

Segmentation tumorale par consensus : A propos de quelques propriétés étudiées dans deux populations tumorales distinctes

T. Carlier^{1,2} C. Haumont¹ C. Bailly^{1,2} C. Bodet-Milin^{1,2} C.
Ansquer^{1,2} F. Kraeber-Bodéré^{1,2}

¹Service de Médecine Nucléaire, CHU Nantes, Nantes

²CRCINA, INSERM UMR 1232, CNRS ERL 6001, Nantes

1 Rationnel**2 Objectifs****3 Matériels et méthodes**

- Approches par consensus
- Patients
- Segmentation
- Analyse

4 Résultats**5 Discussion - Conclusion**

Rationnel

- 1 Rationnel**
- 2 Objectifs
- 3 Matériels et méthodes
- 4 Résultats
- 5 Discussion - Conclusion

Introduction

- Utilité de la segmentation tumorale à partir des images TEP (Hatt et al, Med Phys 2017)

Introduction

- Utilité de la segmentation tumorale à partir des images TEP (Hatt et al, Med Phys 2017)
 - ① Information prédictive et pronostique : biomarqueur (Houshmand et al, PET Clin 2015)

Introduction

- Utilité de la segmentation tumorale à partir des images TEP (Hatt et al, Med Phys 2017)
 - 1 Information prédictive et pronostique : biomarqueur (Houshmand et al, PET Clin 2015)
 - 2 Définition des volumes cibles en radiothérapie externe (Grégoire et al, J Nucl Med 2007)

Introduction

- Utilité de la segmentation tumorale à partir des images TEP (Hatt et al, Med Phys 2017)
 - 1 Information prédictive et pronostique : biomarqueur (Houshmand et al, PET Clin 2015)
 - 2 Définition des volumes cibles en radiothérapie externe (Grégoire et al, J Nucl Med 2007)
- Très nombreuses méthodes publiées avec chacune des avantages et des limites dépendant notamment

Introduction

- Utilité de la segmentation tumorale à partir des images TEP (Hatt et al, Med Phys 2017)
 - 1 Information prédictive et pronostique : biomarqueur (Houshmand et al, PET Clin 2015)
 - 2 Définition des volumes cibles en radiothérapie externe (Grégoire et al, J Nucl Med 2007)
- Très nombreuses méthodes publiées avec chacune des avantages et des limites dépendant notamment
 - Rapport signal-sur-bruit

Introduction

- Utilité de la segmentation tumorale à partir des images TEP (Hatt et al, Med Phys 2017)
 - 1 Information prédictive et pronostique : biomarqueur (Houshmand et al, PET Clin 2015)
 - 2 Définition des volumes cibles en radiothérapie externe (Grégoire et al, J Nucl Med 2007)
- Très nombreuses méthodes publiées avec chacune des avantages et des limites dépendant notamment
 - Rapport signal-sur-bruit
 - Échantillonnage et effet de volume partiel

Introduction

- Utilité de la segmentation tumorale à partir des images TEP (Hatt et al, Med Phys 2017)
 - 1 Information prédictive et pronostique : biomarqueur (Houshmand et al, PET Clin 2015)
 - 2 Définition des volumes cibles en radiothérapie externe (Grégoire et al, J Nucl Med 2007)
- Très nombreuses méthodes publiées avec chacune des avantages et des limites dépendant notamment
 - Rapport signal-sur-bruit
 - Échantillonnage et effet de volume partiel
 - Gradient de fixation et forme

Introduction

- Utilité de la segmentation tumorale à partir des images TEP (Hatt et al, Med Phys 2017)
 - 1 Information prédictive et pronostique : biomarqueur (Houshmand et al, PET Clin 2015)
 - 2 Définition des volumes cibles en radiothérapie externe (Grégoire et al, J Nucl Med 2007)
- Très nombreuses méthodes publiées avec chacune des avantages et des limites dépendant notamment
 - Rapport signal-sur-bruit
 - Échantillonnage et effet de volume partiel
 - Gradient de fixation et forme
- Application récente en TEP d'approches par consensus essayant de combiner plusieurs méthodes en une seule (McGurk et al, Med Phys 2013)

Introduction

- Utilité de la segmentation tumorale à partir des images TEP (Hatt et al, Med Phys 2017)
 - 1 Information prédictive et pronostique : biomarqueur (Houshmand et al, PET Clin 2015)
 - 2 Définition des volumes cibles en radiothérapie externe (Grégoire et al, J Nucl Med 2007)
- Très nombreuses méthodes publiées avec chacune des avantages et des limites dépendant notamment
 - Rapport signal-sur-bruit
 - Échantillonnage et effet de volume partiel
 - Gradient de fixation et forme
- Application récente en TEP d'approches par consensus essayant de combiner plusieurs méthodes en une seule (McGurk et al, Med Phys 2013)
- Première évaluation clinique récemment publiée (Schaefer et al, Eur J Nucl Med Mol Imaging 2016)

Objectifs

- 1 Rationnel
- 2 Objectifs**
- 3 Matériels et méthodes
- 4 Résultats
- 5 Discussion - Conclusion

Objectifs

- 1 Évaluer l'impact du nombre de méthodes de segmentation impliquées dans le calcul des approches par consensus

Objectifs

- 1 Évaluer l'impact du nombre de méthodes de segmentation impliquées dans le calcul des approches par consensus
- 2 Confirmer si un vote à majorité simple (MV) et la méthode STAPLE (Simultaneous Truth And Performance Level Estimation) procurent des performances identiques

Matériels et méthodes

- 1 Rationnel
- 2 Objectifs
- 3 Matériels et méthodes**
 - Approches par consensus
 - Patients
 - Segmentation
 - Analyse
- 4 Résultats
- 5 Discussion - Conclusion

Vote majoritaire (MV)

- $voxel \in$ lésion si $voxel \in$ majorité des méthodes de segmentation
- Pour chaque $voxel$, N décisions si N méthodes de segmentation
- Choix si $Prob(voxel) > 0,5$

Vote majoritaire (MV)

- $voxel \in$ lésion si $voxel \in$ majorité des méthodes de segmentation
- Pour chaque $voxel$, N décisions si N méthodes de segmentation
- Choix si $Prob(voxel) > 0,5$

STAPLE (Warfield et al, IEEE Trans Med Imaging 2004)

- Méthode dérivée de l'algorithme EM (Expectation Maximization)

Vote majoritaire (MV)

- $voxel \in$ lésion si $voxel \in$ majorité des méthodes de segmentation
- Pour chaque $voxel$, N décisions si N méthodes de segmentation
- Choix si $Prob(voxel) > 0,5$

STAPLE (Warfield et al, IEEE Trans Med Imaging 2004)

- Méthode dérivée de l'algorithme EM (Expectation Maximization)
- A partir de différentes segmentations, STAPLE retourne une carte de probabilité qui estime la vraisemblance de chaque $voxel$ d'appartenir à la lésion

Vote majoritaire (MV)

- $voxel \in$ lésion si $voxel \in$ majorité des méthodes de segmentation
- Pour chaque $voxel$, N décisions si N méthodes de segmentation
- Choix si $Prob(voxel) > 0,5$

STAPLE (Warfield et al, IEEE Trans Med Imaging 2004)

- Méthode dérivée de l'algorithme EM (Expectation Maximization)
- A partir de différentes segmentations, STAPLE retourne une carte de probabilité qui estime la vraisemblance de chaque $voxel$ d'appartenir à la lésion
- Mesure conjointe de la performance de chaque segmentation en entrée

Vote majoritaire (MV)

- $voxel \in$ lésion si $voxel \in$ majorité des méthodes de segmentation
- Pour chaque $voxel$, N décisions si N méthodes de segmentation
- Choix si $Prob(voxel) > 0,5$

STAPLE (Warfield et al, IEEE Trans Med Imaging 2004)

- Méthode dérivée de l'algorithme EM (Expectation Maximization)
- A partir de différentes segmentations, STAPLE retourne une carte de probabilité qui estime la vraisemblance de chaque $voxel$ d'appartenir à la lésion
- Mesure conjointe de la performance de chaque segmentation en entrée
- Paramètres fixés à leurs valeurs par défaut

Vote majoritaire (MV)

- $voxel \in$ lésion si $voxel \in$ majorité des méthodes de segmentation
- Pour chaque $voxel$, N décisions si N méthodes de segmentation
- Choix si $Prob(voxel) > 0,5$

STAPLE (Warfield et al, IEEE Trans Med Imaging 2004)

- Méthode dérivée de l'algorithme EM (Expectation Maximization)
- A partir de différentes segmentations, STAPLE retourne une carte de probabilité qui estime la vraisemblance de chaque $voxel$ d'appartenir à la lésion
- Mesure conjointe de la performance de chaque segmentation en entrée
- Paramètres fixés à leurs valeurs par défaut
- Pas de régularisation (MAP) ni de contrainte d'homogénéité spatiale (champ de Markov)

Patients

Étude conduite rétrospectivement à partir de deux cohortes

- 1 42 patients porteurs de phéochromocytome ayant bénéficié d'une TEP au ^{18}F FDG au diagnostic avant chirurgie

Patients

Étude conduite rétrospectivement à partir de deux cohortes

- 1 42 patients porteurs de phéochromocytome ayant bénéficié d'une TEP au ^{18}F FDG au diagnostic avant chirurgie
- 2 61 enfants atteints d'ostéosarcome ou de sarcome d'Ewing ayant bénéficié d'une TEP au ^{18}F FDG avant prise en charge thérapeutique

Patients

Étude conduite rétrospectivement à partir de deux cohortes

- 1 42 patients porteurs de phéochromocytome ayant bénéficié d'une TEP au ^{18}F FDG au diagnostic avant chirurgie
- 2 61 enfants atteints d'ostéosarcome ou de sarcome d'Ewing ayant bénéficié d'une TEP au ^{18}F FDG avant prise en charge thérapeutique

Patients

Étude conduite rétrospectivement à partir de deux cohortes

- 1 42 patients porteurs de phéochromocytome ayant bénéficié d'une TEP au ^{18}F FDG au diagnostic avant chirurgie
- 2 61 enfants atteints d'ostéosarcome ou de sarcome d'Ewing ayant bénéficié d'une TEP au ^{18}F FDG avant prise en charge thérapeutique

Lésions tumorales

- Phéochromocytome : 47 lésions extraites avec mesure de la taille maximale de la pièce anatomo-pathologique
- Sarcome pédiatrique : 63 lésions primitives

Méthodes de segmentation

- 1 Méthode *SUV* 40%
- 2 Méthode adaptative 1 (Vauclin et al, Phys Med Biol 2009)
- 3 Méthode adaptative 2 (Nestle et al, Eur J Nucl Med Mol Imaging 2007)
- 4 Méthode par classification k-means (Forgy et al, Biometrics 1965)
- 5 Méthode *SUV* 2.5

Méthode d'analyse

- Premier objectif (influence du nombre de méthodes de segmentation sur les résultats des approches par consensus)

Méthode d'analyse

- Premier objectif (influence du nombre de méthodes de segmentation sur les résultats des approches par consensus)
 - Cohorte des patients atteints de phéochromocytome

Méthode d'analyse

- Premier objectif (influence du nombre de méthodes de segmentation sur les résultats des approches par consensus)
 - Cohorte des patients atteints de phéochromocytome
 - Calcul de la taille maximale par imagerie et comparaison par classement (tenant compte de l'incertitude de mesure) à celle mesurée par anatomo-pathologie

Méthode d'analyse

- Premier objectif (influence du nombre de méthodes de segmentation sur les résultats des approches par consensus)
 - Cohorte des patients atteints de phéochromocytome
 - Calcul de la taille maximale par imagerie et comparaison par classement (tenant compte de l'incertitude de mesure) à celle mesurée par anatomo-pathologie
- Deuxième objectif (différence entre MV et STAPLE)

Méthode d'analyse

- Premier objectif (influence du nombre de méthodes de segmentation sur les résultats des approches par consensus)
 - Cohorte des patients atteints de phéochromocytome
 - Calcul de la taille maximale par imagerie et comparaison par classement (tenant compte de l'incertitude de mesure) à celle mesurée par anatomo-pathologie
- Deuxième objectif (différence entre MV et STAPLE)
 - Cohorte des patients atteints de phéochromocytome + sarcome pédiatrique : 110 lésions

Méthode d'analyse

- Premier objectif (influence du nombre de méthodes de segmentation sur les résultats des approches par consensus)
 - Cohorte des patients atteints de phéochromocytome
 - Calcul de la taille maximale par imagerie et comparaison par classement (tenant compte de l'incertitude de mesure) à celle mesurée par anatomo-pathologie
- Deuxième objectif (différence entre MV et STAPLE)
 - Cohorte des patients atteints de phéochromocytome + sarcome pédiatrique : 110 lésions
 - Différence évaluée par modèle mixte linéaire corrigé pour comparaison multiple (Benjamini-Hochberg)

Méthode d'analyse

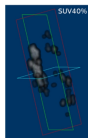
- Premier objectif (influence du nombre de méthodes de segmentation sur les résultats des approches par consensus)
 - Cohorte des patients atteints de phéochromocytome
 - Calcul de la taille maximale par imagerie et comparaison par classement (tenant compte de l'incertitude de mesure) à celle mesurée par anatomo-pathologie
- Deuxième objectif (différence entre MV et STAPLE)
 - Cohorte des patients atteints de phéochromocytome + sarcome pédiatrique : 110 lésions
 - Différence évaluée par modèle mixte linéaire corrigé pour comparaison multiple (Benjamini-Hochberg)
 - Utilisation de R 3.2.5

Résultats

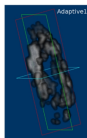
- 1 Rationnel
- 2 Objectifs
- 3 Matériels et méthodes
- 4 Résultats**
- 5 Discussion - Conclusion

Premier objectif : exemple

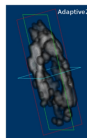
Maximum distance error



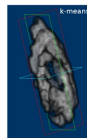
32.3 mm



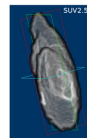
7.8 mm



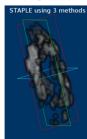
7.0 mm



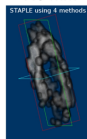
1.0 mm



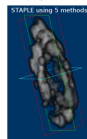
12.1 mm



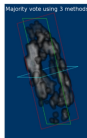
8.8 mm



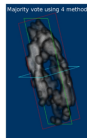
7.0 mm



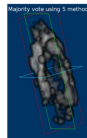
2.9 mm



8.8 mm



7.0 mm



7.0 mm

Approche $N = 3$ * $N = 4$ $N = 5$

*N méthodes de segmentation en données d'entrée pour STAPLE et MV

Approche	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$
STAPLE	$(26 ; 0)^*$	$(23 ; 0)$	$(18 ; 0)$

* (k fois classées comme la meilleure ; m fois classées comme la moins bonne)

Approche	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$
STAPLE	(26 ; 0) *	(23 ; 0)	(18 ; 0)
MV	(22 ; 0)	(16 ; 0)	(18 ; 0)

*(k fois classées comme la meilleure ; m fois classées comme la moins bonne)

Approche	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$
STAPLE	(26 ; 0) *	(23 ; 0)	(18 ; 0)
MV	(22 ; 0)	(16 ; 0)	(18 ; 0)
SUV 40%	(17 ; 14)	(16 ; 14)	(16 ; 9)

*(k fois classées comme la meilleure ; m fois classées comme la moins bonne)

Approche	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$
STAPLE	(26 ; 0) *	(23 ; 0)	(18 ; 0)
MV	(22 ; 0)	(16 ; 0)	(18 ; 0)
SUV 40%	(17 ; 14)	(16 ; 14)	(16 ; 9)
Adaptative 1	(27 ; 3)	(24 ; 3)	(22 ; 1)

*(k fois classées comme la meilleure ; m fois classées comme la moins bonne)

Approche	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$
STAPLE	(26 ; 0) *	(23 ; 0)	(18 ; 0)
MV	(22 ; 0)	(16 ; 0)	(18 ; 0)
SUV 40%	(17 ; 14)	(16 ; 14)	(16 ; 9)
Adaptative 1	(27 ; 3)	(24 ; 3)	(22 ; 1)
k-means	(12 ; 23)	(12 ; 23)	(10 ; 18)

*(k fois classées comme la meilleure ; m fois classées comme la moins bonne)

Approche	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$
STAPLE	(26 ; 0) *	(23 ; 0)	(18 ; 0)
MV	(22 ; 0)	(16 ; 0)	(18 ; 0)
SUV 40%	(17 ; 14)	(16 ; 14)	(16 ; 9)
Adaptative 1	(27 ; 3)	(24 ; 3)	(22 ; 1)
k-means	(12 ; 23)	(12 ; 23)	(10 ; 18)
Adaptative 2	-	(22 ; 2)	(21 ; 0)

*(k fois classées comme la meilleure ; m fois classées comme la moins bonne)

Approche	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$
STAPLE	(26 ; 0) *	(23 ; 0)	(18 ; 0)
MV	(22 ; 0)	(16 ; 0)	(18 ; 0)
<i>SUV</i> 40%	(17 ; 14)	(16 ; 14)	(16 ; 9)
Adaptative 1	(27 ; 3)	(24 ; 3)	(22 ; 1)
k-means	(12 ; 23)	(12 ; 23)	(10 ; 18)
Adaptative 2	-	(22 ; 2)	(21 ; 0)
<i>SUV</i> 2.5	-	-	(12 ; 16)

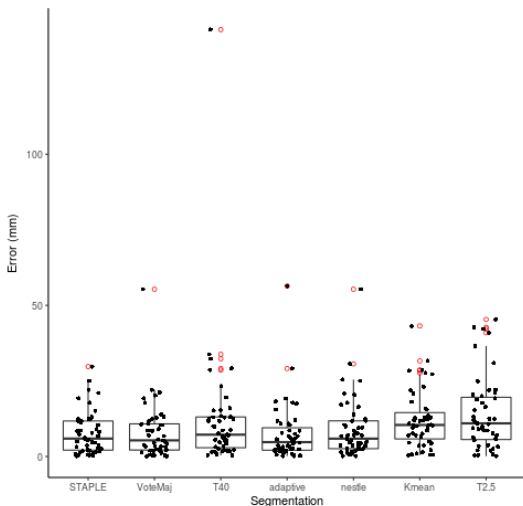
*(k fois classées comme la meilleure ; m fois classées comme la moins bonne)

Approche	$N = 3$	$N = 4$	$N = 5$
STAPLE	(26 ; 0) *	(23 ; 0)	(18 ; 0)
MV	(22 ; 0)	(16 ; 0)	(18 ; 0)
SUV 40%	(17 ; 14)	(16 ; 14)	(16 ; 9)
Adaptative 1	(27 ; 3)	(24 ; 3)	(22 ; 1)
k-means	(12 ; 23)	(12 ; 23)	(10 ; 18)
Adaptative 2	-	(22 ; 2)	(21 ; 0)
SUV 2.5	-	-	(12 ; 16)

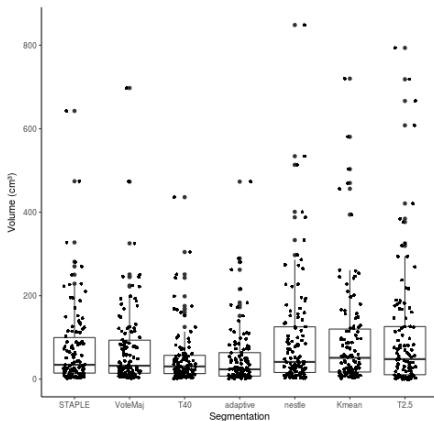
* (k fois classées comme la meilleure ; m fois classées comme la moins bonne)

- STAPLE et MV classée comme étant les "meilleures" méthodes dans plus de 40% des cas
- Pas d'impact du nombre de méthodes de segmentation en données d'entrée

Distribution des erreurs (en utilisant 5 méthodes de segmentation en données d'entrée) pour 47 lésions



Distribution des volumes (en utilisant 5 méthodes de segmentation en données d'entrée) pour 110 lésions



- STAPLE et MV donnent des volumes identiques quel que soit le nombre de méthodes de segmentation en données d'entrée

Discussion - Conclusion

- 1 Rationnel
- 2 Objectifs
- 3 Matériels et méthodes
- 4 Résultats
- 5 Discussion - Conclusion**

Discussion - conclusion

- STAPLE et MV semblent pouvoir être utilisées quelque soit le nombre de méthodes de segmentation en entrée

Discussion - conclusion

- STAPLE et MV semblent pouvoir être utilisées quelque soit le nombre de méthodes de segmentation en entrée
 - Mais le "gold standard" utilisé dans cette étude perfectible

Discussion - conclusion

- STAPLE et MV semblent pouvoir être utilisées quelque soit le nombre de méthodes de segmentation en entrée
 - Mais le "gold standard" utilisé dans cette étude perfectible
- STAPLE et MV semblent donner les performances optimales pour la majorité des lésions considérées dans cette étude

Discussion - conclusion

- STAPLE et MV semblent pouvoir être utilisées quelque soit le nombre de méthodes de segmentation en entrée
 - Mais le "gold standard" utilisé dans cette étude perfectible
- STAPLE et MV semblent donner les performances optimales pour la majorité des lésions considérées dans cette étude
 - Mais le "gold standard" utilisé dans cette étude perfectible

Discussion - conclusion

- STAPLE et MV semblent pouvoir être utilisées quelque soit le nombre de méthodes de segmentation en entrée
 - Mais le "gold standard" utilisé dans cette étude perfectible
- STAPLE et MV semblent donner les performances optimales pour la majorité des lésions considérées dans cette étude
 - Mais le "gold standard" utilisé dans cette étude perfectible
- Les approches STAPLE et MV donnent des résultats (en terme d'estimation de volume) similaires

Discussion - conclusion

- STAPLE et MV semblent pouvoir être utilisées quelque soit le nombre de méthodes de segmentation en entrée
 - Mais le "gold standard" utilisé dans cette étude perfectible
- STAPLE et MV semblent donner les performances optimales pour la majorité des lésions considérées dans cette étude
 - Mais le "gold standard" utilisé dans cette étude perfectible
- Les approches STAPLE et MV donnent des résultats (en terme d'estimation de volume) similaires
 - Confirmation de l'équivalence entre STAPLE et MV avec nombre de lésions plus important (Schaefer et al, Eur J Nucl Med Mol Imaging 2016)

Discussion - conclusion

- STAPLE et MV semblent pouvoir être utilisées quelque soit le nombre de méthodes de segmentation en entrée
 - Mais le "gold standard" utilisé dans cette étude perfectible
- STAPLE et MV semblent donner les performances optimales pour la majorité des lésions considérées dans cette étude
 - Mais le "gold standard" utilisé dans cette étude perfectible
- Les approches STAPLE et MV donnent des résultats (en terme d'estimation de volume) similaires
 - Confirmation de l'équivalence entre STAPLE et MV avec nombre de lésions plus important (Schaefer et al, Eur J Nucl Med Mol Imaging 2016)
- Approches par consensus devraient être choisies en l'absence de méthodes plus évoluées (Lapuyade-Lahorgue et al, Med Phys 2015 : Hatt et al, Med Phys 2017)

Merci !



© arvaot @ <http://www.windsurfbreizh22.com>