/burl@stx null def /BU.S /burl@stx null def def /BU.SS currentpoint /burl@lly exch def /burl@llx exch de

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Ferhat Abbas University – Sétif 1



Faculty of Sciences – Department of Physics

Master's Dissertation in Medical Physics

Optimization of b-Value for the Calculation of Apparent Diffusion Coefficient (ADC) in Diffusion-Weighted Imaging (DWI)

Bennekaa Oumaima
Belattar Maria Chiraz

Pr.S.CHOUABA	Université Ferhat Abbas Setif 1	President
Dr.A. BETKA	Université Ferhat Abbas Setif 1	Examiner
Dr.A. ADJIRI	Université Ferhat Abbas Setif 1	Supervisor
Dr.I. KACEM	Centre de Lutte Contre le Cancer, Sétif	Guest

Academic Year 2025-2026

Abstract

This work aimed at evaluating the influence of b-values on the calculation of the Apparent Diffusion Coefficient (ADC) in Diffusion-Weighted Imaging (DWI). ADC is an essential quantitative parameter for tissue characterization and the detection of various pathological conditions. However, the accuracy of ADC measurements strongly depends on the selection of b-values used during image acquisition.In this study we focused on two medical conditions; acute ischemic stroke and prostate cancer.Diffusion-weighted MRI examinations were performed using different diffusion sensitization factors, with b-values ranging from 400 to 1400 s/mm^2. Regions of interest (ROIs) were defined within pathological and healthy tissues to measure and compare ADC values obtained under different acquisition protocols.

The results demonstrated that increasing b-values enhances the contrast between healthy and pathological tissues by reducing perfusion effects and the T2 shine-through phenomenon. However, high b-values also lead to a decrease in the signal-to-noise ratio and an increase in the acquisition time of images.This study highlights the importance of selecting appropriate b-values for optimizing DWI protocols and emphasizes their crucial role in improving the reliability of ADC measurements and diagnostic performance in clinical practice.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging (MRI); Diffusion-Weighted Imaging (DWI); Apparent Diffusion Coefficient (ADC), b-values; acute ischemic stroke; prostate cancer.

Résumé

Ce travail avait pour objectif d'évaluer l'influence des valeurs de **b** sur le calcul du coefficient de diffusion apparent (ADC) en imagerie pondérée par diffusion (DWI). L'ADC constitue un paramètre quantitatif essentiel pour la caractérisation des tissus et la détection de diverses pathologies. Toutefois, la précision des mesures de l'ADC dépend fortement du choix des valeurs de **b** utilisées lors de l'acquisition des images. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à deux pathologies : l'accident vasculaire cérébral ischémique aigu et le cancer de la prostate. Des examens d'IRM pondérée par diffusion ont été réalisés en utilisant différents facteurs de pondération de diffusion, avec des valeurs de **b** comprises entre 400 et 1400 s/mm². Des régions d'intérêt (ROI) ont été définies dans les tissus sains et pathologiques afin de mesurer et de comparer les valeurs d'ADC obtenues selon différents protocoles d'acquisition.

Les résultats ont montré que l'augmentation des valeurs de **b** améliore le contraste entre les tissus sains et pathologiques en réduisant les effets de perfusion ainsi que le phénomène de *T2 shine-through*. Cependant, l'utilisation de valeurs de **b** élevées entraîne également une diminution du rapport signal/bruit ainsi qu'une augmentation du temps d'acquisition des images. Cette étude souligne l'importance de sélectionner des valeurs de **b** appropriées afin d'optimiser les protocoles de DWI et met en évidence leur rôle essentiel dans l'amélioration de la fiabilité des mesures de l'ADC ainsi que des performances diagnostiques en pratique clinique.

Mots-clés : Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) ; Imagerie pondérée par diffusion (DWI) ; Coefficient de diffusion apparent (ADC) ; valeurs de **b** ; accident vasculaire cérébral ischémique aigu ; cancer de la prostate.

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير قيم **b** على حساب معامل الانتشار الظاهري (ADC) في التصوير بالرنين المغناطيسي الموزون بالانتشار .(DWI) ويُعد معامل الانتشار الظاهري مؤشراً كمياً أساسياً لتوصيف الأنسجة والكشف عن مختلف الحالات المرضية. إلا أن دقة قياسات ADC تعتمد بدرجة كبيرة على اختيار قيم **b** المستخدمة أثناء اكتساب الصور.

ركزت هذه الدراسة على حالتين مرضيتين هما السكتة الدماغية الإقفارية الحادة وسرطان البروستاتا. وأُجريت فحوصات التصوير بالرنين المغناطيسي الموزون بالانتشار باستخدام قيم **b** تراوحت بين 400 و1400 ثانية/مم². كما تم تحديد مناطق الاهتمام (ROI) داخل الأنسجة السليمة والمرضية لقياس ومقارنة قيم ADC الناتجة عن بروتوكولات اكتساب مختلفة.

أظهرت النتائج أن زيادة قيم **b** تحسن التباين بين الأنسجة السليمة والمرضية من خلال تقليل تأثيرات الإرواء الدموي وظاهرة *Shine-Through T2*. إلا أن استخدام قيم **b** المرتفعة يؤدي أيضاً إلى انخفاض نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) وزيادة زمن اكتساب الصور.

وتؤكد هذه الدراسة أهمية اختيار قيم **b** المناسبة لتحسين بروتوكولات التصوير الموزون بالانتشار، وتبرز دورها الأساسي في تحسين موثوقية قياسات ADC وتعزيز الأداء التشخيصي في الممارسة السريرية.

الكلمات المفتاحية: التصوير بالرنين المغناطيسي ؛(MRI) التصوير الموزون بالانتشار ؛(DWI) معامل الانتشار الظاهري ؛(ADC) قيم **b**؛ السكتة الدماغية الإقفارية الحادة؛ سرطان البروستاتا.

Table of Contents

Acknowledgements i

Dedication ii

Dedication iii

Abstract iv

Résumé v

الملخص vi

Table of Contents vii

List of Figures x

List of Tables xii

List of abréviations xiii

Introduction 1

1 Fundamentals of MRI Physics and Imaging Techniques 2

1.1 Introduction . . . 2
1.2 Definition of Magnetic Resonance Imaging . . . 2
1.3 Physical Principles of Magnetic Resonance Imaging . . . 2
1.3.1 Magnetic field . . . 2
1.3.2 Radiofrequency pulses . . . 3
1.3.3 Relaxation phenomena . . . 3
1.3.4 Nuclear Magnetic Resonance signal . . . 3
1.3.5 Image Formation . . . 3
1.4 Magnetic resonance imaging (MRI) sequences . . . 4
1.4.1 T1 relaxation time . . . 4
1.4.2 T2 relaxation time . . . 4
1.4.3 FLAIR(Fluid-Attenuated Inversion Recovery) . . . 4
1.4.4 STIR(Short TI Inversion Recovery) . . . 4
1.5 Contrast Agents (Optional) . . . 4
1.5.1 Role of Gadolinium . . . 4
1.5.2 Diagnostic Interest . . . 5
1.6 Limitations of Conventional MRI . . . 5
1.7 CONCLUSION . . . 5

2 Advanced Diffusion MRI: DWI and ADC Quantification **6**
2.1 Introduction . . . 6
2.2 Definition and Overview of DWI . . . 6
2.3 Physical Principles of Diffusion MRI . . . 6
2.3.1 Brownian Motion . . . 6
2.3.2 Water Molecular Diffusion in Biological Tissues . . . 6
2.3.3 Diffusion Restriction and Microstructural Sensitivity . . . 7
2.3.4 DWI Signal Characteristics (Hyperintensity and Hypointensity) . . . 7
2.4 Diffusion Tensor vs. Diffusion Weighted . . . 8
2.5 Apparent Diffusion Coefficient (ADC) . . . 9
2.5.1 Definition and Significance . . . 9
2.5.2 Mathematical Calculation of ADC . . . 9
2.5.3 Factors Affecting ADC Measurements . . . 9
2.6 b-values in DWI . . . 9
2.6.1 Concept of b-value . . . 9
2.6.2 Influence of b-value on Signal and ADC . . . 10
2.6.3 Standard vs. Fractional b-values . . . 10
2.7 Technical Considerations in DWI Acquisition . . . 10
2.7.1 MRI Scanner Parameters . . . 10
2.7.2 Pulse Sequences for DWI . . . 11
2.7.3 Signal-to-Noise Ratio (SNR) and Artifacts . . . 11
2.8 Clinical and Research Applications of DWI . . . 12
2.9 Conclusion . . . 14

3 Materials and Methodology **15**
3.1 Introduction . . . 15
3.2 Description of the internship location and objective of the study . . . 15
3.3 Materials . . . 16
3.3.1 Examination Room . . . 16
3.3.2 Acquisition / Control Room . . . 16
3.3.3 Local Technique Room . . . 17
3.4 Methods . . . 20
3.4.1 Organs investigated in this study . . . 20
3.4.2 MRI Examination Procedure and Protocol Workflow . . . 21
3.4.3 Software Used for MRI Acquisition and Post-Processing (GE Healthcare) . . . 21
3.4.4 Data description . . . 22
3.4.5 MRI Protocols Used (Complete Protocol Set and Brain MRI Protocol) . . . 22
3.4.6 Acquisition parameters . . . 23
3.5 Conclusion . . . 26

4 RESULTS and DISCUSSION **27**
4.1 Introduction . . . 27
4.2 Experimental Results . . . 27
4.2.1 Acute Ischemic Stroke . . . 27
4.2.2 Analysis . . . 30
4.2.3 Discussion . . . 33
4.2.4 Conclusion . . . 34
4.2.5 Prostate Cancer . . . 35
4.2.6 Analysis . . . 37
4.2.7 Discussion . . . 40
4.2.8 Conclusion . . . 41

CONCLUSION & PERCPECTIVES **42**

Bibliography **43**