

Neuroradiologie

Le diagnostic assisté par ordinateur arrive-t-il désormais?

Roland Wiest^a, Christian Rummel^a, Stefan Bauer^b, Raphael Meier^b, Mauricio Reyes^b, Johannes Slotboom^a, Jan Gralla^a

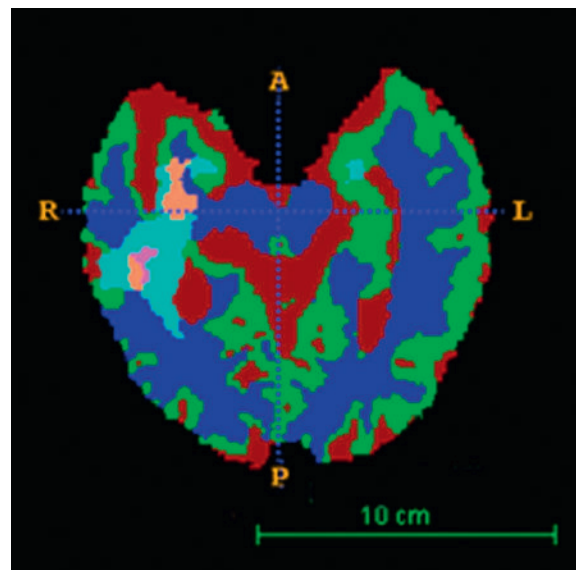
^a Support Center for Advanced Neuroimaging, Universitätsinstitut für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie

^b Institut für Chirurgische Technologie und Biomechanik, Universität und Inselspital Bern

Une IRM de la tête comprend, selon l'orientation de l'examen, des centaines à des milliers d'images individuelles dans différentes directions spatiales. En médecine routinière, le traitement des informations fournies par les ensembles de données médicales IRM repose de nos jours habituellement sur les principes de l'«opinion d'expert» et l'expérience du spécialiste dans le diagnostic et l'interprétation. Pour l'évaluation de la plupart des problématiques de neuroradiologie, ce procédé, par ex. recherche, description et évaluation de lésions focales, est totalement suffisant au quotidien clinique. Cela devient plus difficile en cas de maladies uniquement détectables par des modifications volumétriques subtiles ou par des perturbations de signaux. Dans ce cas, la perception humaine est souvent dépassée. Ainsi, un développement relativement récent se consacre à l'exploration de tels ensembles de données au moyen de procédés assistés par ordinateur. Cela apporte-t-il un avantage lorsqu'au lieu d'une estimation de la «réduction généralisée du volume cérébral», peuvent être fournies au clinicien des données quantifiées relatives au diamètre cortical régional, des informations concernant la modification volumétrique en cas de tumeurs cérébrales ou de sclérose en plaques, ou des données quantitatives relatives à la concentration de lactate dans le tissu cérébral de patients atteints de maladies mitochondriales?

Classification assistée par ordinateur des types tissulaires

Toutes ces méthodes suivent le concept selon lequel une classification assistée par ordinateur des types tissulaires est réalisée en s'appuyant sur les ensembles existants de données normatives (par ex. l'IRM du cerveau de volontaires sains ou sur la base de propriétés spécifiques à des tissus pathologiques tels que les tumeurs cérébrales). Si, par exemple, la concentration de la substance grise cérébrale ou le diamètre du cortex sont modifiés par un trouble du développement



chez un patient atteint d'épilepsie, il est alors possible, en s'appuyant sur les informations supplémentaires obtenues par l'analyse d'images morphométriques, de recenser de manière quantitative ce trouble ainsi que la différenciation perturbée moelle-cortex et de les comparer à une base de données normatives. La valeur ajoutée de l'analyse automatisée par rapport à une analyse d'images purement visuelle a été largement démontrée par une étude portant sur 91 patients (89 sur 91 ont été reconnus) [1]. Si l'épaisseur corticale est réduite, l'information concernant le modèle de distribution peut également fournir des renseignements supplémentaires utiles sur la forme sous-jacente du processus neurodégénératif.

Morphométrie cérébrale

Le domaine comparativement récent de la morphométrie cérébrale (c.-à-d. la description quantitative de la forme et du volume du cerveau par des valeurs de mesure) distingue deux méthodes, l'analyse basée sur les voxels et celle basée sur les surfaces. Tandis



Roland Wiest

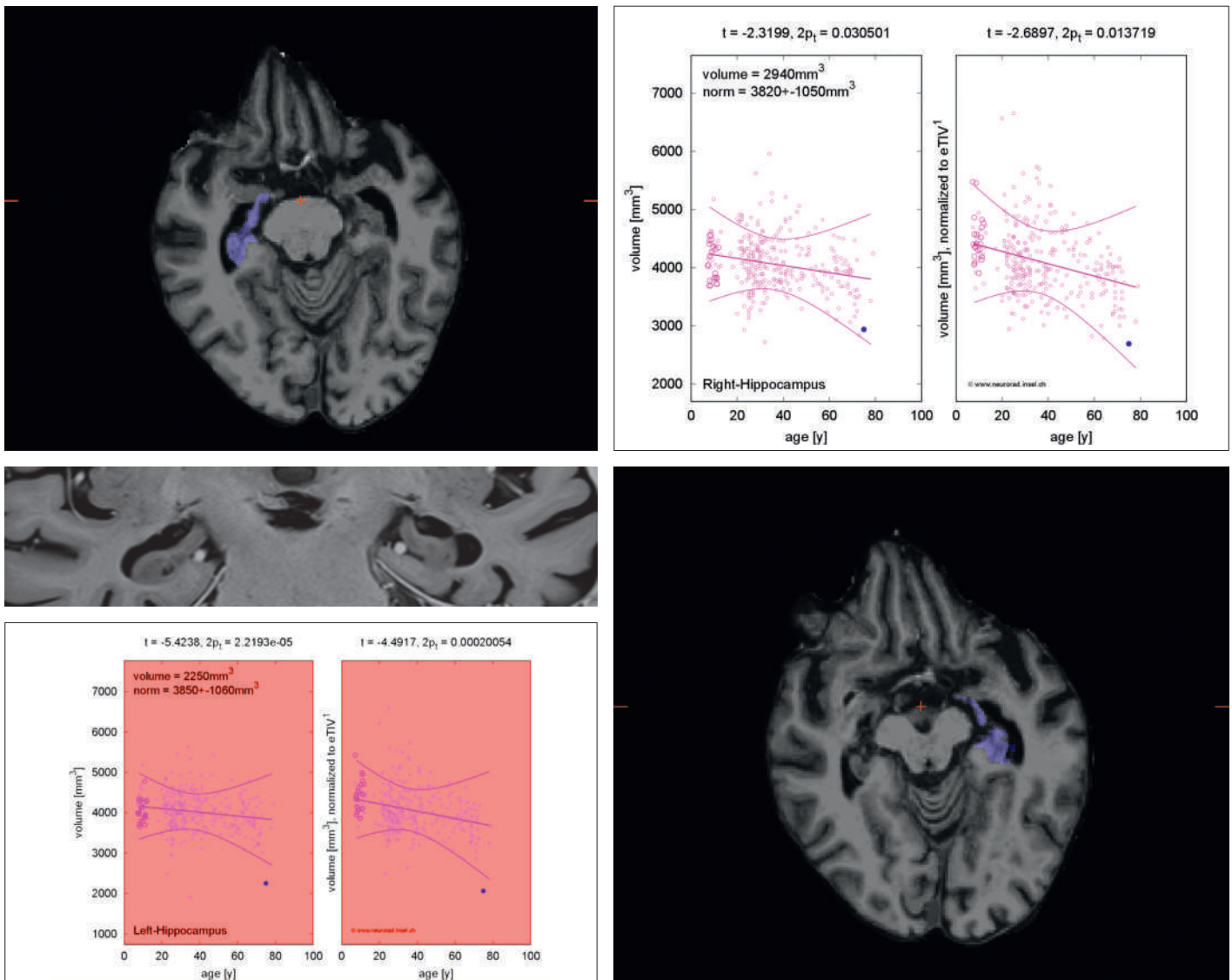


Figure 1A: Résultat RM structurel: réduction volumétrique de l'hippocampe (HC; évaluation visuelle MTA de degré II). Volumétrie automatisée complémentaire de l'hippocampe. Le calcul automatisé confirme une réduction volumétrique significative (rouge) de l'hippocampe en-dessous de la norme moyenne par rapport à l'âge et au sexe à gauche (en haut: HC droit, en bas: HC gauche).

que la première convient pour mesurer les concentrations et volumes régionaux de classes tissulaires, la morphométrie basée sur les surfaces apporte des avantages lorsqu'il s'agit de saisir des propriétés telles que la configuration des surfaces, l'épaisseur ou la formation de gyrus du ruban cortical. A l'aide d'un groupe témoin, l'épaisseur corticale régionale est mesurée et, en utilisant la morphométrie basée sur les voxels, des dimensions inaccessibles, telles que la surface corticale régionale, la courbure du cortex et la profondeur du sulcus, sont déterminées. Le groupe témoin permet de comparer statistiquement les valeurs de mesures morphométriques de patients avec celles d'un grand nombre de sujets sains mesurées en utilisant les mêmes scanners. Les influences physiolo-

giques, telles que la taille de la tête, les dépendances du sexe ou la modification normale de la substance grise avec l'âge (augmentation chez les enfants, diminution avec l'âge), sont prises en compte.

Les problématiques oncologiques

Les problématiques oncologiques constituent un autre champ de la neuroradiologie quantifiée. Dans ce domaine, des mesures unidimensionnelles ou bidimensionnelles de la surface du processus expansif ou, sur le plan clinique, des données tridimensionnelles dans les plans principaux sont souvent documentées. Les erreurs obtenues sur les mesures bidimensionnelles, qu'elles dépendent de l'examineur

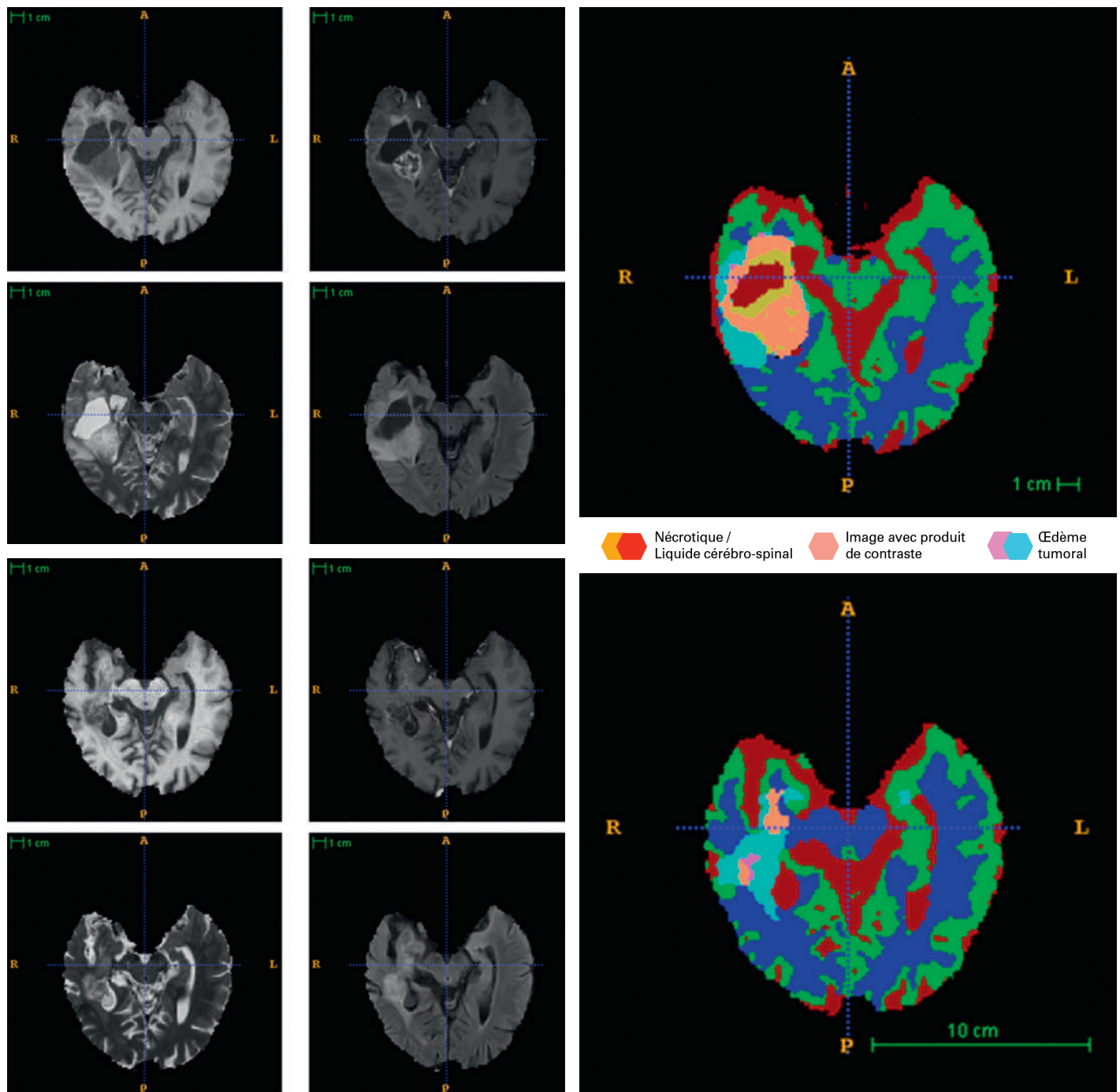


Figure 1B: Résultats structurels (T1w, T2w, FLAIR, T1w, KM) et volumétrie compartimentée automatisée au cours de l'évolution d'un glioblastome sous radio-chimiothérapie. La partie tumorale absorbant le produit de contraste est en cours de régression. Dans les deux cas, une mesure exacte du tissu tumoral absorbant le produit de contraste est possible uniquement au moyen d'une volumétrie.

ou des différentes positions du patient, peuvent entraîner des variations de plus de 50% [2]. C'est pourquoi, la règle d'or relative à la mesure est la volumétrie manuelle réalisée par un expert, qui est précise bien que très longue. Au moyen d'une analyse visuelle, la délimitation avec les tissus non atteints par la tumeur peut causer des difficultés considérables. Les procédés d'analyse assistés par ordinateur offrent ici

des avantages. Ainsi, après avoir effectué une classification une fois, les classes tissulaires sont toujours immédiatement reconnues et, même en présence d'une erreur systématique de classification, des résultats tendanciellement stables continuent d'être produits au cours du temps. Les méthodes fondamentales englobent des procédés d'analyse dits génériques, au cours desquels des modèles prédéfinis

présupposent des informations relatives à la neuro-anatomie et à la présentation du tissu à classer ou des modèles dits discriminatoires («learning machines»), pour lesquels les caractéristiques typiques d'une classe tissulaire («features») peuvent être reconnues et apprises par le programme informatique lui-même, à l'aide d'un ensemble de données de formation prédéfini. Plus l'ensemble de données mis à disposition pour la phase d'apprentissage du programme informatique est important, plus la prédiction du type tissulaire peut être précise. Ainsi par exemple, un algorithme discriminatoire BraTumIA (Brain Tumor Image Analysis; <http://www.nitrc.org/projects/bratumia/>) conçu par Bauer et al. à l'Université de Berne a révélé, lors des premiers essais cliniques, une précision de la volumétrie tumorale comparable aux experts cliniques [3]. Outre une détermination longitudinale du volume tumoral au cours de l'évolution de la maladie, des typages tissulaires de la sorte peuvent également être utilisés pour une autre classification phénotypique en vue de l'estimation du pronostic et de la personnalisation du traitement («radiomics») et analysés avec des profils génétiques («radiogenomics») [4].

La spectroscopie à résonance magnétique (SRM) est un procédé neurochimique non invasif basé sur la RM et destiné à la caractérisation de profils métaboliques dans le tissu neuronal. Dans la pratique clinique, différents procédés de mesure sont à disposition. La «single-voxel-spectroscopy» est simple et robuste en termes de manipulation et de technique, et elle permet la quantification absolue des concentrations des métabolites au moyen d'analyses de référence réalisées sur l'eau présente dans le tissu, de leur molarité et de la concentration des protons dans le tissu [5]. La SRM quantifiée est utilisée sur le plan clinique en vue de la différenciation du degré de malignité de tumeurs propres au cerveau et en vue de leur délimitation par rapport aux métastases, lymphomes ou maladies inflammatoires du SNC. En cas de troubles de la maturation cérébrale, d'épilepsie et de maladies neuro-métaboliques, la SRM est également employée comme marqueur de substitution.

Application et développement futur

L'imagerie quantitative ne remplacera pas l'«opinion d'expert» en neuroradiologie, d'autant plus que le clas-

sement des résultats générés par ordinateur nécessite toujours les connaissances d'un expert. Toutefois, associés au développement informatique, les progrès réalisés dans ce domaine sont vraiment considérables. En particulier concernant les problématiques relevant de la neuroradiologie, pour lesquelles «l'œil nu de l'observateur» ou les méthodes de mesure traditionnelles sont susceptibles d'entraîner des erreurs, l'introduction du diagnostic assisté par ordinateur est à prévoir. Cela comprend particulièrement la détection et la classification de réductions du volume cérébral, par ex. dans le diagnostic de la démence, les enregistrements volumétriques précis de lésions, notamment dans le diagnostic et l'évaluation de l'évolution de maladies tumorales ou de la sclérose en plaques, et les modifications de l'architecture corticale, par ex. lors de l'évaluation de troubles du développement chez l'enfant ou dans le diagnostic de l'épilepsie. En s'appuyant sur des bases de données et des informations déjà existantes, ces nouvelles approches méthodologiques dévoilent un potentiel prometteur pour une estimation personnalisée du risque individuel de chaque patient, avec des questions éthiques et morales ouvertes concernant la gestion d'une répartition préalable des patients en «classes de risque». Une interaction encore plus étroite, dans un avenir proche, entre les disciplines relatives à la médecine, aux sciences naturelles, à l'ingénierie et surtout aux spécialités éthiques constitue un élément décisif pour un développement positif dans ce domaine encore récent.

Conflits d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun soutien financier ni d'autre conflit d'intérêt en relation avec cet article.

Références

- 1 Wagner J, Weber B, Urbach H, Elger CE, Huppertz HJ. Morphometric MRI analysis improves detection of focal cortical dysplasia type II. *Brain*. 2011;134:2844–2854.
- 2 Reuter M, Gerstner ER, Rapalino O, Batchelor TT, Rosen B, et al. (2014). Impact of MRI head placement on glioma response assessment. *J Neurooncol*. 2014;118:123–129.
- 3 Porz N, Bauer S, Pica A, Schucht P, Beck J, et al. Multi-modal glioblastoma segmentation: man versus machine. 2014; *PLoS One* 9: e96873.
- 4 Aerts HJ, Velazquez ER, Leijenaar RT, Parmar C, Grossmann P, et al. Decoding tumour phenotype by noninvasive imaging using a quantitative radiomics approach. *Nat Commun*. 2014;5:4006.
- 5 Scheidegger O, Wingeier K, Stefan D, Graveron-Demilly D, van Ormondt D, et al. Optimized quantitative magnetic resonance spectroscopy for clinical routine. *Magn Reson Med*. 2013;70:25–32.

Correspondance:
Prof. Roland Wiest
Support Center for Advanced
Neuroimaging (SCAN)
Universitätsinstitut für
Diagnostische und Interventionelle
Neuroradiologie
Inselspital, Universität Bern
Freiburgstrasse
CH-3010 Bern
roland.wiest[at]insel.ch