

Les changements de série en Diffusion Tensor Imaging Metrics of Corpus callosum in moderate Traumatic Brain Injury Les patients et leur corrélation avec neuropsychométrique Tests: A 2-year follow-up study

Raj Kumar MSc
Sona Saksena MSc
Mazhar Husain MCh
Arti Srivastava MA
Ram KS Rathore PhD
Shruti Agarwal MSc
Rakesh K. Gupta MD

Journal of Head Trauma Rehabilitation

Janvier / Février 2010

Volume 25 Numéro 1

Pages 31 à 42



Version PDF disponible!

[PDF Version](#)

[Printer-Friendly Version](#)

[Request Permissions](#)

Mots-clés: [corps calleux](#), [lésions axonales diffuses](#), [l'imagerie du tenseur de diffusion](#), [anisotropie fractionnée](#), [de tests neuropsychologiques](#), [la diffusivité radiale](#), [les lésions cérébrales traumatiques](#)

Résumé

Objectif: évaluer longitudinalement la gravité des lésions axonales diffuses dans le corps calleux chez les patients présentant une lésion cérébrale traumatique modérée (TCC) à travers l'imagerie quantitative en tenseur de diffusion et de corréler ces changements avec les tests neuropsychométrique (TNP) à 6 et 24 mois après l'accident.

Design: étude longitudinale prospective.

Participants: Seize patients atteints de TBI et 17 ans / sex-matched healthy controls.

Méthodes: Les patients ont subi l'imagerie par résonance magnétique à 3 points dans le temps: dans les 2 semaines (= plage de 5-14 jours), 6 mois et 24 mois après la blessure. TNP pourrait être effectuée uniquement à 6 et 24 mois.

Résultats: Chez les patients avec TBI, une augmentation significative de l'anisotropie fractionnelle (FA) Valeurs au genou ainsi que d'une diminution insignifiante de la diffusivité radiale (RD) et les valeurs moyennes diffusivité en varum et splénium ont été observés au fil du temps, respectivement. Valeurs de la diffusivité FA, RD, et la moyenne a continué d'être anormaux chez les patients par rapport aux témoins au bout de 2 ans. Bien que certains scores TNP améliorée au fil du temps chez ces patients, ces derniers étaient encore considérablement affaiblies par rapport aux témoins.

Conclusions: FA et les indices de RD semblent être des marqueurs de substitution des modifications microstructurales des patients de plus de temps et avec une certaine corrélation significative des scores du TNP. La reprise de ces indices liés à la récupération des déficits neurocognitifs suggère que ces indices mai être utilisé comme un marqueur d'objectif pour préjudice résiduelle chez ces patients.

TRAUMATIQUE cranio-cérébral (TCC) est la maladie la plus courante du cerveau chez les adultes jeunes et d'âge moyen, dépassant l'incidence de l'épilepsie, les tumeurs, et d'AVC. [1](#) Il est le plus souvent associés au transport des accidents, des agressions, des chutes et de sport lésion professionnelle. [2,3](#) séquelles Plusieurs physiopathologiques tels que l'emplacement et la gravité des blessures, des effets diffus, et les mécanismes de blessures secondaires affecter le résultat de comportement neurologique chez TBI. Les contusions sont fréquentes et mai directement perturbent la fonction à la fois dans les régions corticales et sous-corticales. Perturbation de la fonction peut aussi résulter de lésions diffuses pour les secteurs de la substance blanche qui sont particulièrement sensibles aux forces de cisaillement qui se produisent souvent avec TBI. [4](#) Ces lésions axonales diffuses (DAI) peuvent perturber la corticale des voies sous-corticales et conduire à un dysfonctionnement cognitif généralisée. [5](#) DAI mai la conséquence directe du

traumatisme ou secondairement due à l'ischémie.

Il a été démontré que les DAI est principalement responsable de déficits transitoires de la performance cognitive dans des domaines tels que la vitesse de traitement, la mémoire et l'attention chez les patients atteints de formes légères à modérées TBI. [6](#) Fork et al [7](#) rapporté que les patients avec DAI probables avait de longue durée déficiences neuropsychologiques dominés par les administrateurs exécutifs et les dysfonctionnements de la mémoire. Une étude antérieure a montré que les patients avec TCC ont de moins bonnes performances que d'un groupe témoin apparié à un large éventail de domaines cognitifs au 1 postinjury année. [8](#)

Un diagnostic précis et l'évaluation de la répartition et la gravité de la DAI est un défi majeur, car la tomodensitométrie et imagerie par résonance magnétique classique (IRM) sont connus de sous-estimer l'ampleur de la DAI et mal corrélés avec les résultats définitifs. [9,10](#) Récemment, l'imagerie du tenseur de diffusion (DTI) a été démontré être une technique utile pour la quantification in vivo de la substance blanche modifications microstructurales suivants TBI. [11](#) non-invasive, DTI fournit des informations sur le degré et la directionnalité de diffusion de l'eau des tissus. [12](#) Actuellement, les invariants les plus couramment utilisés scalaire dans DTI sont anisotropie fractionnelle (FA) et de diffusion moyenne (MD). [12](#) D'autres mesures comprennent DTI diffusivité axiale (AD), qui représente la capacité de diffusion d'eau parallèle aux fibres axonales, et la diffusivité radiale (RD) représente la diffusivité de l'eau perpendiculairement aux fibres axonales. [13](#) études antérieures DTI de TBI ont trouvé des valeurs réduites FA dans les zones blanches de plusieurs matières, tant au sein des lésions et dans les tissus normaux apparaissant sur IRM classique. [14-16](#)

Plusieurs études ont étudié DTI du corps calleux (CC) chez les patients avec un traumatisme crânien. [14,17-19](#) l'étendue des lésions axonales traumatique dans le CC et sa relation à la gravité des traumatismes ne sont pas clairement de ces études, alors qu'ils enquêtaient seulement le genou et / ou splénium plutôt que de genou, le corps et splénium [14,18,19](#) et inclus uniquement des patients avec TCC léger ou grave, au lieu d'une gamme de niveaux de gravité des traumatismes. [14,17,18](#) Rutgers et al [16](#) ont prouvé qu'il existait des différences locales dans DTI caractéristiques au sein de la CC liée à la sévérité clinique de traumatisme crânien. Mild TBI a été associée à des anomalies du DTI (valeurs réduites FA et accru la valeur MD) dans le genu moins de 3 mois posttrauma. [16](#) Chez les patients avec TCC modéré et sévère, tous enquêté sur moins de 3 mois posttrauma, à la fois le genou (réduction des valeurs FA et augmentation de la valeur MD) et splénium (réduction des valeurs FA sans modification significative des valeurs MD) ont été affectés. [16](#) DTI a montré différents types de blessures de microstructures dans le corps calleux, ce qui suggère une plus grande contribution de l'œdème vasogénique dans le genou que dans le bourrelet. [16](#)

Le CC est le plus important faisceau de fibres commissurale dans le cerveau et a été considérée comme particulièrement vulnérables à la TBI en raison de son emplacement unique et la composition. Long-term follow-up dans TBI études ont montré une atrophie diffuse du CC. [20](#) Blessure de CC est une préoccupation dans TBI en raison de son rôle important dans l'intégration fonctionnelle interhémisphérique, communiquer perceptives, cognitives, savant, et de l'information de la volonté. [21](#)

Nous avons mené des études longitudinales sur le DTI pour évaluer la gravité de la DAI dans les différentes régions du CC in patients with moderate TBI dans la première période (5-14 jours) et après 6 mois et 24 mois. Nous avons également tenté de corrélér les modifications des indicateurs DTI (FA, MD, AD, et RD) avec les résultats aux tests neuropsychologiques (TNP) à 6 mois et 24 mois TBI suivante.

METHODES

Notre étude a inclus 16 patients ayant un TBI (8 hommes et 8 femmes, moyenne $\pm$ écart type = 35,25 $\pm$ 10,28; range = 18-55 ans) admis à l'urgence de neurochirurgie et de traumatologie du Centre de Chhatrapati Shahuji Maharaj Medical University, Lucknow, Inde. Les causes de TCC chez ces patients étaient les accidents de voiture ($n = 11$) et la chute de hauteur ($n = 5$). Ces patients ont subi un traumatisme crânien modéré fermé avec démontrables constatations tomodensitométriques au moment de la blessure. La moyenne de coma de Glasgow score était de 10,8 (fourchette = 9-13). [16](#) Tous les patients avaient des antécédents de perte de conscience immédiatement après un traumatisme, mais aucune anomalie a été observée chez CC sur IRM classique. Les patients avec des anomalies visibles dans le CC ont été exclus de l'étude. Aucun des patients de cette étude avaient des antécédents évocateurs de TBI, l'hypertension, le diabète, ou un AVC. Parmi les 16 patients, 5 avaient des vomissements, 8 avaient des maux de tête sévères et de la confusion, 6 avait des vertiges, 2 ont eu des saignements de l'oreille et du nez, 1 avait une paralysie du nerf tiers, et 1 a donné histoire de crises précoces post-traumatique (dans les 24 heures après l'accident). Aucun de ces patients ont connu la fin de l'épilepsie post-traumatique lorsqu'il est interrogé au moment du suivi à 6 mois et 24 mois après une blessure. Patients ont subi une IRM à 3 points dans le temps: dans les 2 semaines (= plage de 5-14 jours), 6 mois et 24 mois de blessure. Dix-sept ans en bonne santé et au sexe des témoins appariés (10 hommes et 7 femmes, moyenne $\pm$ écart type = 37.35 $\pm$ 9.34; range = 18-55 ans) ont été étudiés durant

la période d'étude en utilisant le même protocole d'IRM à 3 points de temps différentes comparable à celui des malades. Aucun des témoins sains avaient histoire de TBI, l'abus de drogues, alcool, et les troubles neuro-cognitifs. Le protocole d'étude a été approuvée par un comité d'éthique institutionnels, et par écrit du consentement éclairé a été obtenu de chaque sujet ou le parent le plus proche.

Les patients et les contrôles subi à la fois classiques d'IRM et DTI sur un programme de 1,5 général IRM T Electric (GE Medical System, Milwaukee, Wisconsin) en utilisant une cage à oiseaux en quadrature de recevoir et de transmettre antenne tête. Le protocole d'IRM conventionnelle inclus pondération T2 écho de spin rapide (temps de répétition [TR] / temps d'écho [TE] / nombre d'excitations [NEX] = 6000 millisecondes/85 millisecondes / 3), T1-écho de spin pondérées (TR / TE / NEX = 625 millisecondes/14 millisecondes / 2), pondérée en T2 FLAIR (TR / TE / temps d'inversion / NEX = 9000 millisecondes/120 millisecondes/2200 millisecondes / 1), et T2 * a rappelé séquence d'écho de gradient (TR / TE / NEX / angle de bascule = 500 millisecondes/15 millisecondes/1/200). Dans toutes les séquences, les 36 sections ont été acquis dans le plan axial avec 3 mm d'épaisseur des tranches, 256 × 192 matrice, et de 240 mm × 240 mm domaine de la point de vue, sans aucune coupure intercoupes.

L'imagerie du tenseur de diffusion a été acquis d'un seul coup d'écho de spin-écho planar double séquence avec un échantillonnage de rampe. [13](#) Le spin double séquence d'écho de réduire les distorsions d'image dans la diffusion des images pondérées en compensant l'effet des courants de Foucault. [22](#) la séquence utilisée une spectrale sélective impulsion à 90 ° pour la suppression des matières grasses. Le nombre d'impulsions de gradient de diffusion dans le spin-écho double séquence a été 4. Les durées de ces impulsions de gradient ont été $\Delta t_1 = \Delta t_4 = 6$ millisecondes et $\Delta t_2 = \Delta t_3 = 17$ millisecondes. Le temps de diffusion effectif était d'environ 50 millisecondes (TE / 2). Le facteur b est mis à 0 et 1000 s / mm [2](#); TR = 8 secondes, TE = 100 millisecondes, et au marché NEX = 8. Un total de 36 coupes axiales ont été acquis avec une épaisseur de coupe de 3 mm, pas de lacune intercoupes, champ de vision de 240 mm × 240 mm. La matrice d'acquisition était de 128 × 80, et un algorithme homodynes a été utilisé pour reconstruire à 128 × 128. Cela a été rempli de zéros à reconstruire une matrice de l'image de 256 × 256. Une diffusion équilibrée et rotation invariant schéma de codage avec 10 directions noncollinear sur la sphère unité a été utilisée pour générer les données DTI. [23](#) Pour améliorer le rapport signal / bruit, les données ont été temporairement moyenne.

DTI données ont été traitées et évaluées à l'aide de JAVA-fondé de programme décrites en détail ailleurs. [24](#) Pour une région d'intérêt (s) au placement, le CC a été divisé en 7 segments: tribune (CC1), genou (CC2), antérieur rostral midbody (CC3), midbody antérieure (CC4), midbody postérieure (CC5), isthme (GG 6), et splénium (CC7) ([Fig 1](#)) en utilisant le schéma proposé par Witelson. [25](#) La FA, MD, AD, et RD valeurs dans différentes régions du CC ont été moyennées pour l'analyse statistique à la fois patients et les témoins (CC1 et CC2 pour valgum; CC3, CC4 et CC5 pour midbody et GG 6 et CC7 pour splénium). La taille de la région des intérêts varie de 5 × 5 pixels à 7 × 7 pixels. Pour obtenir le volume des différentes régions du CC, les données ont été interpolées sur les axes x, y et z-axis (taille de voxel, 1 × 1 × 1 mm [3](#)), le nombre de pixels comptés dans chaque segment du CC ont été multiplié par l'épaisseur des tranches.

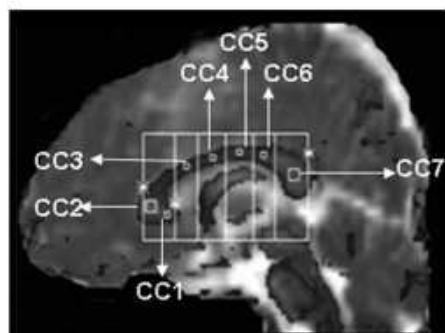


Figure 1. Gray anisotropie échelle fractionnaire (FA) la carte superposée à la diffusivité moyenne (MD) Carte indiquant la région d'intérêt mis en corps calleux (CC) chez les patients ayant des lésions cérébrales traumatiques et des contrôles au niveau des intermedia massa. La valeur seuil pour la carte FA a été maintenu à 0,2 seuils.

TNP ont été administrés à des contrôles et des patients à 6 et 24 mois après une lésion, non au moment de la première étude que la douleur associée à un traumatisme dans la phase initiale de TBI est connu pour influencer les résultats du TNP. [26](#) Tous les patients ont subi une série d'psychométriques tests, tels que tests de connexion Numéro (NCT NCT A et B) si alphabétisés, les tests de connexion figure (CFPI CFPI A et B) [27](#) si analphabètes et sous-tests de performance choisis de modification de Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-P, modifiés pour la population indienne), [28](#) qui comprenait test de complétion photo (PCT), symbole de test à deux chiffres (DST) et du bloc d'essai de conception (BDT). [29](#)

Test de connexion du numéro est un dérivé du Trail making test [30](#) et évalue l'orientation visuo-spatiale, la vitesse du moteur, la concentration et l'attention. [31,32](#) NCT A se compose de 25 cercles

consécutivement numérotées de 1 à 25 sur une feuille de papier. Le patient est requis pour connecter les cercles dans l'ordre numérique le plus rapidement possible. Après l'achèvement du NCT A, B NCT est administré. En NCT B, les cercles sont marqués soit par des lettres ou par des numéros, et le patient a à alterner entre les séquences numériques et alphabétiques (1-A-2-B-3 ... L-13). CFPI est un test universellement applicable pour l'évaluation de l'état mental, qui transcende les barrières de l'analphabétisme et les différences linguistiques. En principe, la CFPI est similaire à la NCT, sauf que les numéros sont remplacés par des chiffres. En FCT, chaque cercle comporte de 1 à 5 motifs (dessins), donnant ainsi les 25 nécessaires chiffres. En CFPI A, le patient est requis pour connecter tous les cercles avec le même motif en vue d'un nombre croissant de motifs et dans des séquences spécifiées dans le tableau, tandis que dans CFPI B, tous les cercles avec le même motif sont largement dispersés dans le graphique et les patient est invité à connecter ces cercles le plus rapidement possible. [27](#) Le score de test est le temps nécessaire pour terminer l'épreuve, y compris le temps nécessaire pour corriger les erreurs éventuelles. Le NCT et FCT, un score faible indique une meilleure performance. NCT et FCT porter la même interprétation, sauf que dans nombre CFPI sont remplacés par des chiffres afin que le test peut donc être effectuée par des gens qui sont analphabètes. Les deux CFPI CFPI A et B évaluer l'orientation visuo-spatiale, la vitesse du moteur, la concentration et l'attention. Toutefois, dans CFPI B, les cercles avec le même motif sont largement dispersés sur la page et donc orientation plus visuo-spatiale, la vitesse du moteur, la concentration et l'attention sont requis pour relier ces cercles, en comparaison avec FCT A.

Le WAIS-P, le PCT est fait pour l'exactitude de la perception. La DST est une mesure de la vitesse du moteur, la précision et la mémoire à court terme visuel. Le BDT est un test de la construction et des mesures des fonctions visuo-motrice spatiale. Elle décrit la capacité de construire des dessins ou de modèles à partir de modèles picturaux. En WAIS-P, un score élevé représente une meilleure performance. La signification clinique de ces tests a été évaluée chez les patients atteints de LCT. [33-35](#) Ces tests ont été validés et utilisés dans plusieurs autres études. [36,37](#) La durée de l'exécution du TNP ont varié de 45 à 60 minutes chez les patients et 35 à 45 minutes dans les contrôles.

Les métriques DTI (FA, MD, AD, et RD) et des volumes dans les différentes régions du CC ont été quantifiés dans les 2 semaines, 6 mois, et 24 mois après TBI. Les comparaisons multiples en utilisant Bonferroni post hoc test a été réalisé pour étudier les changements dans l'AF, MD, AD, et les valeurs de RD, le volume et les évaluations TNP chez les témoins et les patients avec TBI. Pour étudier les relations entre les scores du TNP et FA, MD, AD, et les valeurs de RD sur le suivi de l'imagerie, les coefficients de corrélation de Pearson ont été calculées. Une valeur $p \leq .05$ a été considéré comme significatif. Quarante-vingt quinze pour cent de l'intervalle de confiance des paramètres estimés a également été calculée le cas échéant. Tous les calculs des données statistiques ont été effectuées en utilisant le paquet statistique pour les sciences sociales (SPSS, version 15.0, SPSS Inc, Chicago, Illinois).

RÉSULTATS

L'emplacement de la lésion cérébrale sur l'IRM conventionnelle a été frontal ($n = 8$), fronto-temporale ($n = 3$), multifocale ($n = 2$), pariéto-temporale ($n = 1$), temporel ($n = 1$), et occipital ($n = 1$). Ces patients ont montré hémorragique DAI (H DAI, $n = 8$), non hémorragique DAI (Nh DAI, $n = 3$), et aucun DAI apparent sur IRM classique (NA DAI, $n = 5$). Les deux DAI H et NH lésions DAI ont été dispersées dans la matière blanche (frontale, pariétale, temporelle et occipitale) et profonde matière grise (noyaux gris centraux et le thalamus). Aucune anomalie visible a été vu dans le CC en aucun patient en initial ou étude de suivi à 6 mois et 24 mois. Aucun de ces patients avaient un déficit moteur.

La moyenne FA, MD, AD, et les valeurs de RD provenant des différentes régions du CC dans les contrôles, ainsi que chez les patients ayant étudié TBI à 3 points dans le temps sont résumés dans [les tableaux 1 et 2](#) et montré dans [figures 2 à 5](#).

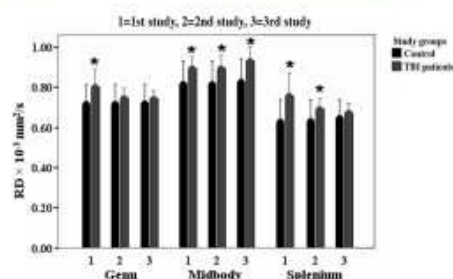


Figure 5. Terrain bar des valeurs de RD provenant de différentes régions du corps calleux (genou, midbody, et splénium) a été étudié à différents moments (première étude = en 2 semaines, deuxième étude = 6 mois, et la troisième étude = 24 mois) dans les contrôles ainsi que chez les patients avec TBI. L'astérisque (*) indique différence significative observée chez les patients comparativement aux témoins. Les barres représentent l'écart type. RD indique diffusivité radiale; TBI, les lésions cérébrales traumatiques.

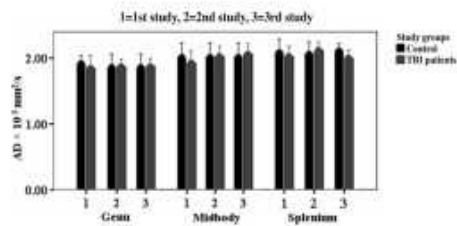


Figure 4. Terrain bar de valeurs AD de différentes régions du corps calleux (genou, midbody, et splénium) a étudié à différents moments (première étude = en 2 semaines, deuxième étude = 6 mois, et la troisième étude = 24 mois) dans les contrôles ainsi que chez les patients avec TBI. Aucune différence significative n'a été observée chez les patients comparativement aux témoins. Les barres représentent l'écart type. AD indique diffusivité axiale; TBI, les lésions cérébrales traumatiques.

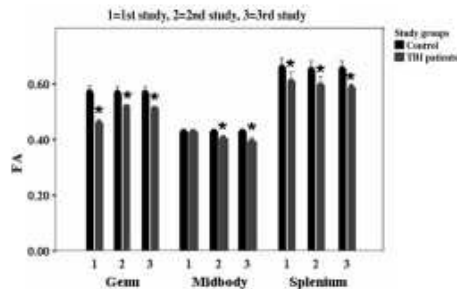


Figure 2. Terrain bar de valeurs FA provenant de différentes régions du corps calleux (genou, midbody, et splénium) a étudié à différents moments (première étude = en 2 semaines, deuxième étude = 6 mois, et la troisième étude = 24 mois) dans les contrôles ainsi que chez les patients avec TBI. L'astérisque (*) indique différence significative observée chez les patients comparativement aux témoins. Les barres représentent l'écart type. FA indique anisotropie fractionnée; TBI, les lésions cérébrales traumatiques.

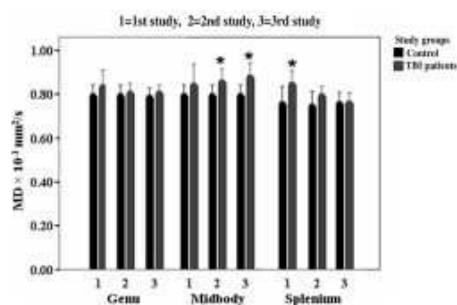


Figure 3. Terrain bar de valeurs MD de différentes régions du corps calleux (genou, midbody, et splénium) a étudié à différents moments (première étude = en 2 semaines, deuxième étude = 6 mois, et la troisième étude = 24 mois) dans les contrôles ainsi que chez les patients avec TBI. L'astérisque (*) indique différence significative observée chez les patients comparativement aux témoins. Les barres représentent l'écart type. MD indique la diffusivité moyenne; TBI, les lésions cérébrales traumatiques.

Regions	Control (N = 32)			Patients (N = 32)		
	1st study	2nd study	3rd study	1st study	2nd study	3rd study
FA						
Genou	0.57 ± 0.02	0.57 ± 0.02	0.57 ± 0.02	0.48 ± 0.01	0.52 ± 0.01	0.51 ± 0.01
Midbody	0.43 ± 0.01	0.43 ± 0.01	0.43 ± 0.01	0.43 ± 0.01	0.45 ± 0.01	0.43 ± 0.01
Splénium	0.66 ± 0.02	0.66 ± 0.02	0.66 ± 0.02	0.58 ± 0.02	0.61 ± 0.02	0.60 ± 0.02
MD × 10 ⁻³ mm ² /s						
Genou	0.76 ± 0.05	0.76 ± 0.05	0.76 ± 0.05	0.63 ± 0.01	0.66 ± 0.04	0.67 ± 0.04
Midbody	0.78 ± 0.04	0.75 ± 0.04	0.75 ± 0.04	0.64 ± 0.04	0.66 ± 0.04	0.66 ± 0.04
Splénium	0.76 ± 0.07	0.75 ± 0.05	0.75 ± 0.05	0.64 ± 0.05	0.75 ± 0.04	0.75 ± 0.04
AD × 10 ⁻³ mm ² /s						
Genou	1.38 ± 0.09	1.38 ± 0.11	1.38 ± 0.09	1.22 ± 0.14	1.34 ± 0.08	1.34 ± 0.08
Midbody	1.27 ± 0.15	1.28 ± 0.15	1.27 ± 0.14	1.22 ± 0.12	1.28 ± 0.09	1.28 ± 0.13
Splénium	1.38 ± 0.17	1.40 ± 0.15	1.38 ± 0.15	1.22 ± 0.13	1.38 ± 0.09	1.37 ± 0.08
RD × 10 ⁻³ mm ² /s						
Genou	0.58 ± 0.09	0.58 ± 0.09	0.58 ± 0.08	0.57 ± 0.05	0.52 ± 0.04	0.52 ± 0.05
Midbody	0.68 ± 0.08	0.68 ± 0.08	0.68 ± 0.08	0.68 ± 0.04	0.68 ± 0.04	0.67 ± 0.06
Splénium	0.44 ± 0.05	0.42 ± 0.05	0.42 ± 0.07	0.54 ± 0.05	0.49 ± 0.04	0.49 ± 0.05

Abbreviations: AD, axial diffusivity; CC, corpus callosum; DTI, diffusion tensor imaging; FA, fractional anisotropy; MD, mean diffusivity; RD, radial diffusivity; TBI, traumatic brain injury.

1st study = week 2, 2nd study = 6 months, 3rd study = 24 months.

TABLEAU 1 Résumé des paramètres DTI des différentes régions du CC dans les contrôles et les patients présentant TBI à différents moments

DTI results	Region	Group	Group	Mean difference	Standard error	P	95% CI
FA	Genou	Control vs	1st study	0.111	0.009	.002	0.093-0.129
			2nd study	0.083	0.009	.000	0.065-0.100
			3rd study	0.057	0.005	.000	0.046-0.073
	Midbody	Control vs	1st study	-0.067	0.006	.004	-0.079-0.055
			2nd study	-0.083	0.008	.000	-0.097-0.069
			3rd study	-0.054	0.002	.000	-0.058-0.049
MD × 10 ⁻³ mm ² /s	Genou	Control vs	1st study	0.024	0.002	.000	0.019-0.029
			2nd study	0.034	0.002	.000	0.030-0.038
			3rd study	0.034	0.002	.000	0.030-0.038
	Midbody	Control vs	1st study	0.034	0.002	.000	0.030-0.038
			2nd study	0.034	0.002	.000	0.030-0.038
			3rd study	0.034	0.002	.000	0.030-0.038
RD × 10 ⁻³ mm ² /s	Genou	Control vs	1st study	-0.088	0.019	.000	-0.142-0.034
			2nd study	-0.081	0.016	.000	-0.120-0.039
			3rd study	-0.088	0.020	.000	-0.128-0.052
	Midbody	Control vs	1st study	-0.076	0.016	.000	-0.117-0.035
			2nd study	-0.066	0.020	.000	-0.111-0.079
			3rd study	-0.065	0.020	.000	-0.111-0.079

Abbreviations: CC, corpus callosum; CI, confidence interval; DTI, diffusion tensor imaging; FA, fractional anisotropy; MD, mean diffusivity; RD, radial diffusivity; TBI, traumatic brain injury; vs, against.

1st study = week 2, 2nd study = 6 months, 3rd study = 24 months.

TABLEAU 2 multiples comparaisons à l'aide de Bonferroni test pour FA, MD, RD et les valeurs de différentes régions du CC dans les contrôles et les patients présentant TBI à différents moments

Une diminution significative des valeurs FA dans le genou a été observée à tous les points 3 temps chez les patients comparativement aux témoins. Chez les patients, FA valeurs significativement augmenté dans le genou à points dans le temps 2 et 3, à comparer avec le temps, point 1. Les valeurs FA montr

une diminution significative du temps aux points 2 et 3 dans le midbody chez les patients comparativement aux témoins. Valeurs de FA chez les patients a diminué de manière significative du point de temps 2 à 3 dans cette région. Les valeurs de FA dans le bourrelet sensiblement diminué dans tous les points 3 temps chez les patients comparativement aux témoins.

Dans le genou, soit une augmentation de la valeur MD a été observée à tous les points 3 moment chez les patients par rapport aux témoins, mais n'a pas atteint le niveau de signification statistique. Bien que chez les patients, MD valeurs diminué dans le genou à points dans le temps 2 et 3, à comparer avec le temps, point 1, mais aucune signification statistique n'a été observée. Une augmentation significative des valeurs MD a été observée dans le midbody à points dans le temps 2 et 3 et dans le bourrelet au point dans le temps 1, respectivement, chez les patients comparativement aux témoins. Chez les patients, ont sensiblement diminué MD valeur a été observée dans le bourrelet au point dans le temps 3, à comparer avec le temps, point 1.

Les valeurs de notre ère dans les régions du CC n'a pas montré de changement significatif au cours du temps, soit chez les patients par rapport aux témoins ou à l'intérieur des patients, respectivement.

Une augmentation significative des valeurs RD a été observée dans le genou au point dans le temps 1 chez des patients comparativement au groupe témoin. Chez les patients, une diminution des valeurs de RD a été constaté avec le temps dans le genou, mais n'a pas atteint le niveau de signification statistique. En midbody, RD valeurs significativement augmenté à tous les points 3 moment chez les patients comparativement aux témoins. Le bourrelet montré augmenté de façon significative les valeurs aux points de RD temps 1 et 2 chez les patients comparativement aux témoins. Chez les patients, une diminution importante de la valeur RD a été observée dans le bourrelet au point dans le temps 3 par rapport au cours du temps au point 1.

Pas de différences régionales importantes en volume CC au fil du temps ont été trouvés chez des patients par rapport aux témoins ou à l'intérieur des patients, respectivement [\(tableaux 3 et 4\)](#).

Region	Control (mean ± SD)			Patients (mean ± SD)		
	First study	Second study	Third study	First study	Second study	Third study
Volume						
Genou	580.12 ± 108.00	581.73 ± 108.00	580.12 ± 108.00	477.18 ± 108.87	478.70 ± 108.88	478.08 ± 108.88
Midbody	780.00 ± 97.50	780.00 ± 97.50	780.00 ± 97.50	802.00 ± 108.00	802.25 ± 127.72	802.00 ± 108.00
Bourrelet	780.12 ± 112.50	780.12 ± 112.50	780.12 ± 112.50	780.00 ± 108.00	780.00 ± 108.00	780.00 ± 108.00

Abbreviations: CC, corpus callosum; TBI, traumatic brain injury.

TABLEAU 3 Variation des valeurs de volume (moyenne ± écart-type) en unités de millimètre cube de différentes régions du CC dans les contrôles et les patients présentant TBI à différents temps (première étude = en 2 semaines, deuxième étude = 6 mois, et la troisième étude = 24 mois)

Region	Group	Group	Mean difference	Standard error	P	95% CI	
						LB	UB
Genou	Control versus	First study	72.917	41.579	.067	-40.514	186.389
		Second study	23.375	41.579	1.000	-60.078	146.828
	First study versus	Second study	-59.582	41.579	1.000	-140.014	21.850
	Second study versus	Third study	94.125	41.579	1.000	-79.268	147.519
		Third study	53.960	41.579	.008	-39.264	147.184
	Control versus	Third study	-12.000	41.579	1.000	-95.264	71.264
Midbody	Control versus	First study	10.000	35.277	1.000	-52.264	72.264
		Second study	10.000	35.277	1.000	-52.264	72.264
	First study versus	Second study	0.000	35.277	1.000	-52.264	52.264
		Third study	0.000	35.277	1.000	-52.264	52.264
	Second study versus	Third study	0.000	35.277	1.000	-52.264	52.264
	Control versus	Third study	0.000	35.277	1.000	-52.264	52.264
Bourrelet	Control versus	First study	11.187	32.883	1.000	-53.264	75.638
		Second study	11.187	32.883	1.000	-53.264	75.638
	First study versus	Second study	0.000	32.883	1.000	-53.264	53.264
		Third study	0.000	32.883	1.000	-53.264	53.264
	Second study versus	Third study	0.000	32.883	1.000	-53.264	53.264
	Control versus	Third study	0.000	32.883	1.000	-53.264	53.264

Abbreviations: CC, corpus callosum; TBI, traumatic brain injury; LB, lower bound; UB, upper bound.

TABLEAU 4 multiples comparaisons à l'aide de Bonferroni tester les valeurs de volume de différentes régions du CC dans les contrôles et les patients présentant TBI à différents temps (première étude = en 2 semaines, deuxième étude = 6 mois, et la troisième étude = 24 mois)

NCT A, B NCT, FCT A, B et FCT scores étaient significativement plus élevés (à savoir, pire), alors que selon le PCT, BDT DST et les scores étaient significativement plus faibles chez les patients présentant TBI à points dans le temps 2 et 3, par rapport aux témoins [\(tableaux 5 et 6 ; Fig 6\)](#). Chez les patients, CFPI A ($P = .002$) et FCT B ($P = .029$) les scores étaient significativement plus faibles tandis que le PCT ($P = .001$) score étaient significativement plus élevée au moment du point 3 avec le temps par rapport au point 2 [\(tableaux 5 et 6\)](#).

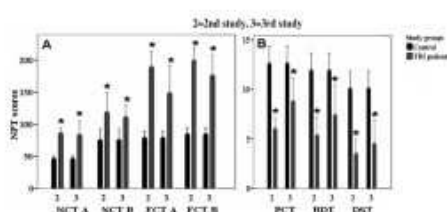


Figure 6. Parcelles à barres montrent les scores des différents TNP dans les contrôles et chez les patients après 6 mois (deuxième étude) et 24 mois (troisième étude) du TBI. Les tests de connexion (A) montrent augmentation significative tandis que les tests de Wechsler Adult Intelligence Scale (B) montrent une baisse significative chez les patients du groupe par rapport aux témoins. Astérisque (*) indique différence significative dans les scores du TNP par rapport aux témoins. Les barres représentent l'écart type. BDT indique test de

conception block; DST, essai Symbole chiffres; FCT, test de connexion figure; NCT, test de connexion numéro; TNP, des tests neuropsychologiques, PCT, de tester la concrétisation d'image; TBI, les lésions cérébrales traumatiques.

NPT	Scores (mean $\pm$ SD)		
	Patients		
	Control	Second study	Third study
NCT A	44.58 $\pm$ 6.74	84.99 $\pm$ 10.09	82.64 $\pm$ 22.95
NCT B	74.42 $\pm$ 19.20	117.37 $\pm$ 32.31	109.71 $\pm$ 20.20
FCT A	77.58 $\pm$ 11.81	168.64 $\pm$ 27.22	148.21 $\pm$ 44.17
FCT B	83.63 $\pm$ 11.44	198.43 $\pm$ 20.30	175.00 $\pm$ 34.27
PCT	12.53 $\pm$ 1.87	5.89 $\pm$ 1.18	8.71 $\pm$ 2.43
BDT	11.84 $\pm$ 1.89	5.29 $\pm$ 1.94	7.36 $\pm$ 3.13
DST	10.05 $\pm$ 1.87	3.43 $\pm$ 1.60	4.43 $\pm$ 2.53

Abbreviations: BDT, block design test; DST, digit symbol test; FCT, figure connection test; NCT, number connection test; NPT, neuropsychological tests; PCT, picture completion test; TBI, traumatic brain injury.

TABLEAU 5 Les scores des différentes composantes du TNP dans les contrôles et les patients présentant TBI à différents temps (deuxième étude = 6 mois et la troisième étude = 24 mois)

NPT	Group	Group	Mean difference	Standard error	P	95% CI	
						LB	UB
NCT A	Control versus	Second study	-40.41	5.02	.003	-52.94	-27.89
		Third study	-39.06	5.22	.003	-50.00	-28.13
		Third study	-10.26	6.40	.089	-34.06	13.54
NCT B	Control versus	Second study	-38.29	9.68	.003	-68.40	-8.19
		Third study	-11.24	12.20	.003	-35.90	13.41
		Third study	-15.04	15.30	.003	-35.23	45.14
FCT A	Control versus	Second study	-92.43	11.04	.002	-123.60	-61.26
		Third study	-119.82	8.96	.003	-139.85	-99.79
		Third study	-31.37	8.99	.003	-51.40	-11.35
FCT B	Control versus	Second study	-23.43	5.94	.003	-35.23	-11.63
		Third study	9.63	6.97	.003	6.97	12.29
		Third study	8.81	9.47	.003	3.16	14.47
PCT	Control versus	Second study	-2.82	0.72	.001	-4.25	-1.39
		Third study	0.35	0.62	.003	0.11	0.61
		Third study	0.46	0.60	.003	0.46	0.55
BDT	Control versus	Second study	0.82	0.71	.003	0.39	1.25
		Third study	0.22	0.71	.003	0.30	0.40
DST	Control versus	Second study	8.69	0.71	.003	7.29	10.09
		Third study	5.22	0.71	.003	3.80	6.64

Abbreviations: BDT, block design test; DST, digit symbol test; FCT, figure connection test; NCT, number connection test; NPT, neuropsychological tests; PCT, picture completion test; TBI, traumatic brain injury.

TABLEAU 6 multiples comparaisons à l'aide de Bonferroni test pour les scores du TNP dans les contrôles et les patients présentant TBI à différents temps (deuxième étude = 6 mois et la troisième étude = 24 mois)

A 6 mois de suivi, les valeurs de FA dans le midbody montré une corrélation positive avec les scores du PCT ($r = 0,604$, $P = .022$) chez les patients avec TBI.

A 6 mois de suivi, les valeurs de la médecine dans l'midbody inversement corrélé avec les scores du BDT ($r = -0,616$, $P = .019$). Une corrélation positive a été trouvée entre les valeurs MD dans le genou et NCT Un scores ($r = 0,549$, $P = .042$) après 24 mois de blessure.

A 6 mois de suivi, les valeurs d'Alzheimer chez les midbody inversement corrélé avec les scores du BDT ($r = -0,638$, $p = .014$). AD valeurs dans le bourrelet inversement corrélé avec les scores du PCT ($r = -0,590$, $p = .026$) et les scores du BDT ($r = -0,620$, $P = .024$) après 24 mois de blessures, respectivement.

A 24 mois de suivi, les valeurs de RD dans le genou positivement corrélée avec des scores NCT A ($r = 0,538$, $P = .047$).

DISCUSSION

Utilisation de DTI, nous avons étudié les changements longitudinalement microstructure substance blanche in patients with moderate TBI et enquêté sur sa corrélation avec les scores du TNP à 6 mois et 24 mois après une blessure. Dans cette étude, une baisse significative des valeurs FA dans le genou, splénium, et midbody avec MD sensiblement augmenté et les valeurs de RD dans le midbody et bourrelet au fil du temps a été observée chez les patients comparativement aux témoins. Il a été suggéré que la déchirure initiale, le cisaillement, et le mauvais alignement des axones de lancer une série d'événements qui conduisent à d'autres dommages de la substance blanche, la perte de myéline, et gliose. [38](#) dégénérescence La myéline est la pensée se poursuivre pendant 1 à 2 ans postinjury. [3](#) Bien Nous ne savons pas exactement le substrat pathologique responsable des changements importants observés dans le DTI-derived paramètres à tous les points 3 temps dans différentes régions du CC chez les patients par rapport aux témoins, cela peut être expliqué sur la base de axonopathie surviennent simultanément à la dégradation de la myéline / gliose dans les 2 semaines et la persistance de ces anomalies, après 6 mois et 24 mois après TBI. La répartition de myéline dans les 2 semaines de TBI reflète une dégénérescence progressive des changements structurels, qui correspondent bien aux résultats d'études histopathologiques et DTI de dégénérescence Wallerian dans l'AVC ischémique aigu. [39,40](#)

Serial IRM réalisée chez les patients TCC légers et modérés sur une durée moyenne de 1 an à partir de

Serial IRM réalisée chez les patients TCC légers et modérés sur une durée moyenne de 1 an à partir de l'événement traumatique ont mis en évidence une atrophie progressive du cerveau, même après une lésion cérébrale légère. [41](#) Ceci suggère que les dommages et la perte neuronale se produisant dans les heures suivant le traumatisme initial pourrait se poursuivre sur une longue période comme montré dans des modèles expérimentaux. [42](#) Des rapports antérieurs ont suggéré que la consigne et les indices de RD servent de biomarqueurs de dommages axonale et la myéline, respectivement. [14,43](#) Une étude longitudinale DTI de souris ont montré significativement réduit AD et les valeurs FA au début des années phase aiguë après TBI (4-6 heures et 24 heures), correspondant à des lésions axonales relativement isolée. Une à 4 semaines après le traumatisme, AD "pseudonormalized," FA valeurs ont diminué et RD valeurs augmenté. Ces changements correspondent à une démyélinisation, l'œdème et lésions axonales persistants. [44](#) Sidaros et al [45](#) ont parlé des changements longitudinaux dans DTI mesures suivantes graves TBI. Ils ont constaté une diminution FA et les valeurs AD avec augmentation de la valeur en RD corps calleux, bras postérieur de la capsule interne, semiovale centrum, et pédoncules cérébraux chez les patients comparativement aux témoins. En ce qui concerne les changements longitudinaux, Sidaros et al [45](#) ont observé une augmentation de la FA et les valeurs AD chez les patients présentant TBI dans semiovale centrum et bras postérieur de la capsule interne suggestive de la régénération par opposition à la dégénérescence.

Dans l'étude actuelle, nous avons observé une augmentation significative des valeurs de FA en valgum et une diminution des valeurs de RD dans varum et splénium à points dans le temps 2 et 3, à comparer avec le temps, point 1, respectivement, chez les patients. Bien que les valeurs RD a montré une tendance à la baisse genou au cours du temps, elle n'a pas atteint une signification statistique. Toutefois, FA et RD valeurs ont continué d'être anormales chez des patients comparativement au groupe témoin. Cela pourrait s'expliquer en raison de la reprise ou la repousse axonale incomplète, même sans la remyélinisation axonale concomitante à 6 mois et 24 mois postinjury. Cela signifie que certains de réorganisation de la microstructure des tissus pourrait avoir eu lieu au cours du temps. Cependant, les valeurs MD patients a diminué dans le genou avec le temps mais a été plus élevées que les valeurs MD contrôles », suggérant la réversibilité incomplète de l'œdème interstitiel.

Les précédents rapports basés sur la pathologie, l'IRM et DTI ont mis en évidence les relations cortico-calleuses. Ces études montrent que les changements dans un lobe particulier du cerveau sont associés à des changements dégénératifs dans cette région du CC à laquelle ce lobe est relié par des axones. [46-48](#) Chez les patients, FA plus anormal, MD, RD et les valeurs ont été observées dans le temps midbody du CC que dans le genou et splénium, indiquant que midbody empiré avec le temps. Ces différences régionales s'expliquent mai sur la base des relations cortico-calleuses. Il est également évident de la cortico-calleuses les relations que les fibres provenant des régions frontales contribuer à la partie antérieure et le milieu de la CC (tribune, valgum, et midbody), tandis que les fibres du corps calleux, de l'articulation temporo-pariëto-occipitale région jonctionnelle cours à travers le bourrelet et la partie caudale du corps de la CC. [49](#) La majorité des patients à participer à notre étude avaient des blessures frontale et une partie du préjudice pariëtale antérieur, qui a touché le midbody du CC, ce mai être responsable des différences régionales dans le parties de la CC dans le temps. Bien que le volume a été quantifiée dans les différentes régions du CC, aucune différence régionale en volume CC au fil du temps a été trouvé.

Toutefois, les changements dans les indices DTI ont été observées, confirmant que le DTI, semble constituer une mesure plus sensible que sur le volume de blessures chez ces patients.

Dans l'étude actuelle, bien que les valeurs AD a montré une diminution insignifiante dans le genou, midbody, et bourrelet de CC dans les 2 semaines chez les patients par rapport aux témoins, ce changement n'a pas persisté au suivi de 2 intervalles. La diminution insignifiante dans les valeurs AD dans les 2 semaines de TBI peut être due à quelque axonopathie survenant chez les patients, qui a récupéré au fil du temps, entraînant pseudonormalization de la MA. Cela est également soutenu par la constatation précédente DTI chez la souris modèle, qui a montré que AD semblait subir une pseudonormalization, malgré la présence continue de lésions axonales 1 semaine à 1 mois après la blessure. [44](#)

Les déficits cognitifs sont plus prononcées immédiatement après les blessures et améliorer au fil du temps. [50](#) Dans une étude précédente, les patients avec TBI d'intensité légère à modérée ont été comparés avec l'âge, le sexe et l'éducation des témoins sains appariés sur l'exécution du TNP et des informateurs-évaluation fonctionnelle aptitudes à 1 et 2 ans après une blessure. [51](#) Aucun déficit persistant cognitives ou fonctionnelles ont été observées chez ces patients. [51](#) En revanche, bien que certains des scores TNP améliorée au fil du temps chez nos patients, ils étaient toujours nettement affaiblies par rapport aux témoins, suggérant que ces patients mai expérience résiduelle des déficiences neurocognitives à 24 mois postinjury.

Mesures neuropsychologiques ont été utilisés pour évaluer les fonctions cognitives jugée altérée chez les patients avec TBI, le plus souvent dans les domaines de l'attention, fonctions visuo-spatiales,

patients avec TBI, le plus souvent dans les domaines de l'attention, fonctions visuo-spatiales, psychomoteur de vitesse, et la transformation. Dépréciation des séquelles cognitives et multitâches exécution ont été attribués à des DAI ou perturbation d'un réseau de neurones dans le cerveau. [52](#) Dans l'étude actuelle, les scores du TNP ont été entravée sur ces patients à 6 mois et 24 mois, comparativement aux témoins. Le DAI dus aux blessures de cisaillement associée au traumatisme crânien sont soupçonnés d'être responsables de la persistance des symptômes cliniques et les séquelles cognitives. La corrélation significative observée entre les paramètres DTI dans diverses régions CC et les scores du TNP à 6 mois et 24 mois chez les patients avec TBI indique que le CC atteinte axonale reflète probablement un préjudice axonale dans le cerveau, et ces fonctions neuropsychologiques sont sensibles à une insuffisance dans une variété de différents des sites et des réseaux qui se chevauchent sous-tendent ces fonctions. Bien que cette étude montre quelques observations intéressantes dans TBI modérée au cours du temps, il a aussi quelques limites. Petite taille des échantillons et l'absence d'histologie pour l'interprétation définitive des changements observés dans les indicateurs DTI est une limitation de notre étude.

En conclusion, notre étude suggère que la FA et les indices de RD sont des marqueurs de substitution d'altérations chez les patients présentant des microstructures du TBI dans le temps et une corrélation significative avec certaines partitions TNP. La reprise de ces indices dans certaines régions du CC est associé à la récupération des déficits neurocognitifs, suggérant que ces indices mai être utilisé comme un marqueur d'objectif pour le préjudice résiduelle chez ces patients.

REFERENCES

1. Katz D. Traumatic Brain Injury. In: Mills V, Cassidy J, eds D. Katz. *Neurological Rehabilitation: Un guide de diagnostic, de pronostic et le traitement de la planification*. Malden, MA: Blackwell Science, 1997. [\[Lien context\]](#)
2. Marr A, V. Coronado du système nerveux central de surveillance des blessures: Données annuelles normes de soumission pour l'année 2002. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention, 2001. [\[Lien context\]](#)
3. Meythaler JM, Peduzzi JD, Eleftheriou E, Novack TA. Current concepts: lésions axonales diffuses associées à des lésions cérébrales traumatiques. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001; 82:1461-1471. [\[Lien context\]](#)
4. Graham DI, Gennarelli TA, McIntosh TK. Trauma. In: Gramam DI, Lantos PL, eds *neuropathologie. GreenField*. 7e éd. New York, NY: Arnold, 2002. [\[Lien context\]](#)
5. Gennarelli TA, Thibault LE, Adams JH, Graham DI, Thompson CJ, Marcincin, RP. Lésions axonales diffuses et d'un coma traumatique chez le primate. *Ann Neurol*. 1982; 12:564-574. [\[Lien context\]](#)
6. Wallesch CW, Curio N, Kutz S, Jost S, Bartels C, Synowitz H. Résultat après intensité légère à modérée blessure à la tête Blunt: effets des lésions focales et des lésions axonales diffuses. *Brain Inj*. 2001; 15:401-412. [\[Lien context\]](#)
7. Fork M, Bartels C, Ebert AD, Grubich C, Synowitz H, Wallesch CW. Neuropsychologiques, séquelles de lésions traumatiques cérébrales diffuses. *Brain Inj*. 2005; 9:101-108. [\[Lien context\]](#)
8. Rapoport M, Herrmann N, P Shammi, Kiss A, Phillips A, Feinstein A. Résultats suivants lésions cérébrales traumatiques subies dans les vieux l'âge adulte: un an de l'étude longitudinale. *Am J Geriatr Psychiatry*. 2006; 14:456-465. [\[Lien context\]](#)
9. Gentry LR, Godersky JC, Thompson B, Dunn VD. Étude prospective comparative de MR intermédiaire sur le terrain et TDM dans l'évaluation d'un traumatisme crânien fermé. *AJR Am J Roentgenol*. 1988; 150:673-682. [\[Lien context\]](#)
10. Kelly AB, Zimmerman RD, Snow RB, Gandy SE, Heier LA, Deck MD. Traumatisme crânien: comparaison de la RM et CT-expérience de 100 patients. *Am J Neuroradiol*. 1988; 9:699-708. [\[Lien context\]](#)
11. Schiff Key. Neuro-imagerie multimodale approches pour les troubles de la conscience. *J Head Trauma Rehabil*. 2006; 21:388-397. [\[Lien context\]](#)
12. Basser PJ, Mattiello J, LeBihan D. MR spectroscopy tenseur de diffusion et d'imagerie. *Biophys J*. 1994; 66:259-267. [\[Lien context\]](#)