異性に対する魅力を低く見積もる derogation effect [13, 14]が報告されている。これまでの研究から、derogation effect は、能動的な抑制機構によって支えられており [15, 16]、自我消耗やストレス体験によって弱まる [17, 18]ことが報告されている。さらに機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging, fMRI)を用いた研究からは、情動の能動的抑制や [19]、遂行機能 [20]を支える、右半球の腹外側前頭前野 (ventrolateral prefrontal cortex, VLPFC)の賦活が derogation effectに伴うことが示されている [21]。これまでの研究ではこのように、一夫一妻的關係を維持するためには、浮気的欲求に対する能動的な抑制が必要であると考えられてきた。

一方では、そうした能動的抑制を伴わない、自動的な抑制機構についても報告されている (e.g., [4, 22-25])。交際関係の終わりを予測する要因を包括的に検討したメタ分析研究において、パートナーへのコミットメントの程度が、関係破綻の回避に寄与する最も大きな要因の一つであることが示されている [26]。特に、交際関係の初期段階では一般的に、脳の報酬系によって支えられた、強いコミットメントが示される [27, 28]。そうした初期の「中毒的な」熱愛 [28]は一方で、神経化学的变化を伴いながら [29]、一般的には関係が長くなるにつれて弱まることが示されている [30, 31]。長期的な関係による「マンネリ」と関係の質の低下は、交際関係において典型的に見られるものであり [32]、

特に男性においては、秘密裏の浮気的關係に乗り出す大きな要因になるとされる [33]。これらの知見に基づき、本研究では、他の異性との浮気關係への能動的抑制を支える前頭前野領域の役割が、交際關係のフェーズに応じて変動するという仮説を検討した。すなわち、中毒的な熱愛を伴う關係初期では能動的抑制が必要にならず、關係が長引くと必要になると予想した。

実験では、実際に異性と交際している男性を対象に、fMRI スキャン中に go/no-go 課題 [34] を施行した。go/no-go 課題は、能動的抑制を支える反応抑制 (response inhibition) 時の神経活動を計測するための課題として広く用いられ、その妥当性が保証されている [20]。先行研究から、反応抑制時の右 VLPFC 活動が高いほど、様々な場面での抑制に優れることが示されている [35, 36]。本研究でも同様に、右 VLPFC の活動を能動的抑制の個人差を反映する指標として用いた。go/no-go 課題の後、パートナー以外の異性に対する関心を計測する、デート評定課題を施行した。この課題では、画面に呈示された異性と「どれくらいデートしてみたいと思うか」を 8 段階で評定することが求められた。仮説として、現在のパートナーとの交際期間が長い場合にのみ、VLPFC が、パートナー以外の異性に対する関心を予測するかを検討した。

2. 方法

参加者

実験時に 6 か月間以上特定の異性と交際している、20-39 歳の健常な成人男性 50 名を、実験参加者として募集した。実験に参加した 50 名のうち、go/no-go 課題におけるエラー試行率が高かった 3 名を分析から除外し (全参加者の go 試行の平均エラー率 (5.7 %) + 3SD 以上)、47 名のデータを分析に用いた (年齢: 20-35 歳, mean = 22.6 歳; 交際期間: 6-82 か月, mean = 22.6 か月, SD = 18.8 か月, median = 17.0 か月; 交際経験人数: 1-8 人, mean = 2.9 人, SD = 1.6 人)。京都大学の倫理審査で承認された手続きに基づいて実験に関する説明を行った後、参加者から実験参加の同意書の記入を得た上で実験を実施した。

手続き

fMRI のスキャン中に (1) go/no-go 課題を施行した (図 1)。参加者は「ネコ」の画像が呈示された場合にはできるだけ早くボタンを押し (go 条件: 72 試行)、「イヌ」が呈示された場合にはボタンを押さない (no-go 条

件: 24 試行) ことが求められた。画像刺激は、本実験に参加しない男性参加者 10 名 (20-23 歳, mean = 21.6 歳) の予備実験の結果に基づき、予め統制を行った。画像種類と条件の組み合わせは、参加者間でカウンターバランスを行った。各試行では画像が 500 ミリ秒間呈示されたのち、ブランク画面が 2 秒間表示された。試行間には 4-8 秒間、注視点が呈示された。先行研究に基づき、(no-go 条件 vs. go 条件) コントラストの集団解析において有意な活動を示した右 VLPFC 領域のボクセル群 (MNI 座標 = 36, 24, -2, $Z = 4.86$, cluster size = 5; 図 2, fMRI の撮像と解析手続きを参照) における各参加者の信号変化率を、抑制機能の個人差指標として用いた。

その後、スキャナー外で (2) デート評定課題を施行した。参加者は画面に呈示された女性と「どれくらいデートしてみたいと思うか」を 8 段階で評定することが求められた (1: 全くデートしてみたいと思わない, 8: 非常にデートしてみたいと思う)。顔画像刺激には、本実験に参加しない男性参加者 10 名 (21-25 歳, mean = 22.4 歳) の予備実験の結果に基づき、表情強度と顔方向の向きの評定平均値に差がない、高魅力・低魅力の女性顔画像各 24 枚を用いた。魅力評定平均値について、条件間で有意な差があることを確認した ($t(46) = 24.76$, 95% Confidence Interval (CI) = [1.89, 2.23], $p < .001$, $d = 7.10$)。各試行では 2 秒間、顔画像が呈示され、試行間には 2 秒間の注視点が呈示された。

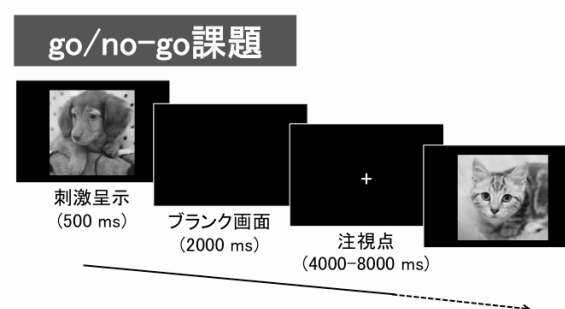


図 1. go/no-go 課題の手続き

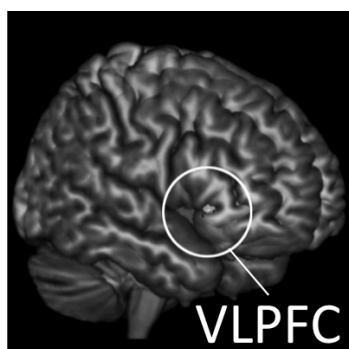


図2. go/no-go 課題 (no-go 試行 vs. go 試行)で示された右腹外側前頭前野 (ventrolateral prefrontal cortex, VLPFC)の活動 (図示のため、多重比較補正なし $p < .001$ による結果を表示)

fMRI の撮像と解析手続き

fMRI の撮像には、3.0 テスラ Siemens Magnetom Verio MRI (Siemens 社, Germany)を、32 チャンネルのヘッドコイルを用いて使用した。BOLD コントラストを反映する EPI 画像によって、課題遂行中の脳活動を計測した。撮像に関するパラメータはそれぞれ、繰り返し時間 (TR) = 2,500 ms、エコー時間 (TE) = 30 ms、フリップ角 = 80°、撮像マトリックス = 64×64、撮像視野 (FOV) = 212 mm、面内解像度 = 3.3×3.3 mm、スライス画像数 = 39、スライス厚 = 3.2 mm、インタースライスギャップ = 0.8 mm に設定した。構造画像 (空間解像度 = 1×1×1 mm)は MP-RAGE 法により、T1 強調画像の撮像を行った。画像刺激はスクリーン上に投影され、参加者がヘッドコイルに取り付けられた鏡を通して視認できるようにした。各参加者の課題遂行中に撮像された脳機能画像のうち、最初の 4 枚 (10 秒間)の EPI 画像は、縦磁化が定常状態でない可能性があるため、解析から除外した。

データ処理と統計解析は、SPM12 (Wellcome Department of Imaging Neuroscience, London, UK)を用いて実施した。前処理として、はじめに撮像中の頭部の微小な動きの検出と補正を行い (Realignment)、次に、スライス間の撮像時間の補正を施した (Slice timing correction)。その後、各参加者の T1 強調構造画像を、平均 EPI 画像の位置に合わせ (Coregistration)、MNI テンプレートに基づいた標準化補正を施した (Spatial Normalization)。この標準化の手続きから得られたパラメータを、EPI 画像にも適用し、EPI 画像を 2×2×2 mm のボクセルに標準化したのち、半値幅 (FWHM)8 mm の 3 次元ガウシアンフイ

ルターによる平滑化を施した (Spatial Smoothing)。

fMRI データは事象関連モデルを用いて解析した。各参加者の実験条件に関連した脳活動は、刺激呈示の時点における標準的な血流動態反応でモデリングした。体動を、共変量として投入し、それによって説明される変動を除外した。低周波のノイズを低減するために 1/128 Hz high-pass filter、及び時間的補正のための AR (1)モデルを適用した。集団解析における有意水準は、FWE voxel-level 多重比較補正 $p < .05$ および FWE cluster-level 多重比較補正 $p < .05$ とし、全脳解析結果の右 VLPFC (IBASPM71 アトラスにおける右下前頭回に解析範囲を限定)領域のボクセル群を、賦活領域として同定した。

3. 結果

デート評定値における VLPFC の関与が、交際期間に応じて変動するという仮説を検討するために、線形混合モデルによる重回帰分析を実施した。分析には R software [37]、および R パッケージの lme4 [38]、lmerTest [39] (Kuznetsova et al., 2015)、optimx [40]を用いた。従属変数として、各参加者における、デート評定課題の各試行の評定値を投入した。独立変数 (固定効果)として、ダミー変換した魅力 (i.e., デート評定課題の条件、高魅力: 1、低魅力: -1)、右 VLPFC 信号変化率、および現在のパートナーとの交際期間の主効果・交互作用を投入した。交際期間については、正規分布に近似させるために、予め対数変換を行った (歪度: 変換前 = 1.54, 変換後 = 0.41; 尖度: 変換前 = 1.64, 変換後 = -0.81)。いずれの変数も、予め中心化を施した。また、変量効果として、参加者および刺激の要因を投入した [41]。

仮説を支持する結果として、VLPFC×交際期間の有意な交互作用が示された ($B = -0.30$, $t = -2.28$, $CI = [-0.56, -0.04]$, $p = .028$)。また、魅力の有意な主効果が示された ($B = 0.94$, $t = 10.47$, $CI = [0.76, 1.11]$, $p < .001$)。VLPFC ($B = -0.14$, $t = -1.40$, $CI = [-0.34, 0.06]$, $p = .170$)および交際期間 ($B = 0.15$, $t = 1.38$, $CI = [-0.06, 0.36]$, $p = .175$)の主効果は示されなかった。また、評定条件×VLPFC×交際期間 ($B = -0.05$, $t = -0.95$, $CI = [-0.16, 0.05]$, $p = .35$)、魅力×VLPFC ($B = -0.01$, $t = -0.23$, $CI = [-0.09, 0.07]$, $p = .82$)、および魅力×交際期間 ($B = -0.02$, $t = -0.44$, $CI = [-0.11, 0.07]$, $p = .66$)の交互作用は示されなかった。

VLPFC×交際期間の交互作用に関して、さらに詳細

に検討するため、単純傾斜の検定を行った。仮説を支持する結果として、交際期間が短い参加者群 (mean - 1SD)では VLPFC の主効果が示されなかった一方 ($B = 0.16$, $t = 0.89$, $CI = [-0.19, 0.50]$, $p = .38$)、交際期間が長い参加者群 (mean + 1SD)では VLPFC の有意な主効果が示された ($B = -0.44$, $t = -2.82$, $CI = [-0.75, -0.14]$, $p = .007$)。これらの結果を図3に示す。

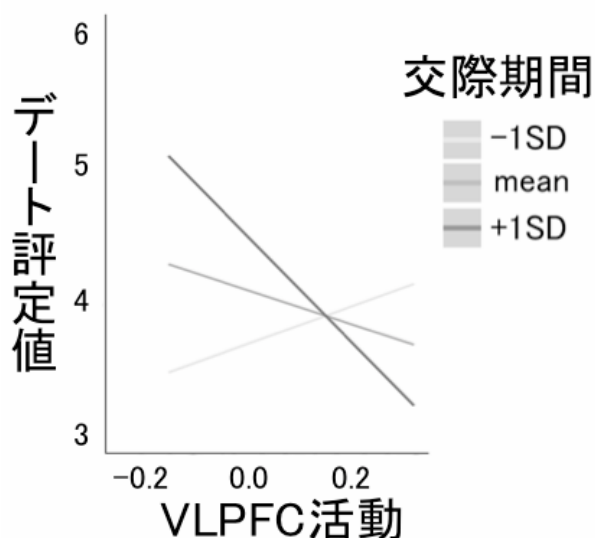


図3. デート評定値に対する重回帰分析の結果:対数変換を施した現在のパートナーとの交際期間に応じた、右腹外側前頭前野 (ventrolateral prefrontal cortex, VLPFC)の信号変化率の主効果

4. 考察

仮説通り、derogation effect における VLPFC の関与が、交際期間の長さに応じて変動することが示された。すなわち、長期間の交際関係にある個人では、VLPFC による能動的抑制が伴わなければ、パートナー以外の異性に対する関心を抑制できない一方で、交際関係の初期にある個人では、そうした関係性が示されなかった。

これらの結果は、derogation effect が能動的な抑制によって遂行されるものであるとする従来の知見 [15-17, 21]を拡張し、一夫一妻的関係の維持に関わる認知・神経機構が、恋愛関係の段階に応じて変動するものであることを示唆するものである。すなわち、関係の初期にはパートナーへの強いコミットメントにより、能動的な抑制を必要とせずに、他の異性に対する関心が自動的に抑えられていることが推測される。

こうした関係初期の「中毒的な」熱愛は、特定の異性との関係を築くことを動機づける上で効率的な機構であると考えられている [28, 42]。そうした強いコミットメントは一方で、一般的には長くは続かず [30, 31]、関係の「マンネリ」化を避けることは難しい [32]。結果として、長期間の安定した一夫一妻的关系を維持するためには、能動的な抑制機構が重要な役割を果たすと考えられる。

本研究では検討を行わなかったが、現在のパートナーとの関係性についても検討する余地があると考えられる。例えば、パートナーに強くコミットしていたり、満足している個人ほど、derogation effect は強く示され [13, 43-46]、より長い関係を維持できる [23, 26]ことが示されている。加えて derogation effect は、パートナーの特性にも依存しうると考えられる。例えば、高い配偶価値 (mate value)を有するパートナー (若い、身体的に魅力的、など)と交際関係にある個人ほど、関係の維持をより積極的に行うことが示されている [43]。また、中毒的な熱愛は、一般的には交際期間が長くなるにしたがって弱くなるとされるが [28, 47]、長期間のパートナーに対しても強く愛情を示す個人では、初期段階の熱愛と同様に、パートナーへの強い報酬系反応が伴うことが報告されている [48]。すなわち、長期間の関係であっても強いコミットメントがあれば、能動的な抑制を伴わずに、パートナー以外の異性に対する関心が自動的に抑制されることが予想される。

本研究の結果は、参加者間の相関分析に基づくものである。VLPFC の関与の交際期間に応じた変動を、同一個人内で検討するためには、縦断研究によるデータが肝要になると考えられる。また、本研究では男性のみを対象としたが、性差についての検討も重要である。男性は女性と比べ、一般的にはより多くの異性との交際関係を望むことが示されており [6, 12]、これは男女間で異なる配偶選択行動の方略を反映しているためであると考えられている [49]。特に女性では、月経周期に伴って、パートナー以外の異性に対する関心の程度が変動することが示されている [50, 51]。これらの知見を踏まえ、男女間での抑制機構における類似点と相違点を明らかにすることが重要であると考えられる。

5. 参考文献

- [1] Fisher, H.E., (1989) "Evolution of human serial pairbonding", Am J Phys Anthropol,

- Vol. 78, pp. 331-354.
- [2] Rosenblatt, P.C., Hillabrant, W.J., (1972) "Divorce for childlessness and the regulation of adultery", *J Sex Res*, Vol. 8, pp. 117-127.
- [3] Maner, J.K., Gailliot, M.T., DeWall, C.N., (2007) "Adaptive attentional attunement: evidence for mating-related perceptual bias", *Evol Hum Behav*, Vol. 28, pp. 28-36.
- [4] Maner, J.K., Gailliot, M.T., Miller, S.L., (2009) "The implicit cognition of relationship maintenance: Inattention to attractive alternatives", *J Exp Soc Psychol*, Vol. 45, pp. 174-179.
- [5] Barta, W.D., Kiene, S.M., (2005) "Motivations for infidelity in heterosexual dating couples: the roles of gender, personality differences, and sociosexual orientation", *J Soc Pers Relat*, Vol. 22, pp. 339-360.
- [6] Buss, D.M., Schmitt, D.P., (1993) "Sexual strategies theory: an evolutionary perspective on human mating", *Psychol Rev*, Vol. 100, pp. 204-232.
- [7] Hatfield, E., Rapson, R.L., Martel, L.D., (2010) "Passionate love and sexual desire" In: S. Kitayama, D. Cohen (Eds.), *Handbook of Cultural Psychology*, Vol., Guilford Press, New York pp. 760-779.
- [8] Murstein, B.I., (1974) "Love, sex, and marriage through the ages", Vol., Springer, New York, 1974.
- [9] Scott, E.S., (2000) "Social norms and the legal regulation of marriage", *Virginia Law Rev*, Vol. 86, pp. 1901-1970.
- [10] Simmons, L.W., Firman, R.C., Rhodes, G., Peters, M., (2004) "Human sperm competition: Testis size, sperm production and rates of extrapair copulations", *Anim Behav*, Vol. 68, pp. 297-302.
- [11] Thompson, A.P., (1983) "Extramarital sex: A review of the research literature", *J Sex Res*, Vol. 19, pp. 1-22.
- [12] Wiederman, M.W., (1997) "Extramarital sex: prevalence and correlates in a national survey", *J Sex Res*, Vol. 34, pp. 167-174.
- [13] Johnson, D.J., Rusbult, C.E., (1989) "Resisting temptation: devaluation of alternative partners as a means of maintaining commitment in close relationships", *J Pers Soc Psychol*, Vol. 57, pp. 967-980.
- [14] Simpson, J.A., Gangestad, S.W., Lerma, M., (1990) "Perception of physical attractiveness: mechanisms involved in the maintenance of romantic relationships", *J Pers Soc Psychol*, Vol. 59, pp. 1192-1201.
- [15] Pronk, T.M., Karremans, J.C., Wigboldus, D.H., (2011) "How can you resist? Executive control helps romantically involved individuals to stay faithful", *J Pers Soc Psychol*, Vol. 100, pp. 827-837.
- [16] Ritter, S.M., Karremans, J.C., van Schie, H.T., (2010) "The role of self-regulation in derogating attractive alternatives", *J Exp Soc Psychol*, Vol. 46, pp. 631-637.
- [17] Ciarocco, N.J., Echevarria, J., Lewandowski, G.W., Jr., (2012) "Hungry for love: the influence of self-regulation on infidelity", *J Soc Psychol*, Vol. 152, pp. 61-74.
- [18] Lewandowski, G.W., Jr., Mattingly, B.A., Pedreiro, A., (2014) "Under pressure: the effects of stress on positive and negative relationship behaviors", *J Soc Psychol*, Vol. 154, pp. 463-473.
- [19] Ochsner, K.N., Gross, J.J., (2005) "The cognitive control of emotion", *Trends Cogn Sci*, Vol. 9, pp. 242-249.
- [20] Barkley, R.A., (1997) "Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD", *Psychol Bull*, Vol. 121, pp. 65-94.
- [21] Meyer, M.L., Berkman, E.T., Karremans, J.C., Lieberman, M.D., (2011) "Incidental regulation of attraction: the neural basis of the derogation of attractive alternatives in romantic relationships", *Cogn Emot*, Vol. 25, pp. 490-505.

- [22] Karremans, J.C., Verwijmeren, T., (2008) "Mimicking attractive opposite-sex others: the role of romantic relationship status", *Pers Soc Psychol Bull*, Vol. 34, pp. 939-950.
- [23] Linardatos, L., Lydon, J.E., (2011) "Relationship-specific identification and spontaneous relationship maintenance processes", *J Pers Soc Psychol*, Vol. 101, pp. 737-753.
- [24] Maner, J.K., Rouby, D.A., Gonzaga, G.C., (2008) "Automatic inattention to attractive alternatives: the evolved psychology of relationship maintenance", *Evol Hum Behav*, Vol. 29, pp. 343-349.
- [25] Miller, R.S., (1997) "Inattentive and contented: relationship commitment and attention to alternatives", *J Pers Soc Psychol*, Vol. 73, pp. 758-766.
- [26] Le, B., Dove, N.L., Agnew, C.R., Korn, M.S., Mutso, A.A., (2010) "Predicting nonmarital romantic relationship dissolution: a meta-analytic synthesis", *Pers Relationship*, Vol. 17, pp. 377-390.
- [27] Aron, A., Fisher, H., Mashek, D.J., Strong, G., Li, H., Brown, L.L., (2005) "Reward, motivation, and emotion systems associated with early-stage intense romantic love", *J Neurophysiol*, Vol. 94, pp. 327-337.
- [28] Fisher, H.E., Xu, X., Aron, A., Brown, L.L., (2016) "Intense, passionate, romantic love: a natural addiction? How the fields that investigate romance and substance abuse can inform each other", *Front Psychol*, Vol. 7, pp. 687.
- [29] Marazziti, D., Canale, D., (2004) "Hormonal changes when falling in love", *Psychoneuroendocrino*, Vol. 29, pp. 931-936.
- [30] Sternberg, R.J., (1986) "A triangular theory of love", *Psychol Rev*, Vol. 93, pp. 119-135.
- [31] Traupmann, J., Hatfield, E., (1981) "Love and its effect on mental and physical health" In: R. Fogel, E. Hatfield, S. Kiesler, E. Shanas (Eds.), *Aging: stability and change in the family*, Vol., Academic Press, New York pp. 253-274.
- [32] Tucker, P., Aron, A., (1993) "Passionate love and marital satisfaction at key transition points in the family life cycle", *J Soc Clin Psychol*, Vol. 12, pp. 135-147.
- [33] Shackelford, T.K., Buss, D.M., (1997) "Cues to infidelity", *Pers Soc Psychol Bull*, Vol. 23, pp. 1034-1045.
- [34] Aron, A.R., Robbins, T.W., Poldrack, R.A., (2004) "Inhibition and the right inferior frontal cortex", *Trends Cogn Sci*, Vol. 8, pp. 170-177.
- [35] Mischel, W., Ayduk, O., Berman, M.G., Casey, B.J., Gotlib, I.H., Jonides, J., Kross, E., Teslovich, T., Wilson, N.L., Zayas, V., Shoda, Y., (2011) "'Willpower' over the life span: Decomposing self-regulation", *Soc Cogn Affect Neurosci*, Vol. 6, pp. 252-256.
- [36] Lopez, R.B., Hofmann, W., Wagner, D.D., Kelley, W.M., Heatherton, T.F., (2014) "Neural predictors of giving in to temptation in daily life", *Psychol Sci*, Vol. 25, pp. 1337-1344.
- [37] Team, R.C., (2016) "R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing", pp.
- [38] Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., (2014) "lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4 (Version 1.1-13) [Software]. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=lme4>", pp.
- [39] Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B., Christensen, R.H.B., (2015) "lmerTest: Tests in linear mixed effects models (Version 2.0-25) [Software]. Retrieved from <http://cran.r-project.org/web/packages/lmerTest/>, pp.
- [40] Nash, J.C., Varadhan, R., Grothendieck, G., (2013) "optimx: a replacement and extension of the optim() function (Version 2013.8.7) [Software] Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=optimx>

- ", pp.
- [41] Barr, D.J., Levy, R., Scheepers, C., Tily, H.J., (2013) "Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal", *J Mem Lang*, Vol. 68, pp. 255-278.
- [42] Fletcher, G.J.O., Simpson, J.A., Campbell, L., Overall, N.C., (2015) "Pair-bonding, romantic love, and evolution: The curious case of *Homo sapiens*", *Perspect Psychol Sci*, Vol. 10, pp. 20-36.
- [43] Buss, D.M., Shackelford, T.K., (1997) "Susceptibility to infidelity in the first year of marriage", *J Res Pers*, Vol. 31, pp. 193-221.
- [44] Drigotas, S.M., Safstrom, C.A., Gentilia, T., (1999) "An investment model prediction of dating infidelity", *J Pers Soc Psychol*, Vol. 77, pp. 509-524.
- [45] Lydon, J.E., Fitzsimons, G.M., Naidoo, L., (2003) "Devaluation versus enhancement of attractive alternatives: a critical test using the calibration paradigm", *Pers Soc Psychol Bull*, Vol. 29, pp. 349-359.
- [46] Rusbult, C.E., (1983) "A longitudinal test of the investment model: the development (and deterioration) of satisfaction and commitment in heterosexual involvements", *J Pers Soc Psychol*, Vol. 45, pp. 101-117.
- [47] Murstein, B.I., (1970) "Stimulus, Value, Role: a theory of marital choice", *J Marriage Fam*, Vol. 32, pp. 465-481.
- [48] Acevedo, B.P., Aron, A., Fisher, H.E., Brown, L.L., (2012) "Neural correlates of long-term intense romantic love", *Soc Cogn Affect Neurosci*, Vol. 7, pp. 145-159.
- [49] Buss, D.M., (1989) "Sex differences in human mate preferences: evolutionary hypotheses tested in 37 cultures", *Behav Brain Sci*, Vol. 12, pp. 1-49.
- [50] Penton-Voak, I.S., Perrett, D.I., (2000) "Female preferences for male faces changes cyclically: Further evidence", *Evol Hum Behav*, Vol. 21, pp. 39-48.
- [51] Penton-Voak, I.S., Perrett, D.I., Castles, D.L., Kobayashi, T., Burt, D.M., Murray, L.K., Minamisawa, R., (1999) "Menstrual cycle alters face preference", *Nature*, Vol. 399, pp. 741-742.