

Caractérisation des phases hyperaigue et subaigue de l'Accident Vasculaire Cérébral (AVC) hémorragique basée sur la modélisation mathématique de la densité des oxyhémoglobines dans l'hématome

[Determination of the hyperacute and subacute stages of stroke by mathematical modeling of the density of oxyhemoglobins in the hematoma]

BIAOU Dimon Jean, ASSOGBA Kokou Marc, and VIANOU Antoine

Ecole Doctorale Sciences de l'Ingénieur, Université d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Electrotechnique de Télécommunications et d'Informatique Appliquée (LETIA), 01 BP 2009 RP Cotonou, Benin

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Hemorrhagic stroke is the leading cause of disability related to stroke, it is caused by the rupture of cerebral blood vessels. The rupture of the blood vessels pours the blood into the surrounding tissues causing the hematoma. In general, it is by simple visual reading of the brain CT scan image that the specialist must make a decision about the evolutionary stage and decide on the management. The present work aims to quantify the hyperacute and subacute stages of hemorrhagic stroke. We used a material consisted of haemorrhagic stroke CT scan images collected at Cotonou National University Hospital (CNHU-HKM) scanner unit. We also used MATLAB R2015a as processing environment. The proposed method is based on a priori knowledge of the hematoma, especially on its transformations during evolutionary stages. The method consisted in modeling by mathematical functions the distribution of oxyhemoglobins in the hematoma. On a sample of a database of 102 images, the method yielded a pass rate of 86.23%. This method of dating the hematoma will certainly be a decision-making tool in the diagnosis and management of haemorrhagic stroke.

KEYWORDS: Dating, hyperacute stage, subacute stage, hemorrhagic stroke

RESUME: L'AVC hémorragique est la principale cause d'invalidité liée à l'AVC, il est provoqué par la rupture de vaisseaux sanguins cérébraux. La rupture des vaisseaux sanguins déverse le sang dans les tissus environnants provoquant l'hématome. En général, c'est par simple lecture visuelle de l'image de scanner de cerveau que le spécialiste doit prendre une décision sur le stade évolutif et décider de la prise en charge. Le présent travail a pour but de quantifier les stades hyperaigu et subaigu de l'AVC hémorragique. Le matériel est constitué d'images de scanner d'AVC hémorragique recueillies à l'unité de scannographie du CNHU de Cotonou et traitées dans un environnement MATLAB R2015a. La méthode proposée se base sur la connaissance *a priori* de l'hématome, et sur les transformations de densité des oxyhémoglobines au fil des stades évolutifs en vue de déterminer une fonction mathématique pouvant modéliser cette densité des oxyhémoglobines. Sur un échantillon d'une base de données de 102 images, la méthode a permis d'obtenir un taux de réussite de 86.23%. Cette méthode de datation de l'hématome constituera à coup sûr un outil d'aide à la décision dans le diagnostic et la prise en charge d'AVC hémorragique.

MOTS-CLEFS: Datation, stade hyperaigu, stade subaigu, AVC hémorragique.

1 INTRODUCTION

L'AVC est un déficit neurologique soudain provoqué par un infarctus ou une hémorragie. Les hématomes intracérébraux sont le plus souvent liés à la rupture spontanée de petits vaisseaux. En général, en cas d'AVC, lorsque le pronostic vital est engagé, c'est le scanner cérébral sans injection qui est l'examen le plus souvent réalisé en urgence pour le diagnostic d'hématome [3]. L'objectif de l'imagerie est de faire le diagnostic d'hématome, de préciser son stade évolutif et de reconnaître les causes sous-jacentes en raison du risque de récurrence hémorragique et des possibilités de traitement. La précision dans le diagnostic et la promptitude dans la prise en charge sont primordiales à l'issue de l'AVC. C'est pourquoi la mise en place d'une méthode de datation de l'hématome constitue, à coup sûr, un outil d'aide à la décision pouvant apporter plus de précision et de célérité dans le diagnostic et la prise en charge de l'AVC hémorragique. Le présent travail a pour objectif de déterminer une méthode mathématique de datation de l'hématome, plus spécifiquement les stades hyperaigu et subaigu. On distingue classiquement quatre stades évolutifs de l'hématome: les stades hyperaigu, aigu, subaigu et chronique.

- Au Stade hyperaigu (3 à 6 heures)

le caillot est constitué d'une masse hétérogène composée de globules rouges remplis d'oxyhémoglobines. Au scanner, l'hématome est déjà hyperdense par rapport au parenchyme cérébral mais il peut être hétérogène et contenir des zones hypodenses [5], [2].

- Au Stade subaigu (4 jours-4 semaines)

La dénaturation oxydative de l'hémoglobine progresse et la désoxyhémoglobine se transforme en méthémoglobine. Au scanner, la densité de l'hématome diminue encore, les bords deviennent flous, isodenses puis hypodenses [5], [2].

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

Le matériel est constitué essentiellement d'images de scanner de cerveau recueillies à l'unité de scannographie de Centre Hospitalier Universitaire Hubert MAGA (CNHU-HKM) situé à la faculté des sciences de santé (FSS) de Cotonou. Cette base de données d'images a été traitée dans un environnement Matlab version 8.5 (R2015a). Une base de données d'images en téléchargement libre sur le net a été utilisée en complément des images recueillies au CNHU-HKM.

2.2 MÉTHODES

La méthode de datation de l'hématome utilisée ici s'inspire de la connaissance *a priori* des transformations anatomiques de l'hématome. Elle s'inspire notamment de l'évolution de la densité des oxyhémoglobines dans l'hématome. L'algorithme se présente ici en deux étapes. La détermination du seuil de référence de chaque stade évolutif et la détermination de la fonction de modélisation.

a) Détermination d'un seuil T de référence par stade d'évolution.

La méthode de seuillage de Otsu [6] est utilisée ici dans le but de déterminer un seuil de référence pour chaque stade évolutif. Méthode de seuillage de Otsu se résume à :

$$T_{otsu} = \operatorname{argmin}_T \left\{ \sum_{k < T} h(k) (\mu_0 - \mu)^2 + \sum_{k \geq T} h(k) (\mu_1 - \mu)^2 \right\} \quad (1) \quad [4]$$

Avec : $\mu = \operatorname{moy}\{I(x)\}$, $\mu_0 = \operatorname{moy}\{I(x) \text{ pour } I(x) < T\}$ et $\mu_1 = \operatorname{moy}\{I(x) \text{ pour } I(x) \geq T\}$. h étant la fonction histogramme.

b) détermination de la fonction de modélisation de la densité des oxyhémoglobines

Une fois le seuil de référence déterminé, il sera procédé à une analyse de la densité des oxyhémoglobines par bloc de surfaces identiques sur une coupe transversale ou / et sur une coupe longitudinale de l'hématome.

L'analyse de cette distribution présente des courbes en cloche plus ou moins symétriques pouvant être modélisées par la fonction de gauss dont l'équation générale peut s'écrire :

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (2)$$

Avec μ et σ des nombres réels ($\sigma > 0$). μ est la moyenne de la densité des pixels et σ l'écart type.

L'algorithme général de la méthode se présente comme suit :

VARIABLES InputRefHyper, inputRefSub, To(Hyperacute), To(Subacute), NbOfBlocks, Blocks

PREDEFINED FUNCTIONS OtsuTreshold, ExtractBlocks

// Calcul du seuil de référence de chaque phase

READ InputRefHyper

DO To(Hyperacute) = OtsuTreshold(InputHyper)

READ InputRefSub

DO To(Subacute) = OtsuTreshold(InputSub)

// Coupe en blocs de surfaces identiques d'un bout à l'autre de l'image

READ InputImage

Do [NbOfBlocks, Blocks] = ExtractBlocks(InputImage)

// Détermination de la courbe empirique de en fonction des seuils de référence

Count=0 ; Pixel1Count=0 ; Pixel2Count=0 ;

WHILE Count<NbOfBlocks

Count=Count+1

IF (I>=To(Hyperacute)) THEN

Pixel1Count = Pixel1Count +1

ELSE

Pixel1Count = 0

 ELSE IF (I>= To(Subacute)) THEN

 Pixel2Count = Pixel2Count +1

 ELSE

 Pixel2Count = 0

END IF

END IF

END WHILE

WRITE

(Blocks, Pixel1Count)

(Blocks, Pixel2Count)

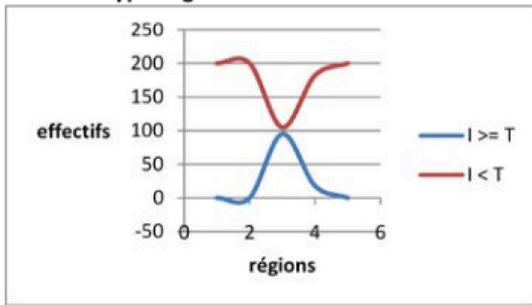
3 RESULTATS

3.1 IMAGES DE REFERENCE

Stade hyperaigu : Seuil calculé $T = 197$

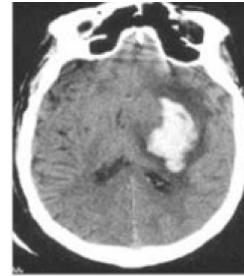


Scanner de cerveau
Stade hyperaigu seuil $T = 197$

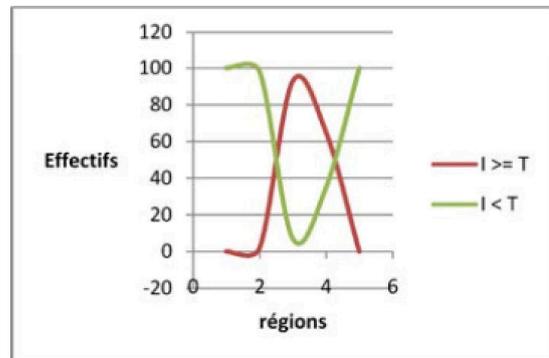


$\mu = 0,52$ et $\sigma = 0,17$

Courbe de densité des oxyhémoglobines



de scanner au stade subaigu
seuil $T=170$

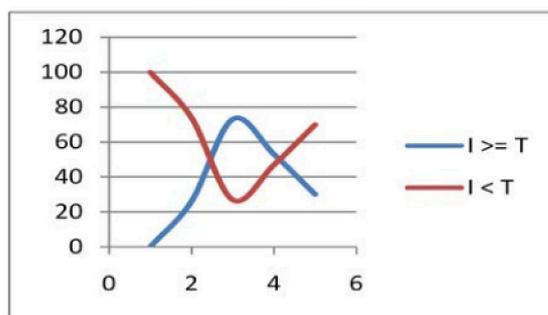
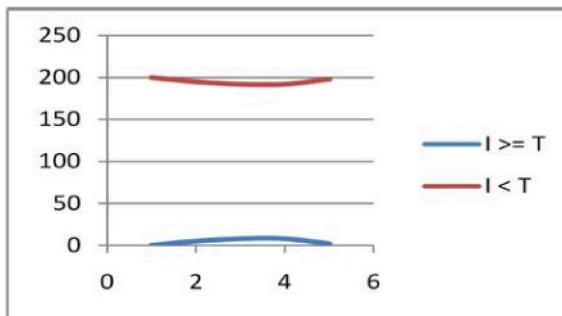
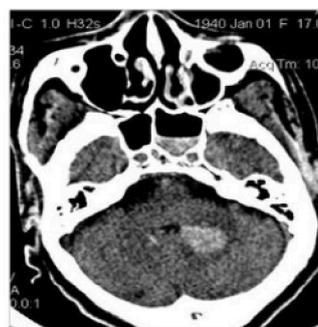


$\mu = 0,55$ et $\sigma = 0,28$

Courbe de densité des oxyhémoglobines

Fig. 1. Courbe de modélisation d'images de référence de scanner respectivement aux stades hyperaigue et sbaigue

3.2 CARACTÉRISATION DES ACQUISITIONS



Conclusion : scanner N°1 est au stade subaigu

Fig. 2. Détermination du stade évolutif des images N°1 et N° 2 à partir de la Courbe de modélisation de la densité d'oxyhémoglobine

Tableau 1. Tableau récapitulatif de l'application de la méthode à la base de données d'images

	Hyperaigu	Subaigu	Réussite	Echec	Total
Effectif	51	37	88	14	102
Pourcentage	50,00%	36,27%	86,27%	13,73%	100,00%

La méthode a permis d'obtenir un taux de succès d'identification de 86,27%. Il est à remarqué que les 13,73% de taux d'échec sont principalement dus à la mauvaise qualité de certaines images téléchargées sur le net et aux phases intermédiaires (aigue et chronique) non prises en compte par cette méthode.

4 CONCLUSION

Cette étude a permis de caractériser l'AVC hémorragique par la datation de l'hématome des stades évolutifs hyperaigue et subaigu. L'algorithme d'inter-moyenne de Otsu nous a permis de faire un choix judicieux du seuil caractérisant chaque stade évolutif. La modélisation de la densité des oxyhémoglobines contenues dans l'hématome par la fonction de gauss a conduit à la caractérisation avec succès des phases hyperaigue et subaigue de l'accident vasculaire cérébral hémorragique,

RÉFÉRENCES

- [1] Clark R., Watanabe A. *et al.*, 1990. Acute hematomas: effects of deoxygenation, hematocrit, and fibrin-clot formation and retraction on T2 shortening *Radiology* 1990; 175, 201-206.
- [2] Domitille M., 2015. Pathologie neurovasculaire aigue
[en ligne] (2015) adresse url : www.uclimaging.be/.../des.../des1_2015_2_pathologie_vasculaire_cerebrale_aigue.pdf, consulté le 12/08/2017
- [3] JFR, 2014. Diagnostique et Interventionnelle, 62ème Journées Françaises de Radiologie Diagnostique et Interventionnelle. JFR 2014.
- [4] Krähenbühl A., 2014. Segmentation et analyse géométrique : application aux images tomодensitométriques de bois. Imagerie médicale. Université de Lorraine
- [5] Leclerc X., Khalil C. *et al.*, 2003. Imagerie des hématomes intracérébraux non traumatiques, *Journal of Neuroradiology* Vol 30, N° 5, 303-316
- [6] Otsu, N., 1979. "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, No. 1, 62-66