

Effets d'une vocalisation sur l'activité cérébrale lors d'un chatouillement

TRAVAIL DE MASTER

Manon BARRAS

18-5244-05

Laurie CASAS

18-5244-47

Réalisé sous la direction de Dr. Elise WATTENDORF

Version du manuscrit : 1.0

Date de soumission : 21.04.2023

Travail de Master soumis à la Filière en Ostéopathie de la HEdS-FR



DÉCLARATION SUR L'HONNEUR RELATIVE À LA FRAUDE ET AU PLAGIAT

Modules de recherche du Master, MSc Ost

Étudiant-e-s	<u>Manon BARRAS et Laurie CASAS</u>
Titre du document	<u>Effets d'une vocalisation sur l'activité cérébrale lors d'un chatouillement</u>
Version	<u>1.0</u>
Date de dépôt	<u>21.04.2023</u>

Par nos signatures, nous attestons avoir pris connaissance du cadre réglementaire de la formation de la Haute école de santé Fribourg et en particulier du règlement relatif à la *Politique institutionnelle de prévention de la fraude et du plagiat des étudiant-e-s de la Haute école de santé Fribourg* (septembre 2019). En vertu du règlement précité, nous avons conscience que les actes de **copiage, falsification, tromperie, plagiat et auto-plagiat** constituent des actes frauduleux.

Par nos signatures, nous attestons que ce travail a été écrit par nos soins et avec nos mots, à l'exception des citations issues de sources publiées ou non publiées qui ont été clairement identifiées en vertu des normes scientifiques en vigueur. La source des images, schémas et autres illustrations utilisés qui ne sont pas le fruit de notre propre travail est clairement indiquée et nous avons pris la peine de vérifier que nous avons l'autorisation de les utiliser.

Nous sommes conscient-e-s que le fait de ne pas citer une source ou de ne pas la citer clairement, correctement et complètement est constitutif de plagiat. Nous avons pris connaissance des risques de sanctions administratives et disciplinaires encourues en cas de plagiat ou de toute autre forme de fraude.

Au vu de ce qui précède, nous déclarons sur l'honneur ne pas avoir eu recours au plagiat ou à toute autre forme de fraude.

Lieu et date Fribourg, le 21.04.2023 Signature 

Lieu et date Fribourg, le 21.04.2023 Signature 

Table des matières

Résumé.....	5
1 Introduction.....	7
2 Méthode.....	10
2.1 Avant-propos	10
2.2 Devis de l'étude	10
2.3 Participants à l'étude.....	11
2.3.1 Type d'échantillonnage et taille accessible.....	12
2.3.2 Rémunération des sujets.....	12
2.3.3 Risques et gestion des risques	12
2.3.4 Consentement	12
2.4 Instruments de mesures.....	13
2.5 Collecte des données.....	13
2.5.1 Déroulement de l'expérience.....	13
2.5.2 Préparation et instruction des participants à l'expérience	15
2.5.3 Stimulus	16
2.6 Analyse des données	16
3 Gestion des données et protection des données.....	18
4 Résultats.....	19
4.1 Régions du cerveau activées durant le chatouillement sans vocalisation (Tick)	20
4.2 Régions du cerveau activées durant le chatouillement avec vocalisation (VocTick)	21
4.3 Comparaison du chatouillement sans vocalisation par rapport à avec vocalisation (Tick > VocTick).....	23
4.4 Comparaison du chatouillement avec vocalisation par rapport à sans vocalisation (VocTick > Tick).....	24

5	Discussion	25
5.1	Analyse de l'activité cérébrale lors d'un chatouillement avec ou sans vocalisation	25
5.1.1	Observation générale	25
5.1.2	Activité du gyrus postcentral (PoG)	26
5.1.3	Activité du pariétal operculum (PO)	26
5.1.4	Analyse du rapport entre le PoG et le cluster PO+PIIns	26
5.1.5	Activité de l'insula postérieure (PIIns)	27
5.2	Analyse de l'activité cérébrale lors du chatouillement et du toucher avec ou sans vocalisation	28
5.2.1	Observation générale	28
5.2.2	Influence de la vocalisation sur la représentation de la bouche et du larynx	28
5.2.3	Analyse du rapport entre le PoG et le PO lors du chatouillement et du toucher avec vocalisation	29
6	Conclusion	30
7	Remerciements	31
8	Conflits d'intérêt	32
9	Références	33
10	Annexes	36

Résumé

État des connaissances :

Dans la pratique ostéopathique, le toucher et l'intéroception du patient jouent un rôle essentiel. Les effets de l'intéroception sont cependant encore trop peu étudiés malgré leur importance thérapeutique. L'expérience clinique montre que le toucher peut être perçu comme des chatouillements par le patient, perturbant ainsi le geste manipulatif. Il serait donc pertinent de comprendre comment en modifier sa perception. Des différences d'activités cérébrales ont pu être démontrées lors de la déviation de l'attention par la vocalisation durant la phase anticipatoire d'un stimulus du chatouillement. Cependant, aucune analyse n'a été effectuée concernant l'activité cérébrale lors de la réalisation du stimulus avec la vocalisation. Ce travail cherche à pallier cette lacune afin de contribuer aux connaissances actuelles.

Objectif :

Ce travail a pour but d'objectiver une éventuelle différence d'activité cérébrale durant le chatouillement avec ou sans vocalisation grâce à des images effectuées par IRMf (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle).

Méthode :

Ce travail est une analyse secondaire de données déjà acquises. Les images de 30 sujets ont pu être réalisées par IRMf, toutes répondant aux critères d'inclusion de ce travail. L'intensité de l'activité cérébrale a été analysée, dans un premier temps sur le cerveau dans son entièreté, puis, sur des régions ciblées (le gyrus postcentral, le pariétal operculum et l'insula postérieure). Une comparaison a été faite entre l'intensité de l'activité cérébrale durant le chatouillement, par rapport à une baseline, puis entre les deux conditions (avec ou sans vocalisation).

Résultats :

Une différence d'activité cérébrale durant le chatouillement avec vocalisation par rapport à sans vocalisation est observée au niveau de la représentation du diaphragme dans le gyrus postcentral ainsi que dans l'insula postérieure. Cependant, aucune différence significative n'est reportée dans le pariétal operculum ni au niveau des représentations du pied, de la bouche et du larynx dans le gyrus postcentral.

Discussion :

Lors d'un chatouillement, la vocalisation perturberait l'intégration secondaire ainsi que le ressenti intéroceptif mais n'aurait aucune influence sur l'intégration primaire.

Conclusion :

Ce travail a permis d'approfondir les connaissances de l'activation du cerveau lors d'un chatouillement en démontrant l'influence d'une vocalisation sur celui-ci. Ce postulat permet d'ouvrir des parallèles avec les thérapies manuelles, notamment dans le but de comprendre dans quelles mesures une vocalisation influence un traitement manuel.

Mots-clés : chatouillement, vocalisation, intéroception, IRM fonctionnel, ostéopathie

Nombre de mots : 4463

Nombre de figures : 16

1 Introduction

Contexte

L'ostéopathie est une thérapie manuelle utilisant le toucher comme outil principal de diagnostic et de traitement (1). Le toucher donne des informations non seulement sur le système musculosquelettique, mais également sur le système digestif, endocrinien, nerveux ou encore vasculaire. De plus, cela permet une approche biopsychosociale du patient. En effet, pour celui-ci, le toucher peut transmettre le sentiment d'être examiné et pris en charge de manière compréhensive (2). Il permet également une meilleure conscience corporelle, autrement dit intéroception, et ainsi une meilleure compréhension de sa plainte (3).

La majorité des études cherchant à expliquer les mécanismes d'un traitement et leurs effets se concentrent sur une explication proprioceptive/extéroceptive. Le rôle de l'intéroception est généralement laissé de côté. Aujourd'hui, sa relation avec les effets des thérapies manuelles, dont l'ostéopathie, peut être argumentée par la littérature scientifique (4). Le ressenti du patient lors d'une thérapie manuelle joue donc un rôle non négligeable pour l'efficacité du traitement (3).

Cependant, il arrive que le toucher ne soit pas perçu de la manière désirée et provoque le rire ainsi qu'une réaction motrice stéréotypée et involontaire chez le patient. Cela est plus communément appelé le chatouillement (5,6). Cette réaction modifie les sentiments spontanés du patient et donc son état émotionnel/psychologique lors de la phase de tests ou de traitement réalisée par le thérapeute (4). L'intéroception du patient est donc différente si le toucher est perçu comme un chatouillement et cela peut donc avoir un impact sur l'efficacité du traitement.

Le chatouillement

Le mot chatouillement fait référence à deux formes de sensations cutanées différentes : le knismesis et le gargalesis (5). Le premier représente un effleurement léger de type plumeux pouvant être considéré comme ennuyeux alors que le deuxième est évoqué par une pression

plus importante déclenchant le rire. Le rôle du chatouillement a souvent été étudié. Il est parfois interprété comme un comportement social. En effet, le rire associé au chatouillement permettrait une interaction entre la mère et l'enfant et aiderait à l'intégration sociale des individus (7). Selon Darwin, le chatouillement est une forme primitive d'humour (6). D'autres études décrivent le chatouillement comme un "détecteur de non-soi" jouant un rôle de protection contre les corps étrangers (7).

Les voies neuronales du chatouillement sont, à ce jour, peu définies. Elles dépendraient du type de pression exercé. En effet, le toucher léger emprunte un chemin neuronal différent du toucher profond, laissant donc penser que le knismesis et le gargalesis utilisent des voies distinctes (7).

En simplifiant, le trajet commence par la stimulation de divers récepteurs de pression. Après un point relais au thalamus, les informations montent jusqu'au cortex somatosensoriel (7). C'est à cet endroit que la proprioception est intégrée (3). À ce stade de compréhension, il est important de distinguer la proprioception de l'intéroception. Alors que le premier se définit comme la perception du mouvement et de la position des articulations et du corps dans l'espace, le second correspond à la perception de l'état physiologique du corps entier (8,9). La représentation de l'intéroception est localisée dans l'insula postérieure, après le passage au thalamus. Elle est ensuite re-représentée dans l'insula moyenne, puis encore dans l'insula antérieure (10). C'est dans cette dernière que se décide le comportement à adopter par rapport au stimulus grâce à une représentation des sentiments ressentis au moment immédiat (10). Le choix d'un comportement à adopter, par exemple le rire et/ou réaction motrice stéréotypée suite à stimulus comme le toucher, se fait donc dans l'insula antérieure (10).

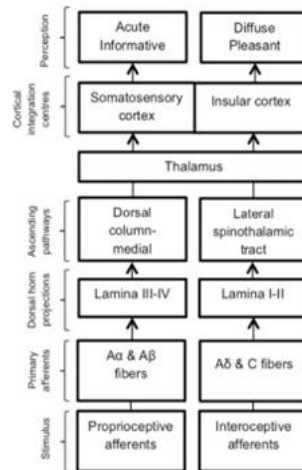


Figure 1 : modèle schématique décrivant les voies discriminatives (proprioceptives/extéroceptives) et affectives (intéroceptives) du toucher (3)

But de l'étude

La relation entre les thérapies manuelles, dont l'ostéopathie, et l'intéroception du patient est aujourd'hui prouvée (4). Malgré cela, les effets intéroceptifs du toucher sont peu étudiés (3). Ce travail se penche sur un type de perception, soit le chatouillement. Ce dernier pourrait perturber le geste thérapeutique. Il est donc intéressant de savoir comment en modifier sa perception.

Une précédente étude a prouvé une différence d'activité cérébrale lors d'une déviation de l'attention par la vocalisation (son émis par le participant) dans la phase anticipatoire des stimuli du chatouillement (11). À partir de ces résultats, un autre postulat peut être posé : une différence d'activité cérébrale peut également être perçue avec une vocalisation lors d'un chatouillement. Cela permettrait de poser l'hypothèse suivante : faire parler un patient chatouilleux permettrait de diminuer la perturbation durant un traitement.

2 Méthode

2.1 Avant-propos

Ce travail est une analyse secondaire de données. Il rejoint une série d'études réalisées dans le cadre de travaux de Master s'intégrant tous dans l'étude de la Dr. Elise Wattendorf (12). Le paradigme de Lars Lämmle (13) a été à l'origine de la récolte de données avec pour but de mieux comprendre les processus neuronaux du rire grâce à des IRMf (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle). À son travail se sont ajoutés ceux de Lise Nicolet (14), Marine Obrist (15) et Luca Francesco Varrà (11), pour lesquels des données complémentaires ont été récoltées durant la même expérience. Divers postulats ont été posés traitant différents stimuli (toucher, chatouillement) avec l'aide de divers dispositifs de mesure (IRMf, fréquence cardiaque, conduction cutanée, enregistrement auditif et questionnaire). Tous ces travaux avaient pour but d'approfondir les connaissances du fonctionnement cérébral par rapport au toucher et au chatouillement.

Ce travail poursuit donc ces recherches. Les données ont été préparées par les travaux de précédents collaborateurs (11,13). Seules les données pertinentes à la question de recherche (chatouillement et IRMf) ont été utilisées et analysées. Parallèlement, le travail de Kathrin Leuch et Julia Kropf se penchait sur l'effet d'une déviation de l'attention par la vocalisation sur l'activité cérébrale lors du toucher. Le chatouillement étant une forme de toucher, leurs résultats ont ensuite été comparés à ceux de cette étude afin de mieux comprendre leurs mécanismes d'intégration.

2.2 Devis de l'étude

Ce travail est une analyse secondaire de données d'une étude observationnelle ouverte et monocentrique. La récolte de données a été réalisée à la clinique universitaire de Greifswald en Allemagne, et ceci durant 4 jours, du 13 au 16 décembre 2018.

2.3 Participants à l'étude

Lors de la réalisation des études précédentes, 57 participants potentiels ont répondu à l'annonce (cf. Annexe 1). Ne respectant pas les critères d'inclusion ou répondant aux critères d'exclusion (cf. Annexe 2 + 3), 19 sujets ont été exclus de l'expérience. Un total de 38 participants a donc été retenu pour mener l'expérience. Parmi eux, aucun ne s'est désisté. Certaines données n'ont cependant pas pu être analysées. En effet, les données de 2 participants ont été éliminées à cause d'un problème technique, ainsi que 6 autres à cause d'un mouvement de tête excessif. Au final, les données de 30 participants ont pu être analysées. Cette étude utilisant les mêmes critères d'inclusion et d'exclusion, les données utilisées étaient donc identiques.

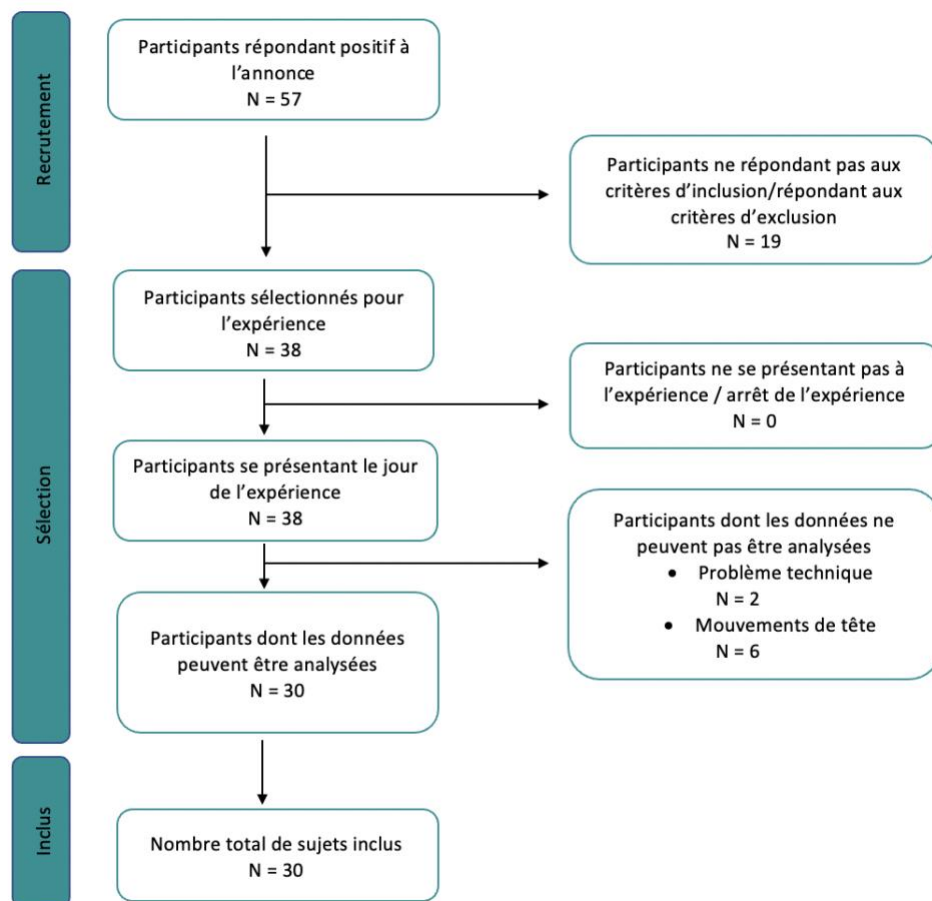


Figure 2 : Sélection des participants à l'étude

2.3.1 Type d'échantillonnage et taille accessible

Selon Soares et al. (16), la taille d'échantillon adéquate compterait au moins 27 sujets, afin de fournir une fiabilité adéquate pour les investigations par IRMf. La population de 30 participants de cette étude est donc idéale.

2.3.2 Rémunération des sujets

Chaque participant a reçu une rétribution de 15€ par heure. En moyenne, cela représente 35€ pour la totalité de l'expérience.

2.3.3 Risques et gestion des risques

Un formulaire d'information a été transmis à tous les participants, principalement concernant l'IRM fonctionnelle. En cas de malaise, de peur ou tout autre problème, l'expérience pouvait s'interrompre immédiatement. Un contact auditif et visuel était donc constamment maintenu à travers la vitre IRM.

Diverses recommandations ont été transmises aux participants avant l'expérience : ne pas boire de café, ni fumer les 2-3 heures avant le rendez-vous. Ces précautions ont été prises afin d'éviter un changement de réactivité des vaisseaux et donc perturber le BOLD-Signal (Blood-Oxygen-Level-Dependent-Signal).

Les risques envisagés lors de cette étude étaient le désistement des participants, l'incompréhension de la tâche à réaliser ou également un bug informatique.

Les IRMf, n'utilisant pas de rayons, sont considérés comme à moindre risque pour les participants.

2.3.4 Consentement

La participation à l'étude était totalement volontaire et le sujet pouvait à tout moment, s'il le souhaitait, s'y retirer sans devoir fournir de justification. La politique de protection des données et le descriptif de l'étude ont été consentis par écrit (cf. Annexe 4 + 5) et par oral avant la réalisation de l'expérience. Le principe de confidentialité a été soumis à l'ensemble

des acteurs de l'étude. Lors de l'expérience, les participants ont donné leur accord pour toutes les évaluations (études) de leurs données.

2.4 Instruments de mesures

Pour une analyse correcte des images par IRMf, la résolution spatiale et temporelle a été choisie selon les détails en annexe (cf. Annexe 6).

La lecture des images est basée sur le principe du BOLD-Signal. Il s'explique par le fait que les neurones actifs ont besoin de plus d'O₂ que les neurones inactifs, ce qui a pour conséquence d'augmenter le flux sanguin vers ces derniers afin d'assurer leur approvisionnement. Cette modification de l'oxygénation et de l'hémoglobine dans le sang peut être détectée à l'aide d'une IRMf. Il est ainsi possible de déterminer les régions du cerveau les plus actives.

2.5 Collecte des données

2.5.1 Déroulement de l'expérience

Toute l'expérience a été réalisée par paire. Lorsqu'un sujet se trouvait dans le scanner, son binôme le chatouillait puis les rôles s'inversaient. Afin de simplifier la suite de l'explication, le sujet à l'intérieur du scanner sera nommé participant interne et celui restant à l'extérieur participant externe.

L'étude abordant le rire et les émotions positives, il était primordial d'instaurer une atmosphère de détente et de bonne humeur. Une vidéo de l'ancien conseiller fédéral, Hans Rudolf, pris d'un fou rire en plein discours au parlement, a été montrée à chaque sujet avant de débiter l'expérience.

L'expérience commençait ensuite en installant les participants. L'un s'installait en position couchée le plus confortablement possible dans le scanner. Il était équipé de protections auditives, d'une antenne-tête nécessaire à l'IRM de l'encéphale et au maintien de la tête, ainsi

que d'un bâtonnet de bois entre les dents pour empêcher un mouvement trop important de la tête. Le sujet externe, également équipé d'un casque anti-bruit, était assis sur un tabouret aux pieds de son binôme.

Le participant interne devait soit exécuter une vocalisation intentionnelle (HA-HA-HA), soit aucune vocalisation (-----). Après un temps variable ($5 + 5/13 \cdot x$ secondes, où x prend des valeurs entre 1 et 13), le participant externe devait effectuer le stimulus : chatouillement durant 6.4 secondes, temps durant lequel le participant interne continuait sa tâche. La fin des deux tâches était simultanée et indiquée aux deux participants. Pour la tâche de vocalisation (HA-HA-HA), il était demandé au participant interne d'exprimer des HA de manière rythmique et de hauteur identique assurant donc la neutralité de l'expérience. Le port du bâtonnet dans la bouche ne gênait pas sa réalisation. Entre chaque tâche, une phase de repos était respectée.

L'expérience se déroulait sous forme de 52 blocs, chacun suivi d'une phase de repos de 11.2 secondes. Quatre conditions différentes ont été réalisées, dont deux combinaisons avec un chatouillement. Deux autres combinaisons concernaient un stimulus différent, le toucher, qui n'a pas été développé pas dans ce travail mais dont les résultats ont été comparés à ceux du chatouillement.

- Aucune vocalisation + Chatouillement
- HA-HA-HA + Chatouillement

En raison de problèmes techniques, le nombre d'évènements prévus, soit 13 pour chaque stimulation, a varié. Au final, il y a eu 13 "Aucune vocalisation + Chatouillement" et 14 "HA-HA-HA + Chatouillement". Deux suites d'enchaînements de conditions randomisées ont été prévues afin qu'une fois les rôles inversés, les sujets ne puissent pas s'attendre à la tâche suivante.

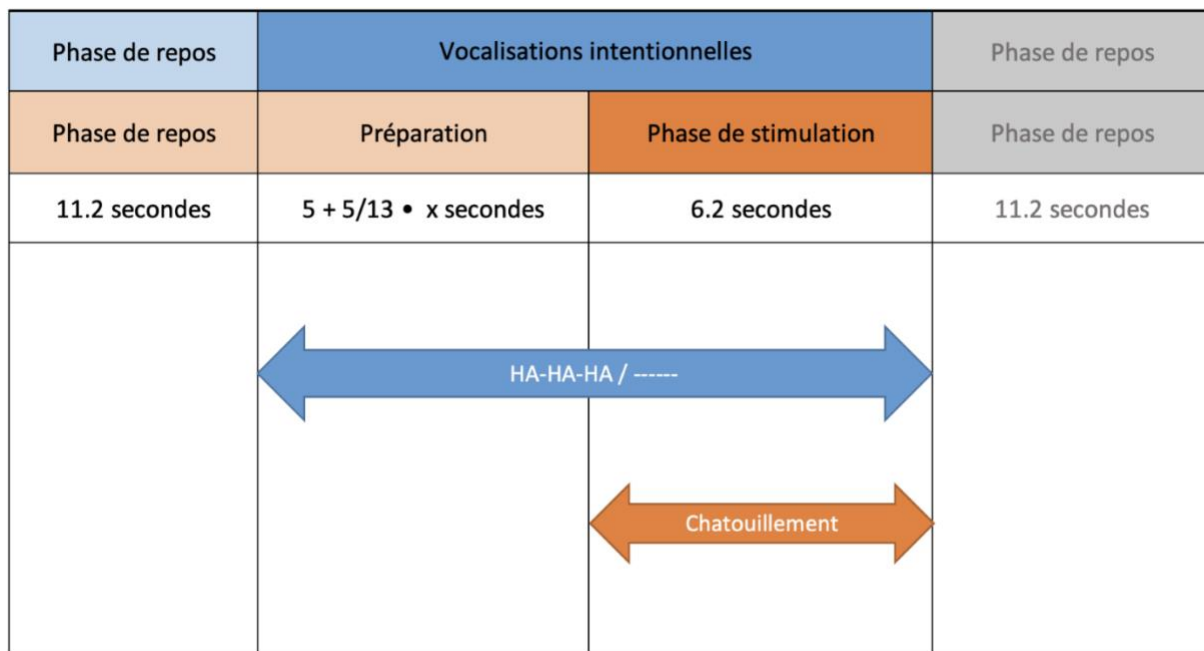


Figure 3 : Structure de l'expérience

En bleu, les tâches du participant interne, en orange celles du participant externe

2.5.2 Préparation et instruction des participants à l'expérience

Les différentes tâches ont été expliquées et montrées par un membre de l'équipe, puis elles ont été exercées par les participants afin de confirmer leur bonne compréhension. Durant l'expérience, des images visibles par les deux participants indiquaient la tâche à réaliser. Les images étaient projetées via Beamer à la tête du participant interne et visibles par celui-ci grâce à un miroir, tandis que le participant externe voyait les images directement. Les 2 participants regardaient la même image, mais une partie de celle-ci était cachée pour le participant interne afin qu'il ne connaisse pas la prochaine tâche du participant externe. Elles représentaient des smileys bouche ouverte ou bouche fermée (cf. Figure 4-5), le premier indiquant une vocalisation (HA-HA-HA) et le second aucune vocalisation (-----). Entre chaque tâche, un écran noir avec une croix blanche apparaissait marquant une pause. Le participant interne ne pouvait donc pas connaître la stimulation à venir. La lettre K signifiait le chatouillement (allemand : kitzeln). Les lettres apparaissaient toujours d'abord en minuscule afin que le participant externe puisse se préparer. Puis, dès que la lettre s'affichait en majuscule, la tâche pouvait commencer.

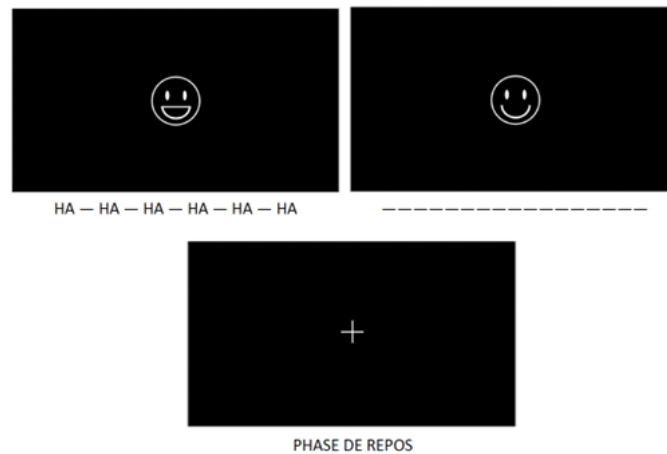


Figure 4 : symboles pour les tâches du participant interne

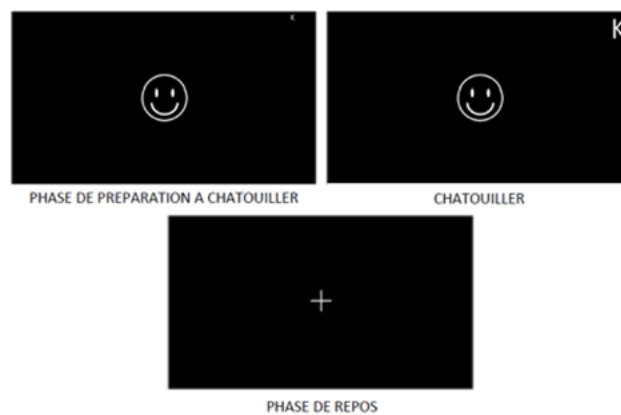


Figure 5 : Symboles pour les tâches du participant externe

2.5.3 Stimulus

Le stimulus du chatouillement était effectué par le sujet externe à la face dorsale et plantaire du pied droit ainsi que la cheville de son binôme. Si le stimulus ne faisait plus effet, les participants étaient exceptionnellement autorisés à chatouiller le pied gauche.

2.6 Analyse des données

L'intensité de l'activité cérébrale a été analysée et comparée à l'aide de MATLAB (The MathWorks Inc. Natick, MA, USA) et du logiciel SPM12 (The Wellcome Centre for Human Neuroimaging, UCL Queen Square Institute of Neurology, London, UK).

Une analyse de premier niveau avait déjà été effectuée. Pour ce faire, l'activité cérébrale de chaque sujet avait été comparée par rapport à sa baseline (soit la moyenne globale de l'activité cérébrale de cet individu), créant ainsi les images de contraste.

L'analyse de second niveau a été prévue comme une analyse de groupe à effet aléatoire et a été effectuée sur la base des images de contraste de l'analyse de premier niveau. Les images de contraste analysées de plusieurs sujets ont alors été combinées pour former les images de contraste d'un groupe. Dans SPM, cela signifie que l'erreur standard et la valeur moyenne ont été prises en compte pour une estimation du contraste.

La significativité a été définie à l'aide d'un T-Test. Pour évaluer de manière sélective les régions d'intérêt, une analyse ROI (regions of interest) a été effectuée. Le ROI a été défini selon les activités du cerveau en lien avec l'étude, soit l'intégration des stimuli tactiles et l'intéroception. Trois régions ont donc été choisies avant l'analyse pour former un seul ROI : le pariétal operculum (PO), le gyrus postcentral (PoG) ainsi que l'insula postérieure (Plns).

Le PoG et le PO correspondent respectivement au cortex somatosensoriel primaire (S1) et secondaire (S2) et ont pour rôle de traiter les entrées sensorielles. Tous deux contiennent une représentation du corps entier sous forme de carte somatotopique (17). Le PoG reçoit des informations du toucher et de la nociception (18). Ces informations somatosensorielles sont ensuite projetées vers le PO pour une seconde analyse. Les champs réceptifs de ce dernier sont plus larges et traitent les informations avec une plus grande sélectivité (19,20). Le PO contribue également à la mémoire tactile, à l'émergence d'intentions motrices conscientes et au développement de la conscience sensorimotrice (17,19,21,22).

La Plns joue un rôle dans l'intéroception primaire de l'activité afférente de l'ensemble du corps (8). Cette étude cherche à comprendre l'intégration des informations et non le comportement à adopter par rapport à celle-ci. C'est pourquoi seule la partie postérieure de l'insula a été retenue dans l'analyse et non les parties moyennes et antérieures.

L'intensité de l'activité cérébrale a été mesurée par le signal BOLD (Blood-Oxygen-Level-Dependant-Signal) par voxel des coupes cérébrales. Ce dernier a été défini comme outcome. Pour obtenir les données statistiques sous forme de tableau, plusieurs étapes ont été nécessaires sur Matlab. La valeur (Z-score) a été utilisée pour décrire l'intensité de l'activité. Les coordonnées du ROI ont également été indiquées. Une valeur de 0.05 FWE (family wise error correction) correction a été utilisée.

Pour finir, les résultats concernant le stimulus du toucher utilisées pour le travail de Master de Julia Kropf et Kathrin Leuch ont été comparées avec celles du chatouillement. Afin que la comparaison soit visuellement plus facile sur les images des IRMf, des coordonnées identiques ont été définies pour chaque coupe.

3 Gestion des données et protection des données

Durant l'expérience, un numéro a été attribué à chaque participant lors de l'examen. Les informations personnelles pouvaient être reliées aux numéros d'identification uniquement par la directrice de projet. Les données sont stockées pour une durée illimitée par la directrice du projet. Les activités cérébrales enregistrées ont ensuite été standardisées afin de permettre leurs analyses (23). N'ayant accès qu'aux images par IRMf normalisées et de 2ème niveau, la protection des données est garantie dans ce travail. Par sécurité, les données utilisées pour ce travail sont stockées à 2 endroits différents. L'étude a été examinée et acceptée par le comité d'éthique de Greifswald en Allemagne (BB063/10a).

4 Résultats

Les résultats sont décrits en quatre parties, le but étant de séparer les différentes tâches : une partie “chatouillement sans vocalisation” dite “Tick” et une partie “chatouillement avec vocalisation” dite “VocTick”. Ensuite les résultats des comparaisons statistiquement significatives entre ces deux tâches sont décrits soit : “ce qui est plus activé dans Tick par rapport à VocTick” dit “Tick>VocTick” et “ce qui est plus activé dans VocTick par rapport à Tick” dit “VocTick>Tick”.

Pour faciliter la compréhension dans la suite de ce travail, voici un lexique contenant les différentes abréviations.

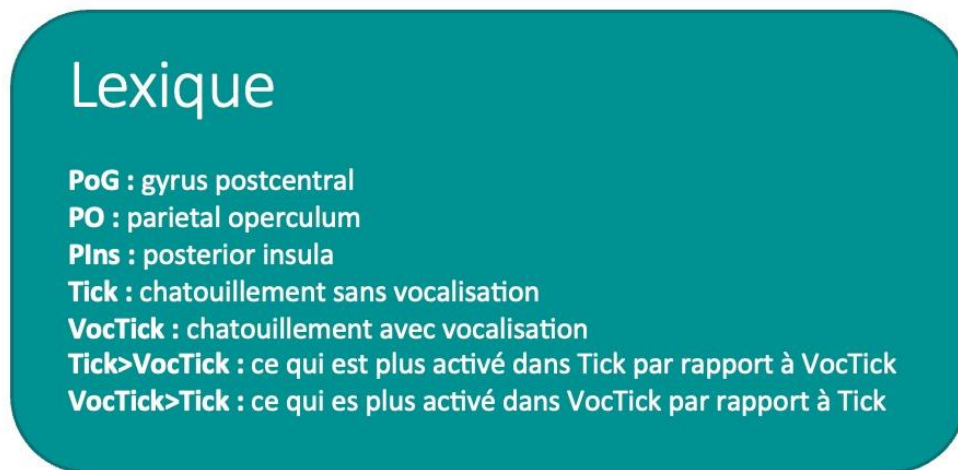


Figure 7 : Lexique des abréviations

4.1 Régions du cerveau activées durant le chatouillement sans vocalisation (Tick)

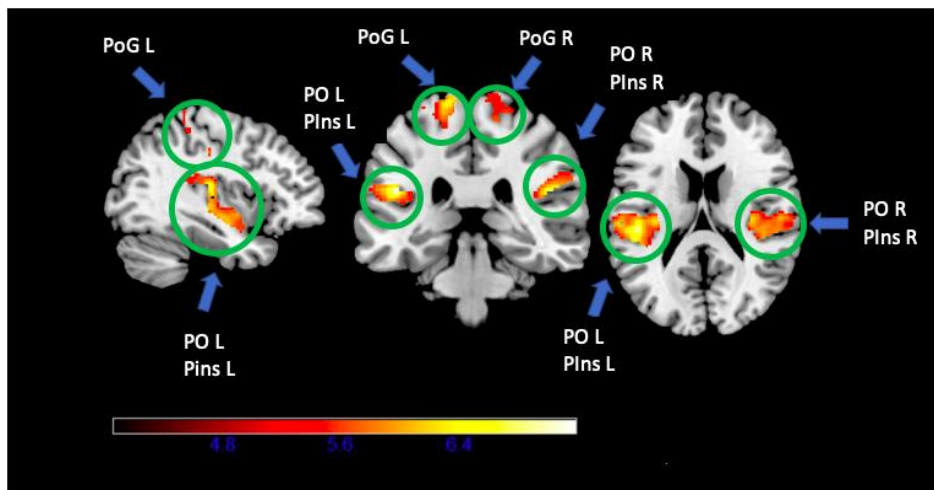


Figure 8 : Activité bilatérale du PO, PoG et Plns durant un chatouillement sans vocalisation (ROI analysis, $P < 0.05$, FWE) avec une vue de la coupe sagittale (image de gauche), coronale (milieu) et transversale (droite) du cerveau.

Lors d'un chatouillement sans vocalisation (Tick), l'activité était bilatérale mais latéralisée à gauche de manière générale. Du côté gauche, la Plns et le PO se partageaient un cluster de 1127 voxels. Dans l'hémisphère droit, un cluster de 720 voxels était également partagé par le PO et la Plns. Le Z-score indiquait une activité de la Plns plus importante à gauche (7.41) qu'à droite (6.65). Le Z-score du PO étant semblable dans les deux hémisphères, il n'était pas possible de conclure une latéralité de l'activité. Le PoG pouvait être distingué en deux régions. Une se trouvait au niveau de la représentation du pied et de la jambe avec une activité de 689 voxels à gauche pour 438 à droite. L'autre région, au niveau de la représentation de la bouche et du larynx (6), avait une activité plus petite, soit de 131 voxels à gauche pour 6 à droite.

Anatomic Brain Region	HEM	Voxel	MNI Coordinates (Peak)			Z-Score
			X	Y	Z	
Parietal operculum PO	L	*	-46	-30	20	7.37
	R	720**	46	-28	22	7.45
Postcentral gyrus PoG	L	689	-14	-36	76	7.14
	R	438	18	-40	70	6.24
	L	131	-50	-22	44	5.59
	R	6	42	-16	38	4.66
Posterior insula Plns	L	1127*	-36	-20	14	7.41
	R	**	34	-20	14	6.65

Figure 9 : Tableau de l'activité cérébrale de la région d'intérêt (ROI) lors d'un chatouillement sans vocalisation. * PO et Plns à gauche se partagent un cluster. ** PO et Plns à droite se partagent un cluster.

4.2 Régions du cerveau activées durant le chatouillement avec vocalisation (VocTick)

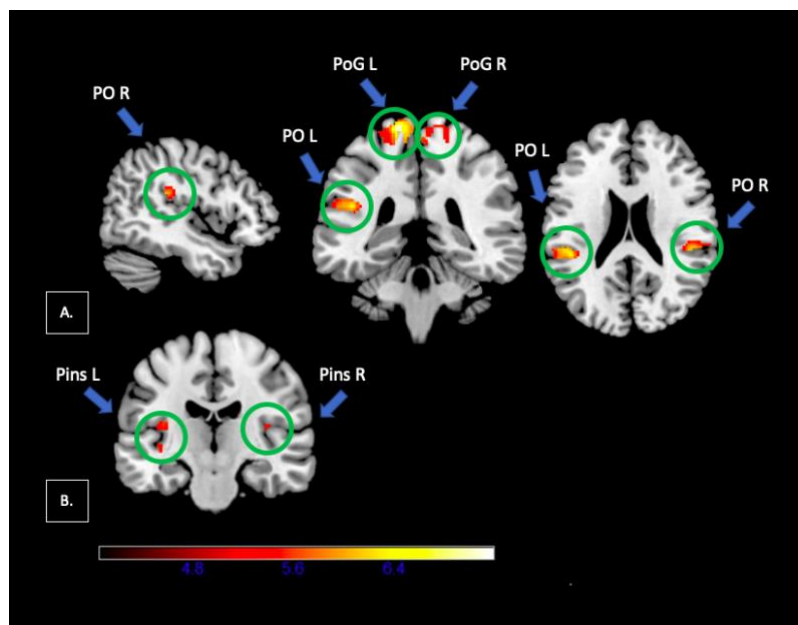


Figure 10 : Activité bilatérale du PO, PoG et Plns durant un chatouillement avec vocalisation. A. Vue de la coupe sagittale (image de gauche), coronale (milieu) et transversale (droite) du cerveau (ROI analysis, $P < 0.05$, FWE). B. Autre vue de la coupe coronale du cerveau afin de visualiser la Plns (ROI analysis, $P < 0.05$, FWE).

Un chatouillement avec vocalisation (VocTick) activait principalement le PoG bilatéralement au niveau de la représentation du pied (6) en partageant un cluster de 707 voxels entre la gauche et la droite. Le Z-score étant plus élevé à gauche (7.54) qu'à droite (5.73), l'activité était donc plus importante à gauche. Le PO était également activé bilatéralement avec une prédominance à gauche représenté par un cluster de 384 voxels, et un cluster à droite de 121 voxels. La Plns présentait une activation bilatérale plus faible avec un cluster de 13 voxels à gauche et 6 voxels à droite.

Anatomic Brain Region	HEM	Voxel	MNI Coordinates (Peak)			Z-Score
			X	Y	Z	
Parietal operculum PO	L	384	-46	-36	22	6.47
	R	121	48	-32	22	6.17
Postcentral gyrus PoG	L	707*	-14	-38	76	7.54
	R	*	12	-40	74	5.73
Posterior insula Plns	L	13	-38	-20	-2	4.72
	R	6	36	-18	14	4.62

Figure 11 : Tableau de l'activité cérébrale de la région d'intérêt (ROI) lors d'un chatouillement avec vocalisation. * PoG à gauche et PoG à droite se partagent un cluster.

4.3 Comparaison du chatouillement sans vocalisation par rapport à avec vocalisation (Tick > VocTick)

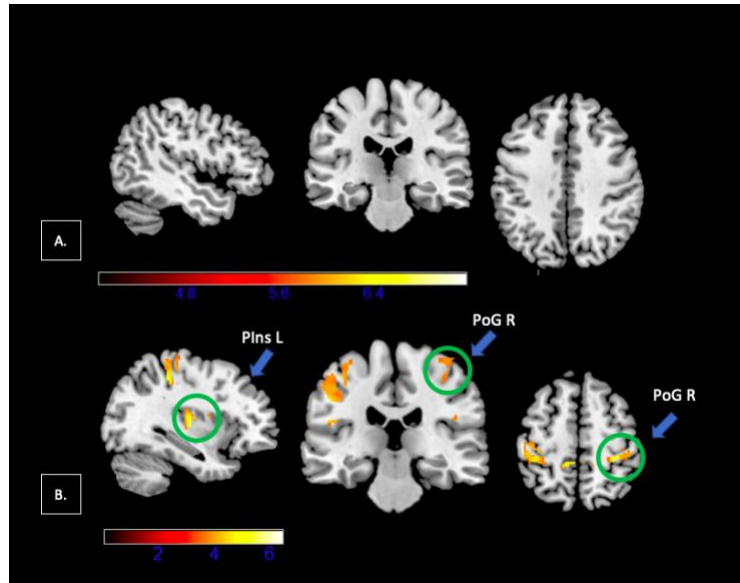


Figure 12 : Activité du PoG à droite et de la PIns à gauche lors de la comparaison d'un chatouillement sans vocalisation par rapport à un chatouillement avec vocalisation. A : Vue de la coupe sagittale (image de gauche), coronale (milieu) et transversale (droite) du cerveau (ROI analysis, $P < 0.05$, FWE). B : Vue de la coupe sagittale (image de gauche), coronale (milieu) et transversale (droite) du cerveau pour une meilleure visualisation de l'activité (ROI analysis, uncorrected, $p < 0.001$).

Lorsque les 2 conditions étaient comparées en regardant ce qui était plus activé dans Tick par rapport à VocTick (Tick > VocTick), une activité de 9 voxels de la PIns était constatée dans l'hémisphère gauche. Le PoG montrait également une activité de 4 voxels dans l'hémisphère droit au niveau de la représentation du diaphragme et de l'abdomen (6).

Anatomic Brain Region	HEM	Voxel	MNI Coordinates (Peak)			Z-Score
			X	Y	Z	
Postcentral gyrus PoG	R	4	32	-36	60	4.51
Posterior Insula PIns	L	9	-38	-14	6	4.97

Figure 13 : Tableau de l'activité cérébrale de la région d'intérêt (ROI) lors de la comparaison d'un chatouillement sans vocalisation par rapport à un chatouillement avec vocalisation.

4.4 Comparaison du chatouillement avec vocalisation par rapport à sans vocalisation (VocTick > Tick)

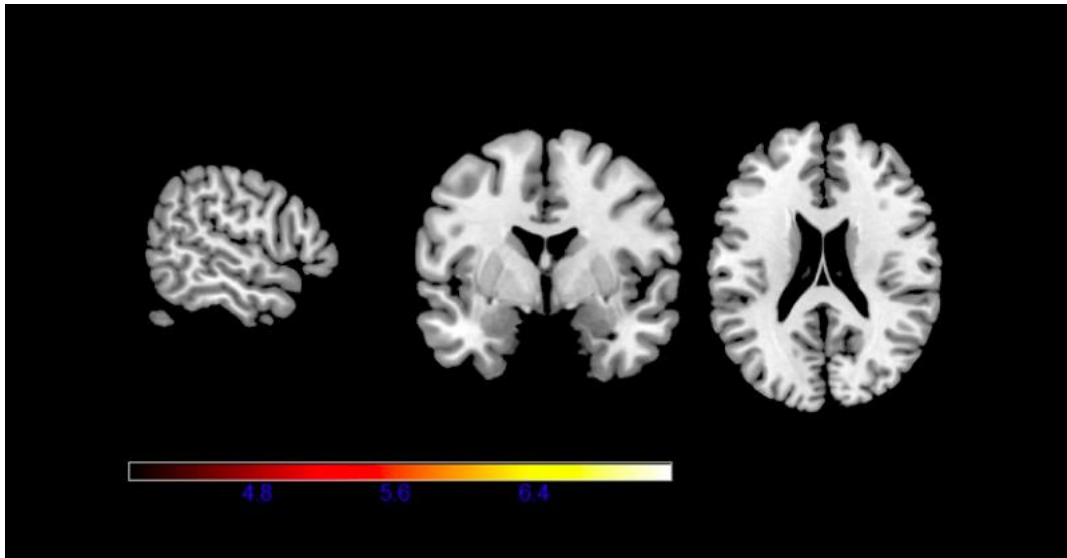


Figure 14 : Aucune activité lors de la comparaison d'un chatouillement avec vocalisation par rapport à un chatouillement sans vocalisation. A : Vue de la coupe sagittale (image de gauche), coronale (milieu) et transversale (droite) du cerveau (ROI analysis, $P < 0.05$, FWE).

Aucune activité n'a été montrée lors d'une comparaison des 2 conditions lorsque l'on regardait ce qui était plus activé dans VocTick par rapport à Tick.

5 Discussion

Une différence d'activité cérébrale durant le chatouillement avec vocalisation par rapport à sans vocalisation a été observée au niveau de la représentation du diaphragme dans le gyrus postcentral ainsi que dans l'insula postérieure. Cependant, aucune différence significative n'a été reportée dans le pariétal operculum ni au niveau des représentations du pied, de la bouche et du larynx dans le gyrus postcentral. Ces résultats permettent de répondre à la question de recherche en démontrant une différence d'activité cérébrale durant le chatouillement avec ou sans vocalisation. La suite de ce travail a pour but d'interpréter ces résultats.

La discussion est séparée en deux parties. La première concerne l'interprétation des résultats décrits ci-dessus. La seconde est une comparaison de ces résultats avec ceux du travail de Julia Kropf et Kathrin Leuch concernant le toucher avec ou sans vocalisation.

Lors du déroulé de l'expérience, le stimulus devait être effectué sur le pied droit du patient. Lorsque le chatouillement ne faisait plus effet, les participants étaient exceptionnellement autorisés à chatouiller le pied gauche de leur binôme. Ainsi, il n'est pas pertinent d'analyser la latéralisation des diverses activations des zones du cerveau lors d'une seule condition. Cependant, lors de la comparaison de deux conditions, cette information devient pertinente étant donné que le déroulement de l'expérience est similaire. D'autant plus que seules les données significatives sont relevées.

5.1 Analyse de l'activité cérébrale lors d'un chatouillement avec ou sans vocalisation

5.1.1 Observation générale

Le choix du ROI a été défini selon les activités du cerveau en lien avec l'étude, soit l'intégration primaire et secondaire des stimuli tactiles et nociceptifs par le PoG et le PO, et l'intéroception par la Pins (8,18–20). Il n'est donc pas surprenant d'observer une activité dans les 3 régions du ROI lors d'un chatouillement avec ou sans vocalisation. Le chatouillement étant effectué

en grande majorité à droite, une latéralisation générale de l'activité de ces 3 régions à gauche est logique.

5.1.2 *Activité du gyrus postcentral (PoG)*

La région du PoG représentant le pied était activée dans les deux conditions. Une activité au niveau de la représentation de la bouche et du larynx n'a cependant été observée que lors d'un chatouillement sans vocalisation. Cela est expliqué par le fait que les participants ont en moyenne plus ri lors d'un chatouillement sans vocalisation (24).

Lors de la comparaison d'un chatouillement sans vocalisation par rapport à avec vocalisation (Tick>VocTick), une activité au niveau de la représentation du diaphragme dans le PoG était observée, ce qui signifie que cette zone a été plus activée lorsqu'il n'y avait pas de vocalisation. Cela peut être expliqué soit par le fait que les participants ont plus ri durant un chatouillement sans vocalisation et ont donc plus ressenti leur diaphragme, soit par le fait que la vocalisation a dévié leur attention et qu'ils ont donc moins ressenti leur diaphragme (6). Concernant les représentations du pied, de la bouche et du larynx dans le PoG, aucune activité n'a été démontrée en comparant les conditions. Ce qui indique que ces régions ne sont pas influencées par la vocalisation.

5.1.3 *Activité du pariétal operculum (PO)*

Aucune différence statistiquement significative n'a été constatée lors des comparaisons d'un chatouillement avec ou sans vocalisation (Tick>VocTick et VocTick>Tick). Cela pourrait signifier que l'activation du PO n'est pas influencée par la vocalisation.

5.1.4 *Analyse du rapport entre le PoG et le cluster PO+Plns*

Concernant le cluster du PoG lors d'un chatouillement avec et sans vocalisation, aucune différence majeure n'a été observée en comparant les images, les voxels ou le z-score. Cependant, le cluster partagé entre le PO et la Plns était diminué lorsqu'une

vocalisation était ajoutée au chatouillement (cf. Figure 15). L'observation de ce rapport n'a pas été testée statistiquement, mais elle laisse penser que l'intégration primaire (PoG) n'est pas influencée par la vocalisation alors que l'intégration secondaire et l'intéroception (PO et Plns) si.

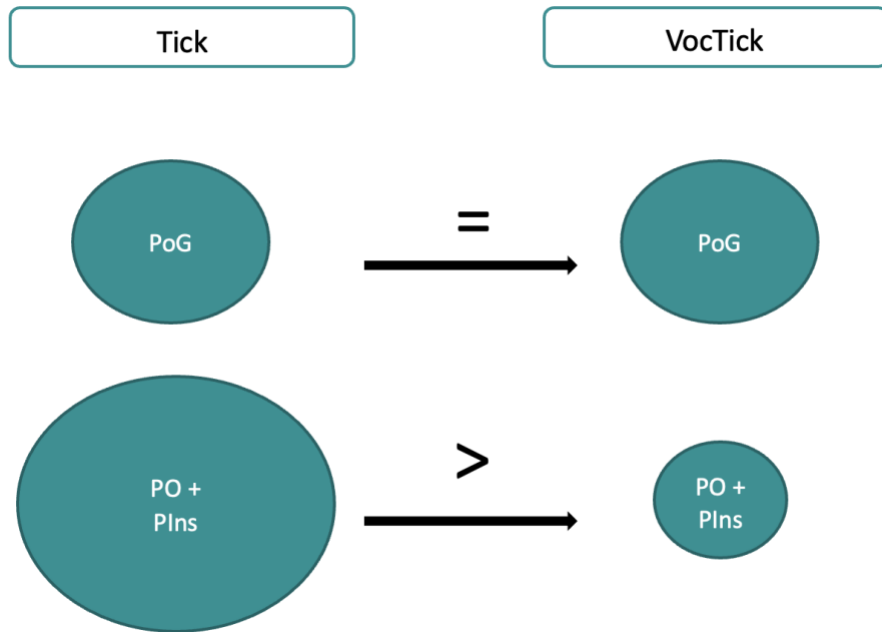


Figure 15 : Rapport entre le PoG et le cluster PO + Plns lors du chatouillement sans et avec vocalisation

5.1.5 Activité de l'insula postérieure (Plns)

Une activité plus importante de la Plns était constatée lors d'un chatouillement sans vocalisation par rapport à avec vocalisation (Tick>VocTick). L'activité neuronale liée à l'intéroception est donc diminuée lors de vocalisations volontaires (24). Une explication possible serait que la vocalisation perturbe l'intéroception.

5.2 Analyse de l'activité cérébrale lors du chatouillement et du toucher avec ou sans vocalisation

5.2.1 Observation générale

Sans surprise, lors des stimulations de chatouillement et de toucher avec ou sans vocalisation, une activité dans les 3 régions du ROI était observée (cf. Annexe 7). La seule différence notable entre les activités du ROI lors du chatouillement et du toucher concerne l'activation du PoG au niveau de la représentation de la bouche et du larynx. Elle était plus importante lors du chatouillement avec ou sans vocalisation. Cela peut être expliqué par le fait que les participants ont ri lors du chatouillement et ont donc plus ressenti leur bouche et leur larynx (24).

Lors du toucher, les 3 régions du ROI montraient une activité plus importante lorsque le stimulus était réalisé sans vocalisation qu'avec (Touch>VocTouch). Cela démontre que la vocalisation influence l'activité dans ces 3 régions. Cependant, lors de la comparaison du chatouillement sans vocalisation par rapport à avec vocalisation (Tick>VocTick), uniquement le PoG, au niveau de la représentation du diaphragme et la Plns montraient une activité plus importante sans vocalisation. Seules ces deux régions sont donc influencées par la vocalisation. Le chatouillement pouvant être considéré comme une menace extérieure (7), l'importance semblerait donc mise sur l'identification du stimulus. Cela expliquerait le fait que l'intégration primaire et secondaire ne seraient pas diminuées par une vocalisation. Le toucher n'étant, lui, pas considéré comme une menace, l'importance pourrait être portée sur la tâche à réaliser, soit la vocalisation. L'intégration sensorielle primaire et secondaire et l'intéroception pourraient donc passer en second plan.

5.2.2 Influence de la vocalisation sur la représentation de la bouche et du larynx

Lors de la comparaison du toucher avec vocalisation par rapport à sans vocalisation (VocTouch>Touch), le PoG au niveau de la représentation de la bouche et du larynx était plus activé lors de la vocalisation. Cela est probablement dû au fait que les participants ressentent plus leur bouche et leur larynx lors d'une vocalisation que s'il n'y en a pas.

En revanche, lors de la comparaison du chatouillement avec vocalisation par rapport à sans vocalisation (VocTick>Tick), aucune différence de l'activité du PoG au niveau de la représentation de la bouche et du larynx n'était constatée. Cela pourrait être expliqué de deux manières différentes : soit les participants auraient autant ressenti leur bouche et leur larynx lors d'un chatouillement avec et sans vocalisation, soit ils l'auraient peu ressenti dans les deux situations.

5.2.3 Analyse du rapport entre le PoG et le PO lors du chatouillement et du toucher avec vocalisation

Le rapport entre l'activité du PoG et du PO lors d'un chatouillement et lors du toucher avec vocalisation est inversé (cf. Figure 16). Lors du chatouillement, l'activité du PoG était plus importante que celle du PO, alors que l'inverse s'est produit lors du toucher. Cette observation n'a pas été testée. Cependant, cela laisse penser que lors du chatouillement, l'analyse primaire est plus importante, alors que lors du toucher c'est l'analyse secondaire qui prime. Cette hypothèse peut être posée au-delà de cette situation particulière et peut laisser penser que cela n'a pas de lien avec la vocalisation, mais uniquement avec la différence entre le toucher et le chatouillement.

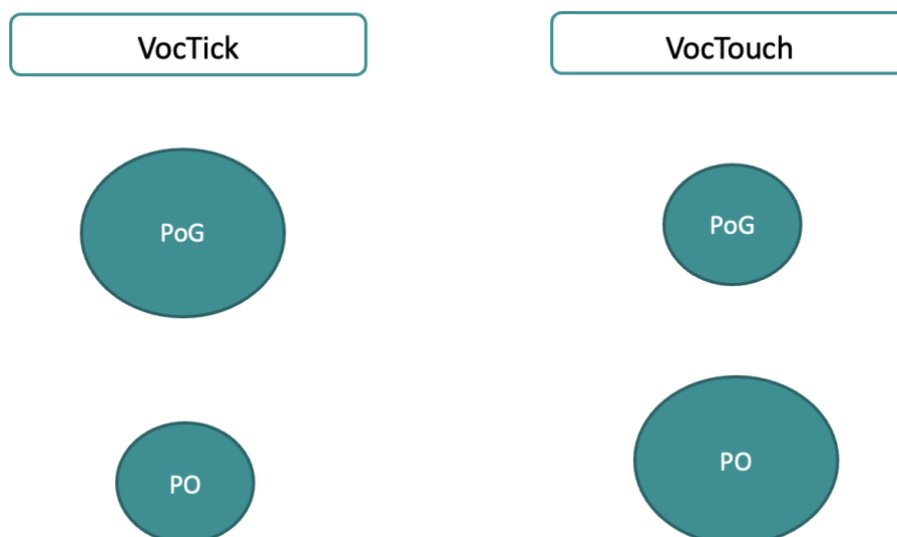


Figure 16 : Rapport entre le PoG et le PO lors du chatouillement et du toucher avec vocalisation

6 Conclusion

La compréhension de l'activité cérébrale grâce aux images effectuées par IRMf est un vaste travail. Les résultats de cette étude permettent d'avancer dans ce domaine en démontrant le postulat suivant : une vocalisation influence l'activité cérébrale lors du chatouillement. Après mise en commun des résultats de cette étude avec celle de Kathrin Leuch et Julia Kropf sur le toucher, il est possible de constater que la vocalisation diminue l'intéroception dans le chatouillement et le toucher.

Les thérapies manuelles, dont l'ostéopathie, étant basées sur le toucher, une supposition peut être faite : lors d'un traitement ostéopathique, la vocalisation diminuerait l'intéroception. Cela pourrait signifier que le patient serait moins conscient de ce qu'il se passe dans son corps durant le traitement. La relation entre les thérapies manuelles et l'intéroception ayant été prouvée (4), il serait intéressant de continuer la réflexion en se demandant dans quelles mesures une diminution de l'intéroception modifie l'efficacité d'un traitement manuel.

Un autre paramètre pouvant modifier l'efficacité d'un traitement manuel est la perception du toucher thérapeutique comme un chatouillement (15). Il est donc intéressant de savoir que la vocalisation influence la perception du stimulus chatouilleux. De plus, l'expérience a démontré, qu'en moyenne, les participants rigolent moins lorsqu'ils devaient émettre une vocalisation. Bien qu'une vocalisation intentionnelle (HA-HA-HA) ne soit pas comparable à un dialogue, ces deux constatations permettent de poser l'hypothèse suivante : faire parler un patient chatouilleux permettrait de diminuer la perturbation durant un traitement.

7 Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidées dans la réalisation de ce travail de Master. En premier lieu, nous voulons remercier Mesdames Elise Wattendorf et Lea Awai pour leur disponibilité ainsi que leurs nombreux et précieux conseils durant le processus de recherche et l'écriture de ce travail. Il est également important de remercier nos collègues Kathrin Leuch et Julia Kropf, avec qui nous avons collaboré durant tout ce travail. Un grand merci également à nos familles et nos proches pour leur aide et leur soutien.

8 Conflits d'intérêt

Il n'y a pas eu de conflit d'intérêt dans cette étude.

9 Références

1. Wagener U. Fühlen - tasten - begreifen: Berührung als Wahrnehmung und Kommunikation. Oldenburg: Bis, Bibliotheks- und Informationssystem der Univ. Oldenburg; 2000. 192 p.
2. Elkiss ML, Jerome JA. Touch—more than a basic science. The Journal of the American Osteopathic Association. août 2012;112(8):514—517.
3. Casals-Gutiérrez S, Abbey H. Interoception, mindfulness and touch: A meta-review of functional MRI studies. International Journal of Osteopathic Medicine. mars 2020;35:22-3.
4. D'Alessandro G, Cerritelli F, Cortelli P. Sensitization and Interoception as Key Neurological Concepts in Osteopathy and Other Manual Medicines. Frontiers in Neuroscience [Internet]. 2016;10. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2016.00100>
5. Leavens DA, Bard KA. Tickling. CURRENT BIOLOGY. 8 févr 2016;26(3):R91-3.
6. Wattendorf E, Westermann B, Fiedler K, Kaza E, Lotze M, Celio MR. Exploration of the Neural Correlates of Ticklish Laughter by Functional Magnetic Resonance Imaging. CEREBRAL CORTEX. juin 2013;23(6):1280-9.
7. Selden ST. Tickle. Journal of the American Academy of Dermatology. 2004;50(1):93-7.
8. Craig ADB. How Do You Feel? Interoception: The Sense of the Physiological Condition of the Body. Nature reviews Neuroscience. sept 2002;3:655-66.
9. Ribeiro F, Oliveira J. Aging effects on joint proprioception: the role of physical activity in proprioception preservation. EUROPEAN REVIEW OF AGING AND PHYSICAL ACTIVITY. sept 2007;4(2):71-6.
10. Craig A. How Do You Feel—Now? The Anterior Insula and Human Awareness. Nature reviews Neuroscience. févr 2009;10:59-70.
11. Francesco Varrà L. Brain Activity during Anticipation of Tickling in Association with Changes in Fundamental Frequency of Voice: An fMRI Study.
12. Wattendorf E, Westermann B, Fiedler K, Ritz S, Redmann A, Pfannmoeller J, et al. Laughter is in the air: involvement of key nodes of the emotional motor system in the anticipation of tickling. SOCIAL COGNITIVE AND AFFECTIVE NEUROSCIENCE. août

2019;14(8):837-47.

13. Lämmle L. «Vom Sprechen zum Lachen: Eine Pilot-Studie zu den Übergangsformen zum Lachen». 2018.

14. Nicolet L. IMPACT DE L'ATTENTION SELECTIVE SUR LA REPONSE PHYSIOLOGIQUE AU TOUCHER : PROTOCOLE D'ETUDE. 2019.

15. Obrist M. INFLUENCE DE LA RÉGULATION COGNITIVE DES ÉMOTIONS SUR LA PERCEPTION DE DIFFÉRENTES NATURES DE TOUCHER [Protocole de recherche]. [Fribourg]; 2019.

16. Soares JM, Magalhães R, Moreira PS, Sousa A, Ganz E, Sampaio A, et al. A Hitchhiker's Guide to Functional Magnetic Resonance Imaging. *Frontiers in Neuroscience* [Internet]. 2016;10. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2016.00515>

17. Debowska W, Liguz-Leczna M, Kossut M. Bilateral Plasticity of Vibrissae SII Representation Induced by Classical Conditioning in Mice. *Journal of Neuroscience*. 2011;31(14):5447-53.

18. Lenoir C, Huang G, Vandermeeren Y, Hatem S, Mouraux A. The human primary somatosensory cortex is differentially involved in vibrotactile and nociception. *Journal of Neurophysiology*. avr 2017;118:jn.00615.2016.

19. Rullmann M, Preusser S, Pleger B. Prefrontal and posterior parietal contributions to the perceptual awareness of touch. *Scientific Reports*. nov 2019;9.

20. Bao R, Wei P, Li K, Lu J, Zhao C, Wang Y, et al. Within-limb somatotopic organization in human SI and parietal operculum for the leg: An fMRI study. *Brain Research*. 2012;1445:30-9.

21. Malinen S, Schürmann M, Hlushchuk Y, Forss N, Hari R. Improved differentiation of tactile activations in human secondary somatosensory cortex and thalamus using cardiac-triggered fMRI. *Experimental brain research Experimentelle Hirnforschung Expérimentation cérébrale*. 1 oct 2006;174:297-303.

22. Sirigu A, Desmurget M. Somatosensory awareness in the parietal operculum. *Brain*. 16 nov 2021;144.

23. Schinzel B. Digitale Bilder: Körpervisualisierungen durch bildgebende Verfahren in der Medizin. mars 2022;

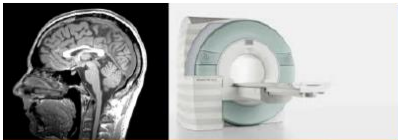
24. Westermann B, Lotze M, Varra L, Versteeg N, Domin M, Nicolet L, et al. When laughter arrests speech: fMRI-based evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. sept 2022;377.

10 Annexes

Annexe 1 – Recrutement

Le recrutement s'est effectué par échantillon de convenance grâce à divers moyens : affiches, flyers accolés dans l'université de Greifswald et messages de recrutements publiés sur des réseaux sociaux, incluant Facebook et la plateforme d'étudiants Ryckwärts.

Flyer de recrutement des participants



Hirnaktivität während des Lachens - Probanden für Funktionelle Bildgebung gesucht!

Für unsere funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) über das Lachen suchen wir gesunde Studenten und Studentinnen (Alter zwischen 18 und 35 Jahren).

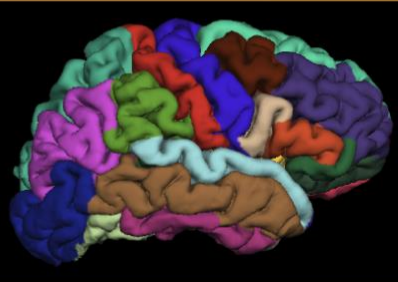
Wie läuft die Studie ab?

Die Teilnehmer kommen zu zweit (Kollegen, Partner oder Freunde) und bilden während der Untersuchung ein Team. In einer ersten Messung liegt einer der beiden Teilnehmer im Scanner und wird von seinem Partner am Fuss gekitzelt. Anschliessend werden die Rollen getauscht. Die ganze Untersuchung dauert ca. 2.5 Stunden.

Wo und wann findet die Studie statt?
Die Studie findet zwischen dem 13.12.2018 und 16.12.2018 im Universitätsklinikum Greifswald statt (Diagnostische Radiologie, 3Tesla MRT).

Aufwandsentschädigung
Pro Stunde und Teilnehmer werden 15.- Euro gezahlt (ca. 35 Euro Gesamtkostenerstattung pro Teilnehmer).

Wer soll nicht teilnehmen:
Personen mit:
 - metallischen Implantaten (ausser Zahnplomben)
 - Tattoos (mit Tinten, die Metallpigmente enthalten)
 - Piercings sollten entfernbar sein
 - Herzschrittmachern, Pumpen
 - Psychiatrische oder neurologische Erkrankungen
 - Spirale, Schwangerschaft
 - Fehlsichtigkeit: > 2 Dioptrien, Kontaktlinsenträger ohne Einschränkung Teilnahme möglich




Kontaktinformationen

Dr. Elise Wattendorf: elise.wattendorf@unifr.ch
 Dr. Martin Domin: martin.domin@uni-greifswald.de

Ausführende Institute

Prof. Dr. med. Martin Lotze;
 Institut für Diagnostische Radiologie und Neuroradiologie -
 Abteilung funktionelle Bildgebung

Dr. Elise Wattendorf;
 Institut für Anatomie und Histologie - Universität Fribourg
 (Schweiz)



Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Dr. Elise Wattendorf
Elise.Wattendorf@unifr.ch

Annexe 2 - Critères d'inclusion

Un total de 57 sujets se sont manifestés pour participer à l'expérience. Sur le flyer se trouvait une liste de critères prédéfinie : se présenter par paire (collègue, conjoint, ami), être en bonne santé générale et être âgé entre 18 et 35 ans. Afin de ne pas risquer un biais dû à une latéralisation dans la représentation cérébrale lors de certaines tâches, seuls les sujets droitiers ont été inclus dans l'étude.

Annexe 3 - Critères d'exclusion

Afin de ne pas biaiser les images ni le déroulement de l'expérience, les sujets souffrant de maladies neurologiques et/ou de troubles psychiatriques, ainsi que les personnes n'étant pas capables de discernement ont été exclus de l'étude. En raison de l'utilisation d'un appareil IRM, les femmes enceintes, les personnes avec implants métalliques ne pouvant être retirés (pacemaker, implants cochléaires, stérilet en cuivre, tatouages contenant des pigments métalliques ou encore piercings) ne pouvaient être acceptées dans cette étude. Une exception a été faite pour les participants avec des barres de contention orthodontiques.

Annexe 4 - Politique de protection des données



Ernst Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Medizinische Fakultät

Funktionelle
Bildgebung

Prof. Dr. med. M. Lotze

Forschungsabteilung im
Zentrum für Diagnostische
Radiologie und
Neuroradiologie
Direktor:
Prof. Dr. med. N. Hosten

Funktionelle Bildgebung

Forschungsabteilung im Zentrum für Diagnostische Radiologie und
Neuroradiologie

Universität Greifswald; Tel. 03834 866899 Friedrich-Löffler-Straße
23a, 17487 Greifswald

Erklärung zum Datenschutz und zur absoluten Vertraulichkeit der Angaben

Alle Mitarbeiter, die im Rahmen der Erhebungen und Auswertungen der Daten zur Studie
**„Funktionelle Bildgebung mittels fMRT zur Erfassung neuronaler Aktivität bei
unwillkürlicher und willkürlicher vokaler Äußerung“**

beschäftigt sind, sind zur Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen laut Datenschutzgesetz
verpflichtet und unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht. Dr. Elise Wattendorf (E-Mail:
elise.wattendorf@uni-gr.de) ist die für die Datenverarbeitung verantwortliche Person. Der
Datenschutzbeauftragte der Universitätsmedizin Greifswald ist Prof. Ulf Glende (datenschutz-
umg@uni-gr.de). Es besteht ein Beschwerderecht beim Landesbeauftragten für Datenschutz
und Informationsfreiheit Mecklenburg-Vorpommern (Werderstrasse 74a, 19055 Schwerin, E-Mail:
info@datenschutz-mv.de).

Personenbezogene Daten (Name und Adresse) und Daten, die bei den Befragungen und
Untersuchungen erhoben werden, werden räumlich und rechentechnisch getrennt gespeichert, so
dass alle Daten, die während der Untersuchungen und Befragungen erhalten werden, ohne Name
und Adresse und somit anonym archiviert und gespeichert werden. Jeder Teilnehmer hat das Recht
Auskunft (einschließlich unentgeltlicher Überlassung einer Kopie) über die betreffenden
personenbezogenen Daten zu erhalten.

Die Untersuchungsdaten werden für die wissenschaftliche Auswertung nur entsprechend der
begutachteten und bestätigten Untersuchungsziele genutzt.

Die Darstellung von Ergebnissen in diesem Zusammenhang erfolgt grundsätzlich in
zusammengefassten Gruppen und Personen. Sollten sich aus den Befunden und Untersuchungs-
ergebnissen der Studie weitere Fragestellungen ableiten lassen, erfolgt – selbstverständlich nur bei
Ihrem vorliegenden Einverständnis – die Verknüpfung von personenbezogenen Daten mit den
erhobenen Untersuchungsdaten über eine Identifikationsnummer, die im weiteren Verlauf ebenfalls
die Anonymität der Untersuchungsteilnehmer gewährleistet. Da die Teilnahme an eventuellen
Folgebefragungen und –Untersuchungen ebenfalls freiwillig ist, werden Sie dann selbstverständlich
erneut über die Ziele der Untersuchung und den Umgang mit Ihren Daten aufgeklärt. Zudem liegt es
in Ihrem Ermessen, einer erneuten Teilnahme nicht zuzustimmen.

Jeder Teilnehmer der Untersuchung hat das Recht, jederzeit seine Teilnahme an der Untersuchung
schriftlich mit Wirkung für die Zukunft zu widerrufen. Die Angabe von Gründen ist dabei nicht notwendig.
Name und Adresse aus der geschützten Personendatei werden in diesem Fall gelöscht, ohne dass dem
Teilnehmer dadurch irgendwelche Nachteile entstehen.

Bei Fragen und Problemen zum Datenschutz stehen Ihnen die Mitarbeiter des Projektes selbstverständlich
jederzeit zur Verfügung.

Annexe 5 – Descriptif de l'étude



Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Medizinische Fakultät

Funktionelle

Funktionelle Bildgebung

Forschungsabteilung im Zentrum für Diagnostische Radiologie und Neuroradiologie

Universität Greifswald; Tel. 03834 866899 Friedrich-Löffler-Straße 23a, 17487 Greifswald Homepage: <http://www.baltic-imaging-center.de/> e-mail: martin.lotze@uni-greifswald.de

Bildgebung

Prof. Dr. med. M. Lotze

Forschungsabteilung

im Zentrum für
Diagnostische Radiologie
und Neuroradiologie

Direktor:

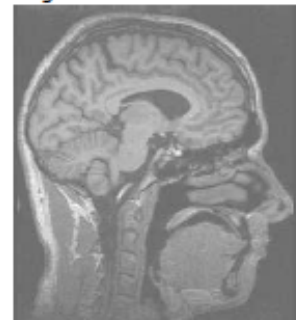
Teilnehmerinformation zur funktionellen Kernspintomographie

Ein Untersuchungsteil unserer Studie wird mittels funktioneller Kernspintomographie durchgeführt - eine der modernsten und ungefährlichsten Untersuchungsmethoden überhaupt. Die Kernspintomographie verwendet keine Röntgenstrahlen, Kontrastmittel oder radioaktive Stoffe, sondern ein kurzzeitig aufgebautes Magnetfeld, das uns in ähnlicher Form auch im Alltag permanent umgibt. Das alltägliche Magnetfeld wird allerdings bei der Kernspintomographie durch die isolierenden Wände eines speziellen Untersuchungsraumes abgeschirmt. Wie man im Alltag, z.B. Rundfunk- und Radiowellen nicht spürt, so sind auch das Magnetfeld und die vom Körper abgegebenen Echsignale nicht wahrnehmbar.

Das kurzzeitig von Ihrem Körper zurückgesendete Signal wird von empfindlichen Spulen aufgefangen und in einem leistungsfähigen Computer in ein Bild umgerechnet (s. BildA. Da das Echsignal aus Ihrem Körper außerordentlich gering ist, wird es von empfindlichen Spulen aufgefangen, die sehr groß sind und im Tomographen Ihren ganzen Körper umgeben. Deshalb wird die Untersuchung auch in einem speziellen Raum durchgeführt, der von äußeren Störeinflüssen abgeschirmt ist. Bei der Untersuchung liegen Sie auf einer beweglichen Liege, die sich langsam in die ca. ein Meter große

Öffnung des Gerätes bewegt. Eine spezielle Vorrichtung wird Ihnen helfen, Ihren Kopf während der gesamten Untersuchung absolut ruhig zu halten, weil durch Kopfbewegungen die Untersuchung nutzlos wäre. Die während den Messungen auftretenden lauten Klopferäusche sind auf Schaltungen im Kernspintomographen zurückzuführen und brauchen Sie nicht zu beunruhigen.

Da diese Situation nicht alltäglich ist, können zu Beginn der Untersuchung Engegefühle auftreten, die ganz normal sind und erfahrungsgemäß nach wenigen Sekunden bzw. Minuten abklingen. Sie erhalten einen Gummiball, mit dem Sie im



Kernspintomographie-Aufnahme eines Kopfes.
Anatomisches Bild, sagittale Schichtführung

Überwachungsraum ein Notsignal auslösen können - bei begonnener Messung werden die Messdaten dann leider unbrauchbar. Durch eine eingebaute Kamera können wir Sie während der gesamten Untersuchung sehen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit zum Gesprächskontakt über Lautsprecher und Mikrophon.

Bei sachgemäßer Durchführung sind bei der Kernspintomographie bei der hier verwendeten Feldstärke keine gesundheitlichen Gefahren oder Risiken zu erwarten. Die sachgemäße Durchführung der Untersuchung wird durch eine Medizinisch Technische Assistentin gewährleistet. Erfahrungsgemäß scheint das Engegefühl im Tomographen, das allerdings relativ rasch abklingt, für einige Menschen am unangenehmsten zu sein.

Im Untersuchungsraum herrscht während der Messung ein Magnetfeld. Metallteile können, wenn sie in das Magnetfeld kommen, Unfälle verursachen - einfache Zahnplomben sind allerdings ohne Belang. Bitte legen Sie deshalb vor Betreten des Untersuchungsraumes alle Metallgegenstände ab. Außerdem müssen wir prüfen, ob sich irgendwelche Metallteile an oder in Ihrem Körper befinden oder andere Gegenanzeigen bestehen, die eine Kernspinuntersuchung bei Ihnen nicht zulassen.

Lesen Sie deshalb die folgenden Hinweise aufmerksam durch!

Bitte beachten Sie!

Metallteile können, wenn sie in das Magnetfeld kommen, Unfälle verursachen: Bitte helfen Sie Unfälle zu vermeiden!

Legen Sie deshalb bitte vor Betreten des Untersuchungsraumes die folgenden Gegenstände ab:

- Uhr, Brille, Hörgerät
- Scheckkarten und andere Karten mit Magnetstreifen
- Metallteile an der Kleidung (z.B. Gürtelschnallen, Bügel-BHs)
- Geldmünzen, Kleingeld, Kugelschreiber, Schlüssel und andere Metallteile in den Taschen
- Schmuck (Ringe, Halsketten, Ohrringe etc.)
- Taschenmesser, Sicherheitsnadeln, Geldbörse, Haarklammern und -nadeln, Büroklammern
- evtl. vorhandene Prothesen soweit möglich (z.B. Zahnersatz), auch Haarteile u. -klammern
- sonstige Gegenstände aus Metall, die Sie bei sich tragen

Bitte kontrollieren Sie noch mal **alle** Taschen (auch die Gesäßtaschen der Hose) und vergewissern Sie sich, dass Sie **keine metallischen Gegenstände** mehr bei sich haben, bevor Sie den Untersuchungsraum betreten.

Sie können die abgelegten Sachen vor dem Untersuchungsraum bei der MTA abgeben. Ein Raum zum Umziehen ist ebenfalls vorhanden. Brille, Schließfachschlüssel und Schuhe können im Untersuchungsraum abgelegt werden.

Einschränkungen

Bei Vorliegen einer der folgenden Situationen wird normalerweise, um mögliche Risiken zu vermeiden, keine Kernspinuntersuchung durchgeführt. Deshalb beantworten Sie bitte folgende Fragen:

Ist jemals durch einen Unfall oder eine Verletzung Metall in Ihren Körper gekommen? (z.B. durch eine Schussverletzung, einen Granatsplitter oder einen Berufsunfall)	<input checked="" type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA
Befinden sich seit einer Operation Metallteile oder Prothesen in Ihrem Körper? (z.B. ein Herzschrittmacher, künstliche Herzklappen, Gefäße oder Katheter, orthopädische oder chirurgische Metallteile wie künstliche Gelenke, Platten, Nägel, Drähte oder Klammern, Zahnplomben sind ohne Belang)	<input checked="" type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA
Befinden sich Metallteile oder elektrisch leitfähige Gegenstände an Ihrem Körper? (Ohringe, Piercing, Spirale, Zahnspangen, metallische Formbügel in Büstenhaltern etc.)	<input checked="" type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA
Haben Sie Tätowierungen am Kopf- oder Halsbereich, Nikotinplaster oder kosmetische Augenlidmanipulation?	<input checked="" type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA
Hatten Sie je eine Operation am Kopf oder am Herzen?	<input checked="" type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA
Nehmen Sie zurzeit Medikamente?	<input checked="" type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA
Leiden Sie unter Platzangst?	<input checked="" type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA
Besteht eine Schwangerschaft?	<input checked="" type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA
Leiden Sie unter einer Epilepsie?	<input checked="" type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA
Bestehen chronische Erkrankungen	<input checked="" type="checkbox"/> NEIN	<input type="checkbox"/> JA

Wichtig!

Bei dieser Untersuchung wird **keine** medizinische Diagnostik betrieben, d.h. wir können keine Angaben über mögliche Erkrankungen Ihres Gehirns machen. In sehr seltenen Fällen kommt es vor, dass bei einer MR- Untersuchung Besonderheiten beobachtet werden. Wenn Sie wünschen, dass wir Sie über solche Besonderheiten aufklären (und Ihnen gegebenenfalls den Besuch eines Arztes empfehlen), so kreuzen Sie dies bitte unten an.

Ich möchte über mögliche Auffälligkeiten in meinen Bildern informiert werden.

☐ NEIN

☐ JA

Hiemit bestätige ich, die Teilnehmerinformationen sowie die Erklärung zum Datenschutz sorgfältig gelesen zu haben sowie die Richtigkeit der oben gemachten Angaben.

Ort/Datum

Name/Vorname des Probanden

Unterschrift des Probanden

Ort/Datum

Name/Vorname des Untersuchers

Unterschrift des Untersuchers

Annexe 6 – IRMf, acquisition des données

Wattendorf and colleagues performed imaging on a 3 T Scanner (VERIO, Seimens, Erlangen, Germany). The scanner was equipped with a 12 channel head coil where subjects were placed in supine position head first. Functional blood oxygenation dependent (BOLD) image acquisition based on a T2*-weighted echo planar imaging (EPI) sequence [repetition time (TR) = 900ms; echo time (TE) = 40.6ms; flip angle = 54°; voxel size = 2.2 x 2.2 x 2.2 mm³; 64 x 64 x 32 voxels; total acquisition time: 1327s], and captured the whole brain. Further 198 phase- and magnitude images were acquired for gradient-echo field mapping [TR = 666ms; TE(1) = 4.92ms; TE(2) = 7.38 ms; flip angle = 60°; resolution = 2 x 2 x 2 mm³]. T1-weighted structural images were obtained by using three dimensional magnetization- prepared rapid gradient echo (MPRAGE) sequence [TR = 1690ms; TE = 2.52 ms; flip angle = 9°; voxel size = 0.97 x 0.97 x 1 mm³; matrix = 256 x 256 x 176 voxels; 176 sagittal slices].

We gathered 1475 EPIs per subject, with the exception of two participants, where due to measurement issues we were forced validate only 1450 respectively 1158 volumes. Before the experimental began, a pre-scan of 10 volumes was conducted for every subject, due to recalibration purposes.

Annexe 7 – Résultat de l'étude parallèle de Kathrin Leuch et Julia Kropf sur le toucher

Touch

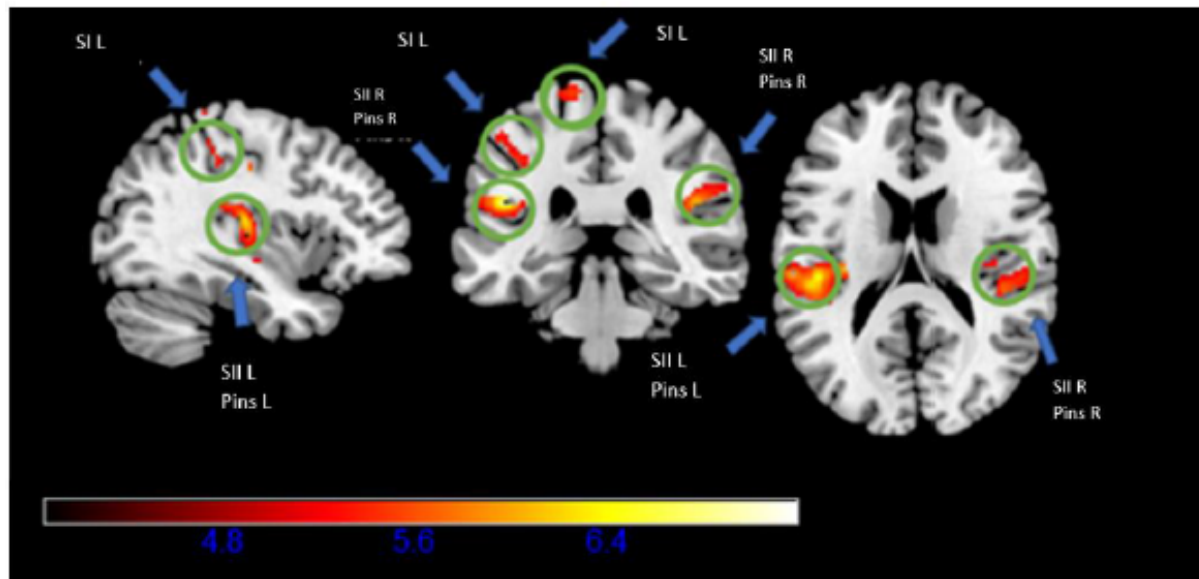


ABBILDUNG 1: BILATERALE AKTIVIERUNG WÄHREND «TOUCH» VON SI, SII UND INSULA POSTERIOR (ROI-ANALYSE, $P < 0.05$, FWE) MIT SAGITTALER (LINKES BILD) KORONALER (MITTE) UND TRANSVERSALER (RECHTS) SCHNITTANSICHT DES GEHIRNS.

Anatomische Gehirn Region	Hemisphäre	Cluster Grösse (Voxels)	MNI Coordinates			Z-Score*
			x	y	z	
Kondition: «Touch» ROI						
SI = Gyrus postcentralis						
Diaphragma	L	2	-44	-38	56	4.69
Unterschenkel	L	379	-16	-38	74	6.62
Unterschenkel	R	113	20	-42	70	5.66
SII = Operculum parietale						
	L	762**	-46	-32	22	7.80
	R	246	46	-28	22	7.12
Insula posterior						
	R	50	36	-18	14	5.50
	L	1	-40	-6	-12	4.59
	L	2	-38	-14	-6	4.50
	L	762**	-36	-20	14	7.47
*: Die Z-Werte beschreiben die lokalen Maxima der aktivierten Region bei einem Schwellenwert von $p > 0.05$						
**: Diese Cluster zeigen Überschneidungen mit benachbarten Clustern						

TABELLE 1: TABELLE DER GEHIRNAKTIVITÄT ZU «TOUCH» MIT DEFINIERTEN ROIS. DIE KOORDINATEN ENTSPRECHEN DEM VOM MONTREAL NEUROLOGICAL INSTITUTE (MNI) FESTGELEGTE STANDARD. DIE ZUORDNUNG DER REGIONEN AUF SI BASIERT AUF VERMUTUNGEN UND STÜTZT SICH AUF WATTENDORF ET AL. (2012)

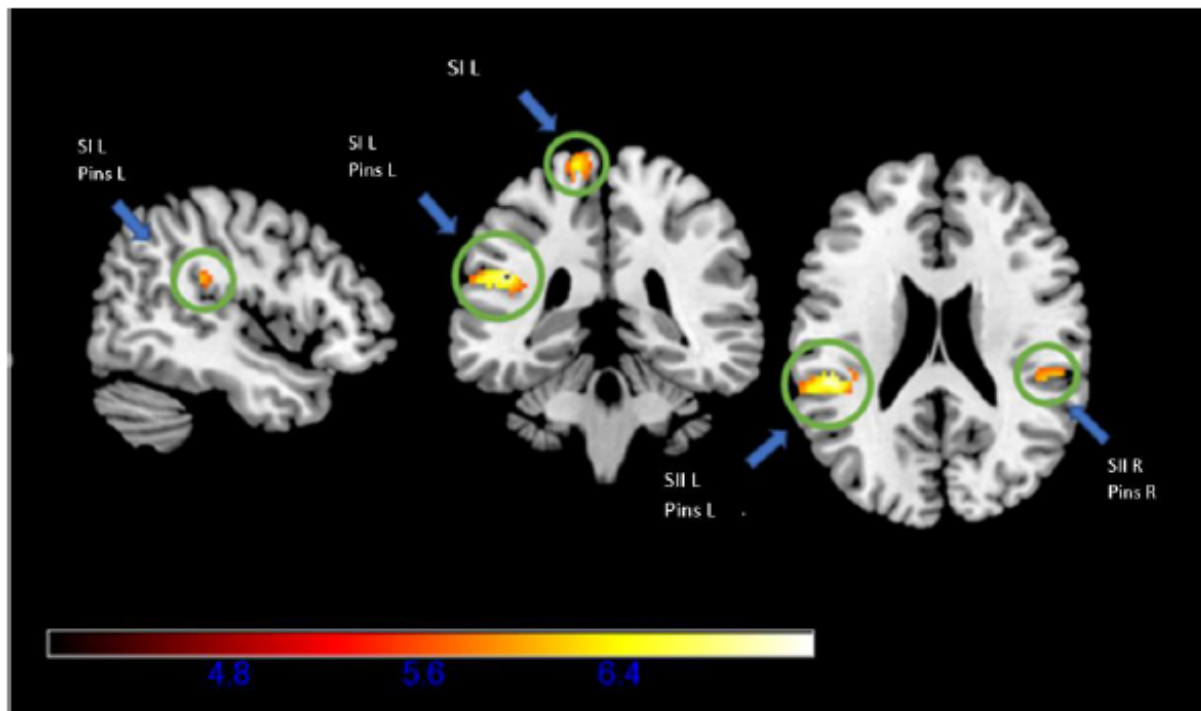
VocTouch

ABBILDUNG 2: AKTIVIERUNG WÄHREND «VOCTOUCH» VON SI, SII UND INSULA POSTERIOR (ROI-ANALYSE, $p < 0.05$, FWE) MIT SAGITTALER (LINKES BILD) KORONALER (MITTE) UND TRANSVERSALER (RECHTS) SCHNITTANSICHT DES GEHIRNS.

Anatomische Gehirn Region	Hemisphäre	Cluster Grösse (Voxels)	MNI Coordinates			Z-Score*
			x	y	z	
Kondition: «VocTouch» Roi						
SI = Gyrus postcentralis						
Unterschenkel	L	124	-14	-38	76	6.17
SII = Operculum parietale						
	L	325	-46	-34	24	6.88
	R	58	48	-32	22	5.44
Insula posterior						
	L	19	-34	-22	14	5.77
*: Die Z-Werte beschreiben die lokalen Maxima der aktivierten Region bei einem Schwellenwert von $p > 0.05$						
**: Diese Cluster zeigen Überschneidungen mit benachbarten Clustern						

TABELLE 2: TABELLE DER GEHIRNAKTIVITÄT ZU «VOCTOUCH» MIT DEFINIERTEN ROIS. DIE KOORDINATEN ENTSPRECHEN DEM VOM MONTREAL NEUROLOGICAL INSTITUTE (MNI) FESTGELEGTE STANDARD. DIE ZUORDNUNG DER REGIONEN AUF SI BASIERT AUF VERMUTUNGEN UND STÜTZT SICH AUF WATTENDORF ET AL. (2012)

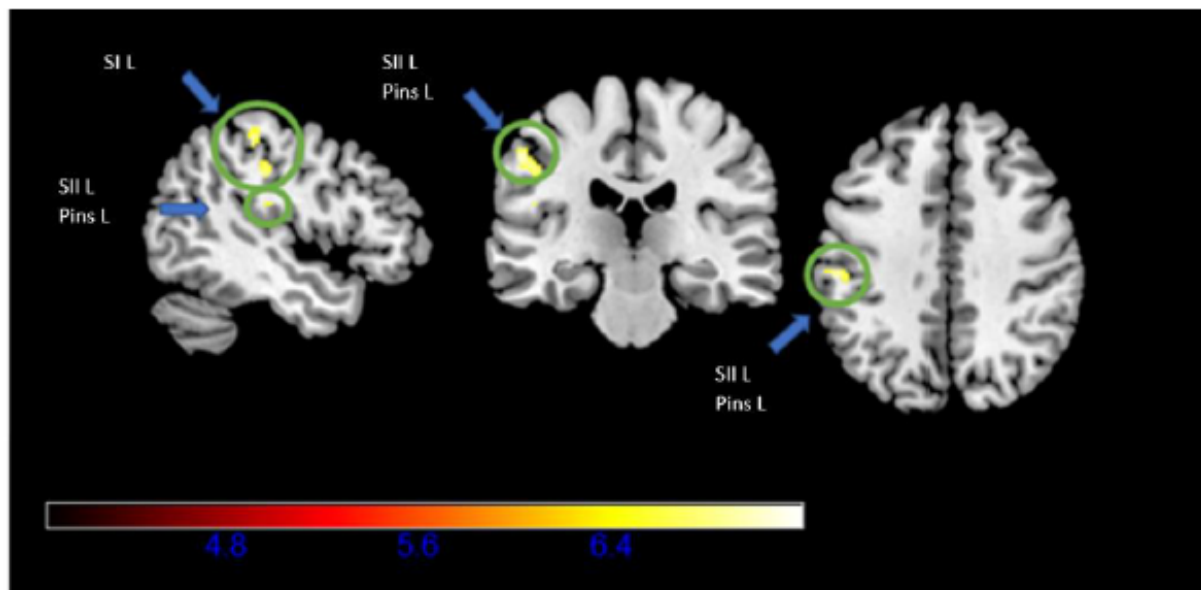
Touch>VocTouch

ABBILDUNG 3: AKTIVIERUNG WÄHREND «TOUCH>VOCTOUCH» VON SI, SII UND INSULA POSTERIOR (ROI-ANALYSE, $p < 0.05$, FWE) MIT SAGITTALER (LINKES BILD) KORONALER (MITTE) UND TRANSVERSALER (RECHTS) SCHNITTANSICHT DES GEHIRNS.

Anatomische Gehirn Region	Hemisphäre	Cluster Grösse (Voxels)	MNI Coordinates			Z-Score*
			x	y	z	
Kondition: «Touch > Voctouch» ROI						
SI = Gyrus postcentralis						
Unterschenkel	L	10	-12	-44	62	4.70
Unterschenkel	R	58	18	-38	70	5.29
Larynx	L	61	-54	-22	44	5.20
Larynx	L	19	-60	-18	24	4.93
Diaphragma/ Bauch	L	140	-40	-36	54	5.33
Diaphragma/ Bauch	R	11	34	-32	56	4.75
SII = Operculum parietale						
	L	3	-48	-22	20	4.57
Insula posterior						
	L	7	-36	-16	8	4.66
*: Die Z-Werte beschreiben die lokalen Maxima der aktivierten Region bei einem Schwellenwert von $p > 0.05$						
**: Diese Cluster zeigen Überschneidungen mit benachbarten Clustern						

TABELLE 3: TABELLE DER GEHIRNAKTIVITÄT ZU «TOUCH>VOCTOUCH» MIT DEFINIERTEN ROIS. DIE KOORDINATEN ENTSPRECHEN DEM VOM MONTREAL NEUROLOGICAL INSTITUTE (MNI) FESTGELEGTE STANDARD. DIE ZUORDNUNG DER REGIONEN AUF SI BASIERT AUF VERMUTUNGEN UND STÜTZT SICH AUF WATTENDORF ET AL. (2012)

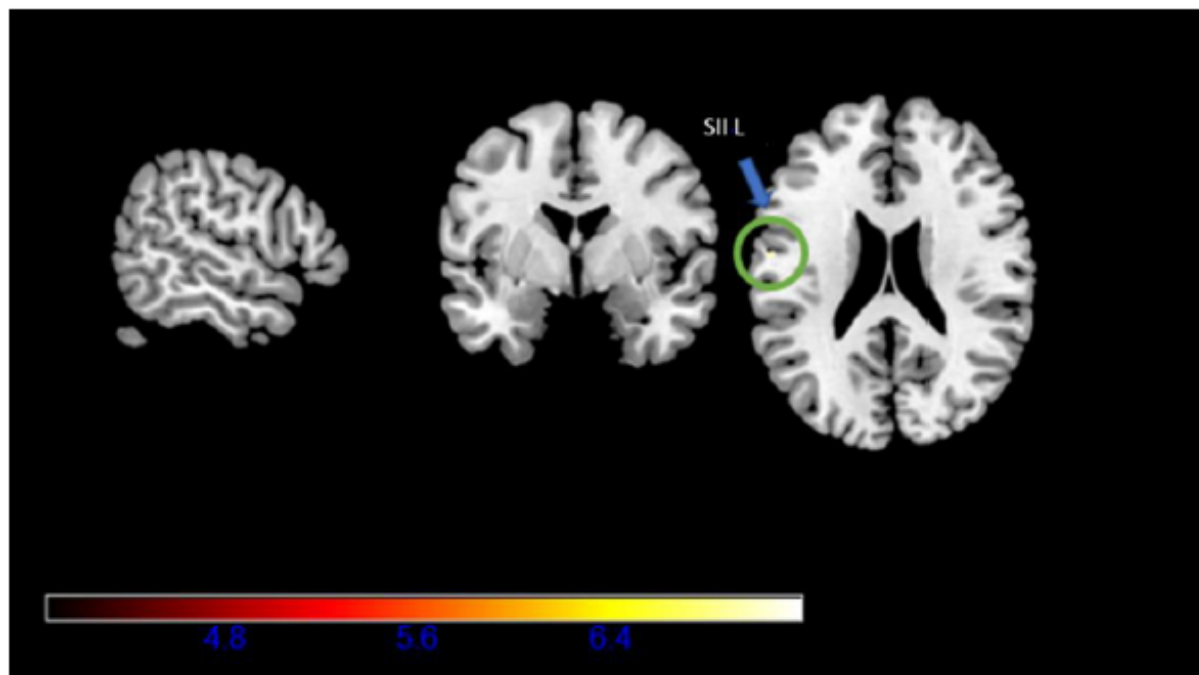
VocTouch>Touch

ABBILDUNG 4: AKTIVIERUNG WÄHREND «VOCTOUCH>TOUCH» VON SI, SII UND INSULA POSTERIOR (ROI-ANALYSE, $P < 0.05$, FWE) MIT SAGITTALER (LINKES BILD) KORONALER (MITTE) UND TRANSVERSALER (RECHTS) SCHNITTANSICHT DES GEHIRNS. DIESELBEN SCHNITTE DES GEHIRNS WURDEN DARGESTELLT WIE BEI DER GRUPPE «TICKLING».

Anatomische Gehirn Region	Hemisphäre	Cluster Grösse (Voxels)	MNI Coordinates			Z-Score*
			x	y	z	
Kondition: «Voctouch > Touch» ROI						
SI = Gyrus postcentralis						
Larynx	L	6	-58	-4	22	4.83
*: Die Z-Werte beschreiben die lokalen Maxima der aktivierten Region bei einem Schwellenwert von $p > 0.05$						
**: Diese Cluster zeigen Überschneidungen mit benachbarten Clustern						

TABELLE 4: TABELLE DER GEHIRNAKTIVITÄT ZU «VOCTOUCH>TOUCH» MIT DEFINIERTEN ROIS. DIE KOORDINATEN ENTSPRECHEN DEM VOM MONTREAL NEUROLOGICAL INSTITUTE (MNI) FESTGELEGTEN STANDARD. DIE ZUORDNUNG DER REGIONEN AUF SI BASIERT AUF VERMUTUNGEN UND STÜTZT SICH AUF WATTENDORF ET AL. (2012)