

生理学講座病態生理学分野

1. 教室の歴史

沿革：当分野の前身である歯学部口腔生理学講座は人体生理学を基盤とした口腔機能を教示する部門として高下弘夫先生を初代教授として1966年に新設された。その後1973年から鈴木隆教授、1997年から北田康之教授が講座を引継ぎ、2009年に現在の佐原資謹教授が着任した。東日本大震災の2011年に矢巾キャンパスに移転、歯学部と医学部の基礎系講座が統合され、講座名が病態生理学分野となった。

歴代教授：

① 高下 弘夫 1966年10月 - 1972年05月
1966年10月、日本大学歯学部生理学教室より赴任。本学歯学部口腔生理学講座の教育・研究体制の基礎づくりに専念した。主な研究領域は、唾液分泌、ヒトの唾液条件反射学、化学刺激による高等動物の中樞神経運動系に対する作用。1970年に出版された新編歯学生理学（医歯薬出版社）では、歯の生理学について執筆。1972年5月、第49回日本生理学会大会の当番幹事を務めた後、日本大学歯学部へ転出。医学博士。

② 鈴木 隆 1973年08月 - 1995年03月
1973年8月、本学医学部第一生理学講座（現・生理学講座統合生理学分野）より赴任。歯学部口腔生理学講座の整備およびスタッフの育成・指導に力を尽くした。1981年から1993年にかけて、第6代歯学部長を務めた。研究領域は、視覚領複雑型ニューロンの活動に及ぼす歯痛入力の影響、ブラッシングの際や歯周病に罹患した場合に歯肉に起こる電気的なインピーダンスの変化量、咀嚼システム。1977年に出版された最新歯学生理学（医歯薬出版）では、末梢神経系について執筆。医学博士。

③ 北田 泰之 1997年10月 - 2009年03月
1997年10月、岡山大学歯学部より赴任。研究領域は、神経生理および味覚受容機構。2000年度から4年間、ハイテク・リサーチセンター整備事業「顎口腔系高機能生体材料の開発」のプロジェクトに参加し、研究に貢献。2005年度から5年間、「長寿科学としての顎口腔系抗加齢医学の追究と生体材料による機能回復法の新展開」のプロジェクトを、研究代表者として総括。2005年9月、日本味と匂学会第39回大会を主宰し、大会長を務めた。2008年に出版された基礎歯科生理学第5版（医歯薬出版）では、味覚について執筆。歯学博士。

③ 佐原 資謹 2009年07月 - 現在
2009年7月、鶴見大学歯学部より赴任。研究領域は、脳神経生理。歯学部の教育・研究体制の改変/整備に力を注ぐ。2009.7-2010.3 歯学部ハイテクリサーチ「長寿科学としての顎口腔系抗加齢医学の追究と生体材料による機能回復法の新展開」、2010.4-2015.3 私立大学戦略的基盤形成支援事業「患者に優しい低侵襲次世代医療開発を目指して」（未来医療プロジェクト）、2010.4-2014.3 私立大学戦略的基盤形成支援事業「超高磁場7テスラMRIを機軸とした生体機能・動態イメージングの学際的研究拠点」（cMRIプロジェクト）、2014.4-2018.3 私立大学戦略的基盤形成支援事業「異分野融合による脳と心の健康のための介入的ニューロイメージング研究拠点プロジェクト」（cMRI₂プロジェクト）、2018.4-2019.3 私立大学研究ブランディング事業「医歯薬連携による全身疾患としての血管病の地域還元型学際的研究拠点」（血管病プロジェクト）に分担研究者として参画。2010年5月、第87回日本生理学会大会で副大会長を務めた。基礎歯科生理学第6版（2014年）、第7

版(2020年)(医歯薬出版)では、興奮性膜を分担執筆、歯科生理学実習書(2012年、医歯薬出版)、新訂生理学実習書(2013年、南江堂)を分担執筆、歯学博士。

2. 最近 10 年間の歩みと現状

<教育>

口腔というと、身体の中でかなり狭い領域に感じる人も多いかと思います。しかし、口腔の諸器官は私達が生きていく上で大きな役割を担っており、その機能は多彩です。口腔内の感覚の鋭敏さは日常経験するところであり、言葉を発し、消化管の入り口として食べ物を咀嚼し、味わい、唾液を分泌し、嚥下を行っています。生理学講座病態生理学分野では、口腔機能のメカニズムを分子・細胞レベルから器官レベル、個体レベルで追求しています。高齢化が進む社会の中で歯科医療においても高齢の患者さんを診療する機会が増加しており、高齢化社会に対応するためのカリキュラムが求められています。生理学の講義では口腔領域に限らず全身管理の理解に必要な全身の働きについて取扱っています。さらに、これらの異常によって生じる疾患についても取扱っています。

1年生の後期から生理学を学ぶために必要となる基礎的な内容の講義をおこなっています。生理学の講義の中心となる2年生の系統講義では、教員が講義するだけでなく、各講義ごとに学生自身が講義の内容をまとめるための時間と課題を与えたり、講義の進捗に合わせて前期と後期に実習を組み込むなどして、理解が深まるように工夫しています。3年生4年生の臨床コースの中では臨床に関連した内容についてピンポイントで講義をおこなっています。CBT対策や国家試験対策などを含めると、1年生から6年生までの全学年を担当しています。

<主たる研究テーマとその成果>

口腔からの感覚情報が、どのように摂食・飲水などの行動をひきおこすか関与する神経回路網とその制御機構を明らかにする研究を、電気

生理学的手法(パッチクランプ法、スライスパッチ法)を中心に、イメージング法(カルシウム、蛍光、fMRI)、組織化学染色法、細胞培養法、分子生物学的手法、遺伝子工学的的手法、遺伝子改変マウスの行動解析などの手法を併用して行っている。

1. fMRI や CT などの非侵襲的手法を用いたヒトの咀嚼・嚥下運動の研究

① fMRI を用いた高齢者の歯のタッピング運動時の脳活動の研究:

fMRI などの非侵襲的手法の発達により、ヒトでの顎運動の脳回路解析が可能となった。本研究では、80歳以上の高齢有歯顎者(20本以上の歯を持つ)無歯顎者および義歯装着した無歯顎者を被験者に、タッピング動作を行わせMRI画像を取得し、歯のタッピングに関与する脳部位とその機能的役割を明らかにした脳領域間結合を解析した結果、1)タッピングによる感覚入力視床VPM核から一次感覚野、島皮質を介して前頭連合野DLPFCに伝わり、随意運動開始のトリガーとなりうること、2)小脳は、抹消からのフィードバック(小脳ループ)を介して円滑な運動遂行に、大脳基底核は大脳基底核ループを介してリズムミク運動の開始、遂行に関与しうる事が明らかになった。単純な歯のタッピング運動において末梢からの感覚入力は、反射の調節だけでなく、皮質運動野や咀嚼野からの出力系を介する随意運動の制御にも重要な役割を果たしていることが示唆された。

② 320列ADCTを用いた嚥下運動の解析:

嚥下運動に関与する器官の形状ならびにその動きが複雑であることが、嚥下を支配するバイオメカニズムの解明、あるいは診断・治療法の新規開発や治療の予測を行う上で大きな障壁となっている。そこで、1)320列面検出型CT(320-ADCT)使用により、時間分解能が10fr/sec、空間分解能0.5mmの高精度・高分解能の3次元画像を取得し、この画像をもとに食塊や軟組織をトレースし、4次元嚥下シミュレーションモデルを構築した。2)嚥下運動に関わ

る筋の動態は、嚥下時の**舌骨の運動軌跡の計測**を基に、筋張力および筋長の変化を推定し、嚥下に関与する舌骨上筋群の**筋骨格モデル**を構築した。体の表面から深い位置に存在する筋（舌骨下筋群）では、表面電極では筋活動の記録が困難であるため、**多チャンネルの筋電図計測**と嚥下時の**喉頭蓋の運動軌跡の計測**により、舌骨下筋群の筋骨格モデルの構築、評価が可能になると考えられる。3）嚥下運動は極めて短時間（約2秒）で終了するため、解剖学的形態やその位置変化情報のみを現在は利用している。咽頭圧と筋活動の時空間的変化を同時計測し、時間軸（潜時）の導入により、器官の運動と嚥下圧との関係が推測可能となり、脳幹反射モデル等と結合した**統合型嚥下シュミレーションモデルの構築**が可能となると思われる。

2. 感覚の認識メカニズムに関する研究

① 7Tesla MRI を用いた味覚と嗅覚認識に関与する神経回路の解析：

味覚や嗅覚情報は、舌、口腔、鼻に存在する嗅覚受容器で受容され、脳幹で中継され、大脳皮質に至ることが生理学的な動物実験で明らかにされてきた。一方で、感覚の認識研究は非侵襲的脳機能計測である fMRI を用いて行われ、神経活動に伴う脳血流量の増加を信号（BOLD 信号）として捉えられ、島皮質や梨状皮質で刺激による賦活が報告されてきた、しかしながら視覚などに比べて刺激による BOLD 信号の上昇が小さくその質の識別や強さの認識など解明されていない点が多く残されている。そこで味覚、嗅覚刺激に応答する脳部位を 7Tesla MRI を用いて調べることで、味覚と嗅覚認識に関与する神経回路ならびにその認識機構を明らかにすることを試みた。7Tesla MRI では、従来の 3Tesla MR と比較して S/N 比が格段に高く、解像度の高い画像が得られる反面、磁化率アーチファクトなどの画像の歪みも大きい。そのため fMRI の撮像条件の最適化後、味覚や嗅覚の感覚の質や強さの識別に関与する脳部位の同定に成功した。

② 酸味と甘味による味覚相互作用の認知における中枢神経基盤の検討：

クエン酸の酸味はショ糖の添加によりにより大きく抑制されるが、ショ糖の甘味はクエン酸を添加してもクエン酸の酸味ほど大きく低下しないことが知られている。クエン酸とショ糖の味覚相互作用の中枢神経応答を調べるために、クエン酸とショ糖とその混合溶液を口腔内呈示し酸味強度と甘味強度を被検者に評価させるパラダイムで fMRI 試験を実施した。解析により、クエン酸単独・ショ糖単独・混合刺激のすべての刺激において島皮質前部（anterior insula）、扁桃体（amygdala）、前帯状皮質（anterior cingulate）、扁桃体（amygdala）、被殻（putamen）や尾状核（caudate）の活性化が見られたが、眼窩前頭皮質（orbitofrontal cortex）はクエン酸単独刺激の条件のみ有意な応答が確認できなかった。本研究では酸味と甘味の味覚相互作用時の Valence や味覚強度の認知においては島皮質と眼窩前頭皮質が関与する可能性が示唆された。

3. 唾液腺の分泌に関わるプロトンポンプに関する研究

① 唾液腺におけるプロトンポンプの機能解析：

V-ATPase は主に腎臓でその存在と機能が確認されているが、唾液腺および涙腺においては、その局在・機能とも明らかではなかった。現在までに、V-ATPase を構成する重要なサブユニットについて、大唾液腺の導管部に局在することを明らかにした。また V-ATPase のサブユニットの一つである、 $\alpha 3$ サブユニットのノックアウトマウスが使用可能となり、その機能的、形態学的解析を行ったところ刺激唾液の水分分泌量の著名な低下、唾液 pH の低下ならびに唾液成分の変化が認められた。プロトンポンプの主な機能は細胞内外の酸性化と考えられるが、刺激唾液の水分分泌の低下とどのように関連するか検討している。

4. グリア細胞の機能的役割に関する研究

近年、グリア細胞が正常・異常にかかわらず

神経活動において重要な役割を担っていることが明らかとなってきた。平成 28 年度、髄鞘形成を担う希突起膠細胞に関する正常・異常における動態の研究を行い、Ⅰ) 絞輪部の軸索の長さが跳躍伝導における伝導速度に深く関わる重要な「因子」であることを初めて明らかにした。また、Ⅱ) オリゴ前駆細胞がニューロンとのシナプスを介して得られた神経活動情報より髄鞘を形成すると考え、野生型およびオリゴ前駆細胞の AMPA 受容体を欠く KO マウスを用いてニューロンからの情報が髄鞘化を促進することを明らかにした。Ⅲ) 慢性脱髄疾患モデル (Plpl 過剰発現マウス) を用いてカテプシン C とシスタチン F のバランスが再髄鞘化に関与する結果を得た。慢性脱髄疾患の診断・治療に貢献するものと考ええる。

3. 人事

2009.7 佐原 資謹教授鶴見大学歯学部より着任
 2009.10 歯学部口腔機能構造学講座口腔生理学分野へ改称
 佐原 資謹教授、松本 範雄准教授、成田 欣弥講師、赤羽 和久助教、深見 秀之助教、浦田 静子技術補佐の 6 名体制
 2010.3 松本 範雄准教授 定年退職

2011.3 浦田 静子技術補佐退職、退職記念食事中に東日本大震災に見舞れる。

2011.4 矢巾キャンパスへ移転、医学部・歯学部
 の統合基礎講座へ改組、生理学講座病態生理学
 分野へ改称

2011.4 小地沢 麻樹技術員採用

2011.5 堀江 沙和ポストドック着任 (杏林大学
 保健衛生学科より)

2011.5 より

佐原 資謹教授、成田 欣弥講師、深見 秀之助教、
 堀江 沙和ポストドック、小地沢 麻樹技術員、
 非常勤講師: 関山 浩子、松本 範雄、高見 茂、佐々
 木 和彦、

2012.3 赤羽 和久助教 定年退職

2014.3 小地沢 麻樹技術員が動物実験施設技術
 員として転出

2014.4 阿部 由里技術員採用

2014.4 より

佐原 資謹教授、成田 欣弥講師、深見 秀之助教、
 阿部 由里技術員、
 非常勤講師: 松本 範雄、赤羽 和久、高見 茂、
 佐々木 和彦、鷹合 英輝、遠山 稿二郎

2017.3 阿部 由里技術員が岩手県立大学総合政
 策学部教務職員として転出



2017.4 御堂地 愉里子派遣職員採用

2017.4 より

佐原 資謹教授, 成田 欣弥講師, 深見 秀之助教,
御堂地 愉里子派遣職員,
非常勤講師: 松本 範雄, 高見 茂, 佐々木 和彦,
鷹合 英輝, 遠山 稿二郎

2018.4 深見 秀之講師が梅花女子大学保健衛生
学科に教授として転出.

2018.4 より

佐原 資謹教授, 成田 欣弥講師, 御堂地 愉里子
派遣職員,
非常勤講師: 松本 範雄, 高見 茂, 佐々木 和彦,
鷹合 英輝, 遠山 稿二郎

2018.7 御堂地 愉里子派遣職員退職

2018.9 齋藤 里美派遣職員採用

2018.11 中牟田 祥子技術員着任 (岩手大学農学
部より)

2018.11 より

佐原 資謹教授, 成田 欣弥講師, 齋藤 里美派遣
職員, 中牟田 祥子技術員
非常勤講師: 松本 範雄, 高見 茂, 佐々木 和彦,
鷹合 英輝, 遠山 稿二郎

2019.9 黒瀬 雅之准教授が赴任 (新潟大学歯学
部より)

【在籍者】(2019.10.1 現在)

佐原 資謹 (教授) / 博士 (歯学)

黒瀬 雅之 (准教授) / 博士 (歯学)

成田 欣弥 (講師) / 博士 (理学)

中牟田 祥子 (技術員) / 博士 (獣医学)

阿部 由里 (技術員) ※ 岩手県立大学 総合
政策学部

齋藤 里美 / (派遣職員・事務員)

非常勤講師:

深見 秀之 / 博士 (歯学) ※ 梅花女子大学 看
護保健学部口腔保健学科 教授

松本 範雄 / 博士 (医学) ※ 元・岩手医科大
学歯学部 口腔機能構造学講座

口腔生理学分野 准教授

佐々木 和彦 / 博士 ※ 元・岩手医科大学 生
理学講座神経生理学分野 教授

遠山 稿二郎 / 博士 ※ 元・岩手医科大学 医
歯薬総合研究所 超微形態科学研究部門
教授

坪川 宏 / 博士 ※ 東北福祉大学 健康科学
部 医療経営管理学科 教授

岡部 幸司 ※ 福岡歯科大学 細胞分子生物
学講座 細胞生理学分野 教授

美島 健二 ※ 昭和大学歯学部口腔病態診断
科学講座 口腔病理部門 教授

平場 勝成 ※ 愛知学院大学歯学部生理学講
座 教授

角 保徳 ※ 国立長寿医療研究センター 歯科
口腔先進医療開発センター センター長

平林 香織 ※ 創価大学文学部人間学科 教授

高見 茂 / 博士 (医学)

鷹合 秀輝 / 博士 (医学) ※ 国立障害者リハ
ビリテーションセンター研究 感覚機能
系障害研究部 感覚認知障害研究室 室長

稲垣 明浩 / 博士 ※ 徳島大学大学院医歯薬
学研究部 統合生理学分野 助教

關山 浩子 / 博士 (歯学)

中居 恵子 / 博士 (医学)

非常勤研究員

深見 秀之 / 博士 (歯学) ※ 梅花女子大学
看護保健学部口腔保健学科 教授

遠山 稿二郎 / 博士 (医学) ※ 元・岩手医
科大学医歯薬総合研究所 超微形態科学
研究部門 教授

高見 茂 / 博士 (医学)

鷹合 秀輝 / 博士 (医学) ※ 国立障害者リハ
ビリテーションセンター研究所

感覚機能系障害研究部 感覚認知障害研究室
室長

稲垣 明浩 / 博士 ※ 徳島大学大学院医歯薬学
研究部 統合生理学分野助教

新見 敬太 / 博士 (歯学) ※ 新見歯科医院
院長

堀江 沙和／博士（学術）※川崎医科大学医学部 基礎医学 解剖学講座 助教
成 烈完／博士 ※ 東北福祉大学 感性福祉研究所 准教授

4. 最近 10 年間の業績 <原著論文>

1. Sano T, Kohyama-Koganeya A, Kinoshita MO, Tatsukawa T, Shimizu C, Oshima E, Yamada K, Le TD, Akagi T, Tohyama K, Nagao S, Hirabayashi Y. Loss of GPCR5B impairs synapse formation of Purkinje cells with cerebellar nuclear neurons disrupts cerebellar synaptic plasticity and motor learning. *Neuroscience Research* 136: 33-47, 2018.
2. Matsumoto N, Sekiya M, Tohyama K, Ishiyama-Matsuura E, Sun-Wada G-H, Wada Y, Futai M, Nakanishi-Matsui M. Essential Role of the $\alpha 3$ Isoform of V-ATPase in Secretory Lysosome Trafficking via Rab7 Recruitment. *Scientific reports* 8:6701, 2018.
3. Wisemith Durose W, Shimizu T, Li JY, Abe M, Sakimura K, Chetsawang B, Tanaka KF, Suzunuma A, Tohyama K, Ikenaka K. Cathepsin C modulates myelin oligo- dendrocyte glycoprotein-induced experimental autoimmune encephalitis. *J Neurochem* 10: 1111, 2018.
4. Mototani Y, Okamura T, Goto M, Shimizu Y, Yanobu-Takanashi R, Ohnuki Y, Shiozawa K, Jin M, Fujita T, Sahara Y, Kozasa T, Saeki Y, Okumura S. Role of G protein-regulated inducer of neurite outgrowth 3 (GRIN3) in β -arrestin 2-Akt signaling and dopaminergic behaviors. *Pfluger Arch – Eur J Physiol* 470:937-947, 2018.
5. Kougioumtzidou E, Shimizu T, Hamilton NB, Tohyama K, Sprengel R, Monyer H, Attwell D, Richardson WD. Signalling through AMPA receptors on oligodendrocyte precursors promotes myelination by enhancing oligodendrocyte survival. *eLife*, 6: e28080, 2017.
6. Shimizu T, Wisemith W, Li J, Abe M, Sakimura K, Chetsawang B, Sahara Y, Tohyama K, Tanaka KF, Ikenaka K. The balance between cathepsin C and cystatin F controls remyelination in the brain of Plp1-overexpressing mouse, a chronic demyelinating disease model. *GLIA*, 65 (6) : 917-930, 2017.
7. Arancibia-Carcamo IL, Ford MC, Cossell L, Ishida K, Tohyama K, Attwell D. Node of ranvier length as a potential regulator of myelinated axon conduction speed. *eLife*: 6: e23329, 2017.
8. Yoshikawa F, Sato Y, Tohyama K, Akagi T, Furuse T, Sadakata T, Tanaka M, Shinoda Y, Hashikawa T, Itohara S, Sano Y, Ghandour MS, Wakana S, Furuichi T. Mammalian-specific central myelin protein opalin is redundant for normal myelination: Structural and behavioral assessments. *PLoS ONE*, 11 (11) : e0166732, 2016.
9. Sahara Y, Horie S, Fukami H, Goto-Matsumoto N, Nakanishi-Matsui M. Functional roles of the V-ATPase in the salivary gland. *J Oral Biol.* 57:102-109, 2015.
10. Yoshimoto R, Iwasaki S, Takago H, Nakajima T, Sahara Y, Kitamura K. Developmental increase in hyperpolarization activated current regulates intrinsic firing properties in rat vestibular ganglion cells. *Neurosci.* 284:632-642, 2015.
11. 深見秀之, 樋口さとみ, 佐々木真理, 佐原資謹. 超高磁場 (7 Tesla) MRI は嗅覚研究に何をもたらすか? . *AROMA RESEARCH.* 57: 24-29, 2014.
12. Niimi K, Horie S, Yokosuka M, Kawakami-Mori F, Nakamura S, Fukayama H, Sahara Y. Heterogeneous Electrophysiological and Morphological Properties of Neurons in the Mouse. Medical Amygdala. *Brain Res*, 2012.
13. Sahara Y, Kobayashi T, Toya H, Suzuki T. Applications of fMRI for Analysis of Oral Functions. *J Oral Biol.* 54: 101-106, 2012.
14. Tsumura M, Sobhan U, Muramatsu T, Sato M, Ichikawa H, Sahara Y, Tazaki M, Shibukawa Y. Transient receptor potential vanilloid 1-mediated Ca^{2+} signal couples with cannabinoid receptors

- and Na^+ - Ca^{2+} exchangers in rat odontoblasts. *Cell Calcium*. 52: 124-136, 2012.
15. 鎌田俊, 佐藤健一, 佐原資謹. 塩酸メピバカインの血管平滑筋に対する作用および作用機序の検討. *日本歯科麻酔学会誌*. 40: 15-24, 2012.
16. 北田泰之, 矢作理花, 奥田・赤羽和久. ヒト随意性嚥下に対する咽頭喉頭部の非刺激唾液による刺激の効果. *日本味と匂学会誌*. 18: 331-334, 2011.
17. 高見茂, 堀江沙和. 鋤鼻系と性ステロイド. *日本味と匂学会誌*. 18: 139-144, 2011.
18. 堀江沙和, 高見茂. 嗅粘膜における性ステロイド代謝酵素. *日本味と匂学会誌*. 18: 133-138, 2011.
19. Kimura-Tsumura M, Okumura R, Tatsuyama-Nagayama S, Ichikawa H, Muramatsu T, Matsuda T, Baba A, Suzuki K, Kajiyama H, Sahara Y, Tokuda M, Momose Y, Tazaki M, Shimono M, Shibukawa Y. Ca^{2+} extrusion via Na^+ - Ca^{2+} exchangers in rat odontoblast. *J Endodont* 36: 668-674, 2010.
20. Kitada Y, Yahagi R, Okuda-Akabane K. Effect of stimulation of the laryngopharynx with water and salt solutions on voluntary swallowing in humans: characteristics of water receptors in the laryngopharyngeal mucosa. *Chem Senses*. 35: 743-749, 2010.
21. Ito K, Chihara Y, Iwasaki S, Komuta Y, Sugawara M, Sahara Y. Functional ligand-gated purinergic receptors (P2X) in rat vestibular ganglion neurons. *Hearing Res*. 267: 89-95, 2010.
22. 佐原資謹. 歯の痛みを科学する3. 侵害受容ニューロンと末梢機構 - 痛みは1つの独立した感覚か? . *日本歯科評論*. 70: 127-134, 2010.
23. Chihara Y, Iwasaki S, Ito K, Yamasoba T, Nakamura S, Sahara Y. Changes in the firing properties of vestibular ganglion cells in heterozygous BDNF null mutant mice. *NeuroReport* 20: 1167-1171, 2009.
24. Ichikawa H, Shibukawa Y, Sahara Y, Tsumura M, Qi B, Satoh K, Narita T, Hashimoto S, Momose Y, Tazaki M, Shimono M, Sugiya H. Electrophysiological properties of AQP6 in mouse parotid acinar cells. *The Journal of Medical Investigation*. 65: S347-349, 2009.
25. Sekiguchi M, Zushida K, Yoshida M, Maekawa M, Kamichi S, Yoshida M, Sahara Y, Yuasa S, Takeda S, Wada K. A deficit of brain dystrophin impairs specific amygdala GABAergic transmission and enhances defensive behavior in mice. *Brain*. 132: 124-135, 2009.