

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الأندلس الخاصة للعلوم الطبية
كلية الهندسة الطبية

التحسين والكشف عن فتق النواة اللبية القطنية باستخدام

صور المرنان

*Spinal disc herniation image enhancement
and Detection from MRI*

أطروحة معدة استيفاء لمتطلبات المشروع التطبيقي

تقديم الطلاب

زينب حسين مخلوف

طارق بشار زيفا

إشراف

الدكتور محمد داعر

العام الدراسي

2022-2023

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	قائمة المحتويات
1	قائمة المحتويات
4	قائمة الأشكال
5	قائمة الجداول
6	الملخص
7	ABSTRACT
8	1- الفصل الأول: مقدمة المشروع
9	1-1 مقدمة
11	2-1 أهمية المشروع و أهدافه
11	3-1 مشكلة المشروع
12	3-1 محتوى الفصول
13	2- الفصل الثاني: مفاهيم أساسية
14	1-2 تشريح العمود الفقري
15	1-1-2 أقسام فقرات العمود الفقري
16	2-1-2 تركيب فقرات العمود الفقري
17	3-1-2 النخاع الشوكي و وظائفه
20	4-1-2 وظائف الحبل الشوكي
21	5-1-2 أجزاء الحبل الشوكي
22	2-2 الأقراص الفقرية
23	3-2 أمراض العمود الفقري
23	1-3-2 تنكس القرص الفقري
23	2-3-2 المسببات
24	3-3-2 التعديلات البيوكيميائية
24	4-3-2 أنواع تنكس القرص
26	5-3-2 تنكس القرص و آلام أسفل الظهر
27	6-3-2 العلاج
28	4-2 التصوير السريري للعمود الفقري القطني
28	1-4-2 مقدمة
29	2-4-2 الصور الشعاعية البسيطة
30	3-4-2 التصوير المقطعي
31	4-4-2 تصوير بالرنين المغناطيسي
34	5-2 جهاز الرنين المغناطيسي

34	1-5-2 تاريخ ظهور جهاز الرنين المغناطيسي
35	2-5-2 مبدأ عمل الجهاز
36	3-5-2 استخدامات أشعة الرنين المغناطيسي
37	4-5-2 خطوات فحص MRI
37	5-5-2 تطور أجهزة فحص MRI
38	3- الفصل الثالث : دراسات سابقة
39	1-3 دراسة 2023
41	2-3 دراسة 2021
43	3-3 دراسة 2012
44	4-3 دراسة 2022
45	4- الفصل الرابع : الجزء العملي
46	1-4 الماتلاب
47	2-4 مدخل في معالجة الصورة
48	3-4 معالجة صور فتق نواة لبية
49	4-4 خطوات العمل
51	1-4-4 قراءة الصورة الطبية
52	2-4-4 خوارزمية تحسين الصورة
53	3-4-4 عملية مورفولوجية
54	4-4-4 التحويل إلى صورة ثنائية
54	5-4-4 ضرب الصورة الناتجة بالأصلية و التعتیب
56	6-4-4 تطبيق خوارزميات تجزئة أولية للحبل الشوكي
58	7-4-4 قاييس خصائص الصورة
58	8-4-4 تجزئة الحبل الشوكي
61	9-4-4 تحديد الفتق بشكل كامل
62	10-4-4 تحديد منطقة الاهتمام
63	11-4-4 بناء الواجهة الرسومية لعرض الصورة و تطبيق الخوارزمية
64	الملحق A
68	الملحق B
71	المراجع

قائمة الأشكال

14	الشكل (1-2) يبين الشكل التشريحي لتقسيم العمود الفقري (مأخوذة من المرجع رقم 1)
19	الشكل (2-2) رسم تخطيطي يوضح المواقع التشريحية المختلفة لورم النخاع الشوكي (مأخوذة من المرجع رقم 3)
24	الشكل (3-2) تمثيل تخطيطي لتخفيضات القرص المتوسطة التي توضح التعديلات المورفولوجية الأكثر شيوعا التي تؤثر على الأقراص الفقرية: (أ) الحالة العادية، (ب) تمزق حلقي، (ج) فتق القرص و(د) تضيق مساحة القرص
28	الشكل (4-2) صورة شعاعية جانبية للعمود الفقري القطني واسعة النطاق.
29	الشكل (5-2) التصوير المقطعي المحوسب للعمود الفقري مع فتق القرص الفقري
31	الشكل (6-2) أمثلة على (أ) T1 المرجحة و(ب) MR Midsagittal الصور المرجحة T2 للعمود الفقري القطني
31	الشكل (7-2) أمثلة على (أ) قرص طبيعي و (ب) قرص فقري متدهور كما هو موضح في صور MR الموزونة T2.
50	الشكل (1-4) خرج لمرحلة قراءة الصورة
51	الشكل (2-4) خرج لمرحلة تحسين الصورة
52	الشكل (3-4) خرج العملية المورفولوجية
53	الشكل (4-4) خرج الصورة الثنائية
54	الشكل (5-4) خرج مرحلة ضرب الصورة والتعتيب
56	الشكل (6-4) خرج المرحلة الأولى من التجزئة الأولية للحبل الشوكي
57	الشكل (7-4) خرج المرحلة الثانية من التجزئة الأولية للحبل الشوكي
59	الشكل (8-4) خرج الحالة الثالثة
60	الشكل (9-4) خرج مرحلة تجزئة الحبل الشوكي
61	الشكل (10-4) إظهار ناتج مرحلة تجزئة الحبل الشوكي (على اليمين) و ناتج مرحلة تحديد الفتق (على اليسار)
61	الشكل (11-4) تحديد منطقة الاهتمام على الصورة الأصلية
63	الشكل (12-4) الواجهة الرسومية لتطبيق الكود

قائمة الجداول

47	جدول (1-4) للحالات المستخدمة
----	------------------------------

قائمة المخططات

49	مخطط (1-4) مخطط صندوق لخوارزميات المعالجة
----	---

الملخص

يتألف العمود الفقري من سلسلة من العظام التي تتراكب فوق بعضها كحجرات البناء، تفصل بينها وسادات تدعى بالأقراص وتساعد على امتصاص الحمل والضغط، وتعد أمراض العمود الفقري واحدة من أهم المشاكل الصحية التي تصيب الجسم.

إن فتق النواة اللبية أو ما يعرف بالانزلاق الغضروفي (الديسك) يعتبر من الحالات الشائعة، والمنتشرة من أمراض العمود الفقري وهي حالة تمزق تحدث في القرص الموجود بين الفقرات التي تتوزع على طول العمود الفقري حيث يعمل عمل الوسادة بين الفقرات، ويؤدي إلى حدوث آلام مبرحة في الظهر وأي تأخير قد يؤدي إلى حدوث أذيات عصبية. إن الكشف والإظهار لحالات فتق النواة اللبية القطنية عن طريق معالجة الصورة مفيد لزيادة دقة التشخيص، وتقليل الأخطاء البشرية الناتجة عن التعب والأخطاء البصرية.

وفكرة هذا المشروع هي معالجة صور حالات فتق النواة اللبية القطنية الملتقطة عن طريق جهاز المرنان (MRI) عن طريق تجزئة منطقة الفتق، وتحديد موقعها بشكل أوضح لتمكن الأطباء من اتخاذ الخطوات اللازمة للعلاج ودراسة وتشخيص هذه الحالة بشكل أفضل، ومن خلال هذا المشروع سنستخدم برنامج الماتلاب لمعالجة صور المرنان مستخدمين خوارزميات معالجة الصور الطبية من أجل الكشف والإظهار.

ABSTRACT

The spine consists of a series of bones that overlap each other like building blocks, separated by cushions called discs that help absorb load and pressure, and diseases of the spine are one of the most important health problems that affect the body.

The herniation of the pulpal nucleus or what is known as a herniated disc (disc) is considered one of the common and widespread cases of diseases of the spine, and it is a rupture that occurs in the disc located between the vertebrae that is distributed along the spine, where the work of the cushion works between the vertebrae, and leads to the occurrence of Excruciating back pain and any delay may lead to nerve damage. The detection and presentation of cases of lumbar pulpal herniation by image processing is useful to increase the accuracy of diagnosis, and to reduce human errors resulting from fatigue and visual errors.

The idea of this project is to process the images of cases of herniation of the lumbar nucleus pulposus captured by the resonator device (MRI) by dividing the hernia area, and determining its location more clearly so that doctors can take the necessary steps for treatment, study and diagnosis of this condition better, and through In this project, we will use MATLAB software to process resonator images using medical image processing algorithms for detection and visualization.

الفصل الأول

مقدمة المشروع

الفصل الأول

مقدمة المشروع

نعرض في هذا الفصل مقدمة عن مشروعنا هذا وأهميته وأهدافه التي عملنا على تحقيقها خلال العام الدراسي 2022 _ 2023.

1-1 مقدمة:

العمود الفقري من الأعضاء المهمة جدًا في الجسم حيث أنه يتحكم في الحركة وفي الأعصاب وفي الكثير من الأعضاء الأخرى التي تعتمد على العمود الفقري، والعمود الفقري مسؤول وظيفيًا من ناحية على إبقاء الجسم في وضع مستقيم - فهو يحمل وزن الرأس والجذع والذراعين - ومن ناحية أخرى، يحمي العمود الفقري النخاع الشوكي. ويعد هذا الجزء من أهم أجزاء جسم الإنسان، أو الكائنات الحية بصفة عامة، لكونه نقطة ارتكاز رئيسية في التحكم في القدرة على الجلوس والوقوف والمشي، وذلك بفضل مكوناته الخلقية.

العمود الفقري للإنسان يتكون من سلسلة من العظام غير المنتظمة تسمى فقرات، مرقمة 33 فقرة، تمتد من منتصف قاعدة الجمجمة إلى منطقة العصعص لحماية النخاع الشوكي.

تعتبر مشاكل العمود الفقري من المشكلات الصحية التي تؤثر بشكل كبير على حياة الإنسان، خاصة وأن هذه المشكلات ينتج عنها عدم القدرة على الحركة.

ومن أهم هذه الأمراض والمشاكل ما يلي:

الانزلاق الغضروفي:

هو ما يعرف أيضاً باسم «فتق القرص بين الفقرات»، ويحدث نتيجة زيادة الأحمال الثقيلة على الفقرات والذي يتسبب في زيادة الضغط على جذر العصب، مسبباً خشونة شديدة بمفاصل الفقرات العظمية ويسبب هذا المرض الشعور بآلام شديدة في منطقة أسفل الظهر، إلى جانب الإصابة بعرق النسا. وبالرغم من صعوبة هذه الحالة وشدة الآلام المصاحبة لها، إلا أن علاجها يتم بشكل تلقائي، بعد تناول جرعات دوائية من مضادات الالتهاب، إلى جانب الحصول على قسط كافٍ من الراحة في حين تكون هناك حالات شديدة الصعوبة، والتي قد تحتاج للتدخل الجراحي، وذلك عقب خضوع المصاب إلى بعض الفحوصات الطبية، مثل إجراء أشعة الرنين المغناطيسي والأشعة المقطعية.

إن الانزلاق الغضروفي مرض شائع، يشغل حيزاً كبيراً من اهتمام الناس لأنه يحدث في مختلف الأعمار، وهو نادر تحت سن العشرين وفوق سن الستين عاماً، يبلغ ذروته في العقد الرابع من العمر ويشاهد بنسبة أعلى عند الذكور، ويشكل انفتاق النواة اللبية القطنية 90% والرقبية 10% من الحالات. وفي نفس السياق، يشيع بين الذكور 70% أكثر من الإناث 30%.

يتم استخدام طرائق مختلفة لتصوير العمود الفقري مثل التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) وهو طريقة جيدة لتظهر بشكل واضح ما بين الفقرات، وإن التصوير بالرنين المغناطيسي ليس جراحياً ولا يستخدم الإشعاع المؤين، ولكن الأهم من ذلك أنه يوفر تبايناً جيداً للأنسجة الرخوة مما يسمح بتصوير الهيكل الداخلي للقرص.

1-2 أهمية المشروع وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في كونه:

- يتناول موضوع فتق النواة اللبية الذي يعتبر من أكثر أمراض العمود الفقري شيوعاً.
 - يتناول كشف وإظهار حالات فتق النواة اللبية القطنية عن طريق معالجة الصورة لزيادة دقة التشخيص وتقليل الأخطاء البشرية.
 - الهدف الرئيسي للمشروع هو معالجة صور حالات فتق النواة اللبية القطنية الملتقطة عن طريق جهاز المرنان (MRI) عن طريق تجزئة منطقة الفتق وتحديد موقعها بشكل أوضح لتمكن الأطباء من اتخاذ الخطوات اللازمة للعلاج ودراسة وتشخيص هذه الحالة بشكل أفضل.
- ومن خلال هذا المشروع سنستخدم برنامج الماتلاب لمعالجة صور المرنان مستخدمين خوارزميات معالجة الصور الطبية من أجل الكشف والاضهار.

1-3 مشكلة المشروع:

- توفر طرق التجزئة الآلية نتائج قابلة للتكرار، مع تخفيف الحاجة وتقليل وقت التفاعل اليدوي. أصبحت طرق التجزئة عناصر حاسمة في تحليل الصور الطبية خاصة في مجالات التشخيص بمساعدة الكمبيوتر والجراحة الموجهة بالصور وتخطيط العلاج الإشعاعي.
- علاوة على ذلك، لا تزال تجزئة الأقراص الفقرية المتدهورة مشكلة غير محلولة. حيث ان التشخيص بمساعدة الكمبيوتر تتطلب طريقة تجزئة قادرة على تحديد بدقة الأقراص الفقرية في مراحل مختلفة من المرض (من العادي إلى تدهور شديد) من حيث دقة التجزئة المطلوبة.

1-4 محتوى الفصول:

يتألف المشروع من عدة فصول، حيث نورد في الفصل الأول: مقدمة عامة عن المشروع وأهمية المشروع وأهدافه ومحتوى فصول المشروع.

نتحدث في الفصل الثاني عن: المفاهيم الأساسية النظرية المتعلقة بالعمود الفقري وفتق النواة اللبية مع ذكر تقنيات التصوير المستخدمة في الكشف عن هذا المرض.

أما في الفصل الثالث فقد اوردنا بعض الدراسات السابقة ذات الصلة بمشروعنا هذا.

سنترك الفصل الرابع لنتحدث به عن الجزء العملي للمشروع ومكوناته بشكل عام والتقنيات المستخدمة في معالجة الصورة وما توصلنا اليه من نتائج ويلي ذلك قائمة المراجع المستخدمة في هذا الدراسة.

الفصل الثاني

مفاهيم أساسية

الفصل الثاني

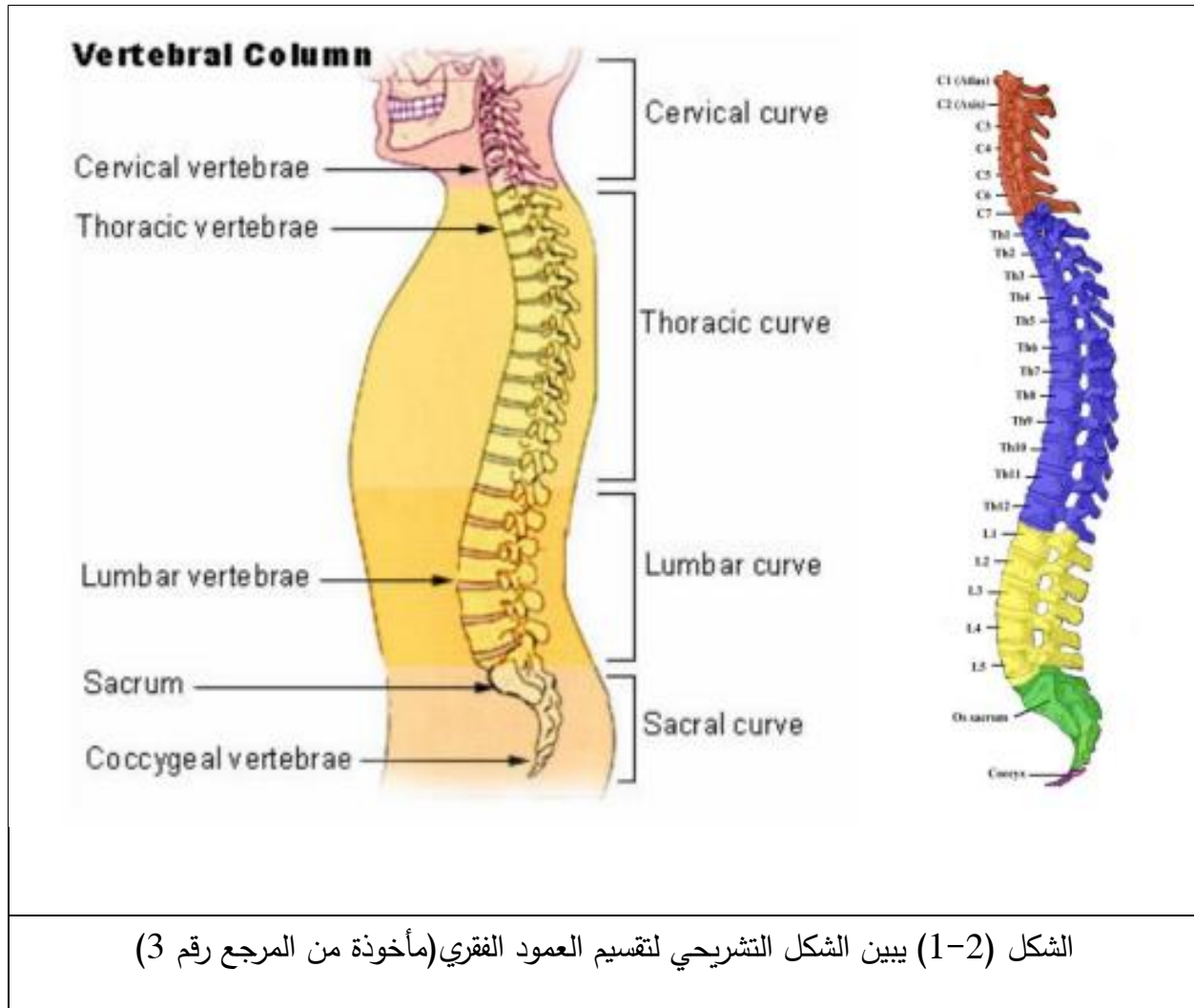
مفاهيم أساسية

سنقوم في هذا الفصل باستعراض المفاهيم الأساسية والمعلومات النظرية المتعلقة بمشروعنا هذا، والتي ستكون حجر الأساس الذي يبنى عليه المشروع بالكامل.

2-1 تشريح العمود الفقري:

العمود الفقري عبارة عن هيكل عظمي في منتصف الظهر يمتد من الجمجمة إلى الحوض ويتكون عادة من 33 فقرة وهي مقسمة إلى مقاطع: 7 فقرات عنقية و 12 فقرة صدرية و 5 فقرات قطنية و 5 فقرات عجزية و 4 فقرات عصبية كما يبين الشكل (2-1) حيث تلتحم الفقرات العجزية والعصبية معاً لتكوين عظم متصل يسمى عظم العجز والعصعص.

ترتكز هذه الدراسة على العمود الفقري في منطقة الفقرات القطنية في منطقة أسفل الظهر ويتكون من خمس فقرات تسمى (L1-L5) يتم ربط الفقرات محورياً عن طريق الأقراص بين الفقرية التي توفر الاستقرار والمرونة للعمود الفقري بالإضافة لذلك يتم تثبيت العمود الفقري بواسطة الأربطة و العضلات و الحبل الشوكي و الجذور العصبية التي تمر عبر تجويف طولي يسمى القناة الشوكية (مأخوذة من المرجعين رقم 1 و 2) .



1-1-2 اقسام فقرات العمود الفقري:

يقسم العمود الفقري إلى خمس أقسام بناء على تركيب كل قسم منها وفيما يلي سنوضح هذه الأقسام:

1- الفقرات الرقبية: هي سبع فقرات تقع في بداية العمود الفقري من الأعلى تبدأ من الفقرة الأولى

المعروفة بـ "الأطلس" ومن ثم فقرة "المحور" متبوعة بالفقرات الخمس الباقية، تتميز الفقرات الرقبية

باحتوائها على التراكيب التالية:

- النتوء الشوكي المشقوق.

- الثقب المستعرض.

- الثقب الفقري المثلث.

2- الفقرات الظهرية: تحمل الفقرات الظهرية اضلاع الصدر وهي اثنا عشر فقرة تلي الفقرات الرقبية في

منطقة ما قبل العجز وتكون مقعرة للأمام وترقم بأرقام من 1 إلى 12.

3- الفقرات القطنية: تقع الفقرات القطنية بين منطقة الظهر والعجز، تتميز بجسم يشبه الكلية وصفائح

قصيرة وسميكة، وهي عبارة عن خمس فقرات مقعرة إلى الوراء متبوعة بأرقام من 1 إلى 5.

4- الفقرات العجزية: هي خمس فقرات ملتحمة معاً لتشكل تركيباً شبيهاً بالمثلث وله قمة وقاعدة حيث

تكون القمة أحيانا ملتحمة مع فقرات العصعص.

5- العصعص: يقع في نهاية العمود الفقري بعد العجز ويتكون من 4 فقرات يصل بينها أقراص هلامية،

يعمل العصعص كنقطة وصل بين بعض عضلات قاع الحوض وكذلك يساعد في عملية توازن

الجسم اثناء الجلوس (مأخوذة من المرجع رقم 4).

2-1-2 تركيب فقرات العمود الفقري:

تتكون فقرات العمود الفقري من جزئين أساسيين على النحو التالي:

1- الجسم الفقري الأمامي: يتكون الجسم من مادة اسفنجية عظمية ونخاع أحمر محاطة من الحواشي

العلوية و السفلية بحلقة من الصفائح العظمية المضغوطة ويمثل الجزء الامامي من الفقرة ويكون

حجمه أكبر كلما اتجهنا إلى الأسفل من العمود الفقري، وذلك لأن الجسم الفقري مسؤول عن حمل

الثقل وبالتالي يحتاج قوة أكبر لحمل الثقل المتزايد إلى الجزء السفلي من الجسم.

2- القوس الفقري الخلفي: هو الجزء الخلفي من الفقرة ويتكون من نتوءات عظمية تتصل بها العضلات

والأربطة والمفاصل تقسم هذه النتوءات العظمية إلى خمس اقسام كما يلي:

(1) النتوء الشوكي.

(2) النتوء العرضي.

(3) العنق.

(4) الصفيحة.

(5) النتوء المفصلي.

يتم فصل الفقرات عن بعضها البعض بواسطة الأقراص بين الفقرية، وهذه الأقراص مصنوعة من الياف الكولاجين والغضاريف، حيث انها توفر امتصاص الصدمات للفقرات، وكل زوج من الفقرات يخلق وحدة متحركة (مأخوذة من المرجع رقم 4).

2-1-3 النخاع الشوكي ووظائفه:

يمتد الحبل الشوكي داخل القناة الفقرية التي تتكون من الأجزاء الخلفية للفقرات. يتفرع واحد وثلاثون زوجاً من الأعصاب من الحبل الشوكي من خلال الفقرات، تحمل الرسائل بين الدماغ وكل جزء من الجسم. يعتبر الحبل الشوكي عبارة عن أسطوانة طويلة تتكون من الأعصاب التي تمتد من قاعدة الدماغ عبر قناة العمود الفقري، ويعد الحبل الشوكي جزء من الجهاز العصبي المركزي في الدماغ.

ينقسم الحبل الشوكي إلى شرائح مختلفة، حيث يحتوي كل جزء على جذور وزوج من الألياف العصبية. ويصل طول الحبل الشوكي إلى حوالي 45 سم وقطره 1 سم عند البالغين. ويمتلك الحبل الشوكي العديد من الوظائف المهمة في الجسم (مأخوذة من المرجع رقم 4).

هناك ثلاث طبقات تحمي النخاع ويطلق على هذه الطبقات "السحايا" وهي كما يلي :

الأم: هذه هي الطبقة الخارجية من السحايا في الحبل الشوكي.

الفضاء فوق الجافية: تقع بين الجافية والفضاء العنكبوتية، حيث يمكن للأطباء إدخال مخدر موضعي للحد من الألم أثناء الولادة وبعض العمليات الجراحية.

الأم العنكبوتية: هي الطبقة الوسطى التي تغطي الحبل الشوكي.

الفضاء تحت العنكبوتية: يقع بين الأم العنكبوتية والأم الحنون، ويقع السائل الدماغي الشوكي في هذه الساحة.

الأم الحنون: الأم الحنون هي الطبقة التي تغطي مباشرة الحبل الشوكي

إذا اخذنا " شريحة " من الحبل الشوكي أفقياً فإنه سيرى منطقة دائرية في المنتصف مغطاة بطبقات واقية (السحايا) تمتد من هذه المنطقة الدائرية أعصاب تمتد من الحبل الشوكي لتوفير الإحساس إلى مناطق مختلفة في الجسم.

و تشمل المجالات الرئيسية للمقطع المستعرض للحبل الشوكي ما يلي: كما يبين الشكل (2-2)

1- المادة الرمادية (gray matter): هي المنطقة المظلمة على شكل فراشة من الحبل الشوكي المكونة من أجسام الخلايا العصبية.

2- المادة البيضاء (white matter): تحيط المادة البيضاء بالمادة الرمادية في الحبل الشوكي وتحتوي على خلايا مغلقة بالميلين (النخاعين) مما يجعل انتقال السيالة تتم بسرعة أكبر. الخلايا العصبية في المادة الرمادية ليست مغلقة بالميلين.

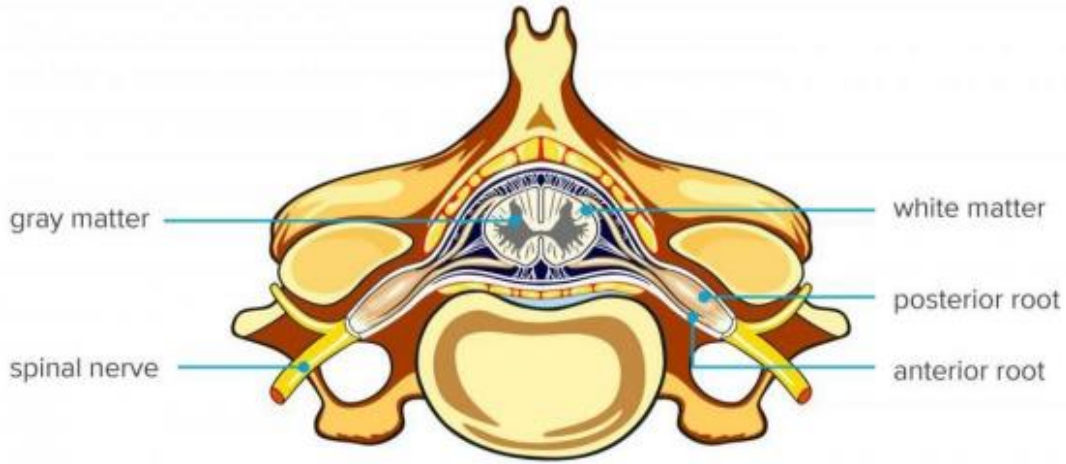
3- الجذر الخلفي (posterior root) : هو جزء من العصب الذي يتفرع من الجزء الخلفي للعمود الفقري، بالنظر إلى المقطع العرضي للنخاع الشوكي، تصل الأجنحة العليا للمادة الرمادية "الفراشة" إلى عظام العمود الفقري وتتجه الأجنحة نحو مقدمة الجسم وأعضائه الداخلية.

4- الجذر الأمامي (anterior root) : هو جزء من العصب الذي يتفرع من الجزء الأمامي من العمود الفقري.

5- العقدة الشوكية (spinal ganglion) : هي مجموعة من الأجسام العصبية التي تحتوي على الخلايا العصبية الحسية.

6- العصب الشوكي (spinal nerve) : تأتي الجذور الخلفية والأمامية معاً لخلق العصب الشوكي وتتحكم هذه الأعصاب في الإحساس في الجسم وكذلك الحركة وكما ذكرنا عددها 31 شغفاً.

Spinal Cord



الشكل (2-2) رسم تخطيطي يوضح المواقع التشريحية المختلفة لورم النخاع الشوكي (مأخوذة من المرجع رقم 5)

4-1-2 وظائف الحبل الشوكي:

1- الاتصالات الكهربائية: حيث يتم إجراء إشارات كهربائية إلى أعلى وأسفل الحبل الشوكي، وبالتالي

يسمح بالاتصال بين الأجزاء المختلفة من الجسم والدماغ حيث يمر عبر مستويات مختلفة من

الجذع .

2- المشي والحركة: يتم تنسيق العديد من الحركات العضلية في الساقين أثناء الحركة.

3- ردود الفعل: وهي استجابة لا إرادية يمكن التنبؤ بها من خلال المنبهات التي تشمل الدماغ، والحبل

الشوكي، والأعصاب، والجهاز العصبي المحيطي (مأخوذة من المرجع رقم 4).

2-1-5 أجزاء الحبل الشوكي:

يعتبر الحبل الشوكي وحدة واحدة، حيث يقوم باستقبال وإرسال الإشارات من وإلى الدماغ وإلى بقية أجزاء الجسم فهو صلة الوصل ما بين الدماغ والجسم. يتكون الحبل الشوكي من مجموعة من الأجزاء الفرعية المحددة حيث يحتوي كل منها على وظيفته الخاصة.

يتكون الحبل الشوكي من عدة أجزاء:

- 1- الحبل الشوكي العنقي: حيث يمتد على طول الفقرات الرقبية السبعة الأولى ويلعب دوراً مهماً في الوظائف الحرجة مثل التنفس وحركة الجذع العلوية، وبالتالي في حال إصابة هذه المنطقة قد يعاني الشخص من الشلل الرباعي، وقد تكون في بعض الأحيان قاتلة.
- 2- الحبل الشوكي الصدري: يمتد على طول وبداخل الفقرات الصدرية الـ 12 ويساعد الحبل الشوكي الصدري في تنسيق الحركة في الجزء السفلي من الجسم.
- 3- الحبل الشوكي القطني: يكون بداخل وعلى امتداد الفقرات القطنية الخمسة، حيث ينسق الحبل الشوكي القطني الأحاسيس في المناطق السفلية من الجسم، وفي حال إصابة هذه المنطقة قد تؤثر على المثانة والوظائف الجنسية.
- 4- الحبل الشوكي العجزي: يمتد بداخل الفقرات العجزية، وتعد مسؤولة عن الألم المزمن.
- 5- العصعص: وهي عظمة الذيل وتتكون من 3 إلى 5 عظام مميزة يتم ضمها مع بعضها البعض.

2-2 الأقراص الفقرية:

هي الهياكل الموجودة بين فقرات العمود الفقري وتعمل على امتصاص وتوزيع الضغط والتحميل على العمود الفقري، وتتكون الأقراص الفقرية من مكونات مختلفة وتتميز بسماكات مختلفة في الأجزاء المختلفة من العمود الفقري، علاوة على ذلك تقوم بربط وإمساك أسطح الفقرات.

مكونات الأقراص الفقرية:

يتكون كل قرص بين الفقرات من عنصرين رئيسيين: النواة اللبية (هيدروجيل) في وسط القرص والحلقة الليفية وهي حلقة كولاجينية تحيط بالنواة.

- تتكون النواة اللبية بشكل أساسي من الماء والبروتيوغليكان وجزيئات الكولاجين، يمثل الماء أكثر من 80% من وزن النواة عند الأطفال والشباب.

البروتيوغليكان هي الجزيئات الكبيرة المسؤولة عن الجذب والاحتفاظ بالماء وبالتالي الحفاظ على رطوبة النواة اللبية.

- تتكون الحلقة الليفية من كولاجينية متعددة متحدة المركز وهي طبقات تسمى الصفائح التي تحيط بالنواة.

تتكون هذه الصفائح من ألياف الكولاجين التي تتحاز في اتجاهات متناوبة والمكون الأساسي للحلقة هو أيضًا الماء، ولكن بتركيز أقل من نواة القرص (60-70%). من ناحية أخرى، الحلقة لديها أعلى تركيز للكولاجين (حوالي 50% من الوزن جاف) وهو المسؤول عن قوة القرص.

- تعمل النواة والحلقة معا كوحدة وظيفية بالتساوي على توزيع الحمل الانضغاطي لوزن الجسم، ومقاومة الشد والأحمال الناتجة عن تمديد الانتشاء والدوران ومع شيخوخة القرص الفقري الذي يخضع لتغيرات في تكوينه وهيكله والتي تؤثر بشكل كبير على وظائفها (مأخوذة من المرجع رقم 4).

2-3 أمراض العمود الفقري

2-3-1 تنكس القرص الفقري:

تم تعريف تنكس القرص الفقري مؤخراً على أنه "خلية شاذة الاستجابة للفشل الهيكلي التدريجي". تتضمن العملية التنكسية جفاف نواة القرص وإضعافه من الحلقة، ينتج عن هذا انخفاض قدرة تحمل الأحمال وامتصاص الصدمات وبالتالي تقليل وظائف القرص (مأخوذة من المرجع رقم 6).

2.3.2 المسببات:

لقد تغير مفهوم تنكس القرص ومسبباته بشكل كبير خلال العقد الماضي، في الماضي بسبب الإصابات الجسدية تم البحث عن التحميل باعتباره الأسباب الرئيسية لتنكس القرص. ومع ذلك، فإن أحدث الدراسات حول تأثير التأثيرات الجينية على تطور تنكس القرص أثبتت أن الوراثة تلعب دوراً رئيسياً فيه. بالإضافة إلى ذلك، أصبح من الواضح أن التغيرات التنكسية هي جزء من الشيخوخة وهي عملية تظهر التغيرات التنكسية في وقت مبكر من العقد الثاني من الحياة، حيث أن 20 % من المراهقين لديهم علامات خفيفة من علامات تنكس القرص و يزداد التنكس بشكل حاد مع تقدم العمر و 60 % من جميع الأقراص تدهورت في سن ال 70 (مأخوذة من المراجع رقم 7 و 8 و 9 و 10).

2-3-3 التعديلات البيوكيميائية:

تبدأ العملية التكتسية عندما يقوم الهدم بتخريب توليف بروتينات المصفوفة علاوة على ذلك، إن تجزئة البروتيوليكان إلى شظايا أصغر تؤدي إلى إمكانية تسريبها من أنسجة القرص.

إن محتوى القرص من البروتيوليكان هو التغيير الأكثر أهمية الذي يسببها تنكس القرص الفقري لأنه يؤثر بشكل مباشر على قدرة القرص على الاحتفاظ بالماء (مأخوذة من المراجع رقم 6 و 9)

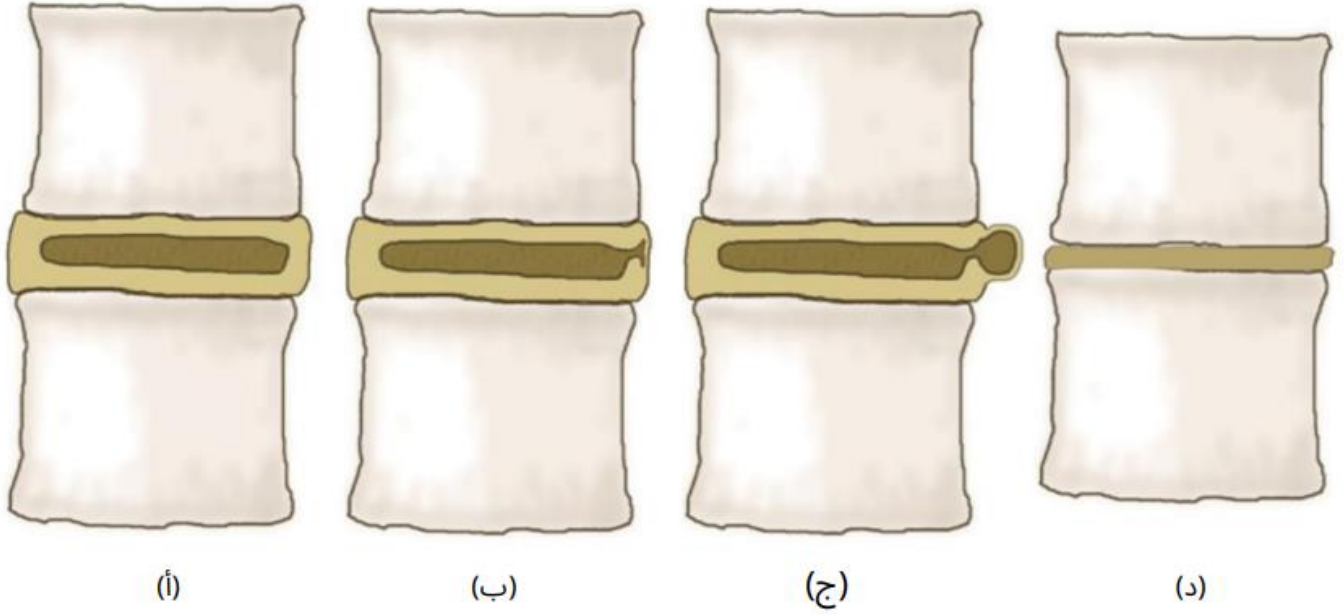
2-3-4 أنواع تنكس القرص:

وفقا لإرشادات مشروع التسميات، فإن مصطلح ما بين الفقرات يتضمن تنكس القرص أيا أو كل ما يلي:
"حقيقي أو ظاهر الجفاف - التليف - تضيق مساحة القرص - انتفاخ منتشر من الحلقة خارج مساحة القرص - تشقق واسع النطاق (أي تمزقات حلقة عديدة) - تنكس الغشاء المخاطي للحلقة - عيوب وتصلب الصفائح الطرفية والعظمية عند النتوءات الفقرية.

ترتبط هذه التعديلات في أنسجة القرص بالتغيرات الكيميائية الحيوية حيث أن فقدان محتوى البروتيوليكان، يؤدي إلى ظهور قرص الجفاف الذي يسبب انكماش النواة. وهذا يؤدي إلى تضيق نطاق مساحة القرص وانتفاخ الحلقة.

في نفس الوقت الجفاف الحلقي يجعل الأنسجة أكثر صلابة وأضعف، الحلقة تتعدى تدريجيا على النواة مما يؤدي إلى فقدان تمييز النواة والحلقة ويصبح القرص أقل مرونة وبالتالي أكثر عرضة للتشقق يوضح الشكل (2-3) بعض المورفولوجية الأكثر شيوعا للتعديلات المتعلقة بتنكس القرص.

(مأخوذة من المراجع 6 و 11 و 12 و 13 و 14).



الشكل (3-2) تمثيل تخطيطي لتخفيضات القرص المتوسطة التي توضح التعديلات المورفولوجية الأكثر شيوعاً التي تؤثر على الأقراص الفقرية: (أ) الحالة العادية، (ب) تمزق حلقي، (ج) فتق القرص و (د) تضيق مساحة القرص

هذه التغيرات المرئية هي مظاهر التشويه المعماري وال فشل الهيكلي للقرص الفقري.

وإن تضيق القرص هو نتيجة مباشرة للجفاف، وزيادة حجم النواة تؤدي إلى انتفاخ القرص والذي يؤدي إلى

إزاحة واسعة من مادة القرص تغطي 50-100 % من محيطه.

في حين أن فتق القرص كما هو محدد من قبل مشروع التسميات هو إزاحة موضعية لمواد القرص خارج

حدود مساحة القرص الفقري.

أخيراً، من وجهة نظر وظيفية، يؤثر الجفاف سلباً على قدرة القرص على تحمل الأحمال الانضغاطية

ويصبح القرص أكثر صلابة وتقل قدرته على امتصاص الصدمات.

يؤدي تضيق مساحة القرص إلى التقليل من المساحة بين الأقواس العصبية المجاورة حيث أن النسبة الأكبر من الحمل الانضغاطي تحتاج إلى أن تؤخذ من قبل الأقواس وهذا يرتبط مع هشاشة العظام في المفاصل.

بالإضافة إلى ذلك، فإن تغيير توزيع الإجهاد يؤدي إلى تكوين نتوءات عظمية تسمى النتبات العظمية حول هوامش الأجسام الفقرية.

علاوة على ذلك، يمكن أن يتسبب فتق القرص القطني في ضغط جذور الأعصاب مما يؤدي إلى ألم يمتد إلى الأطراف السفلية.

2-3-5 تنكس القرص وآلام أسفل الظهر:

تعتبر اثار تنكس القرص من الأسباب الرئيسية لآلام أسفل الظهر وتظهر الدراسات العلاقات المتعددة بين النتائج التنكسية، مثل: تضيق مساحة القرص - فتق القرص والتغيرات الطفيفة في الفقرات المجاورة - وحدوث آلام أسفل الظهر من وجهة نظر سريرية.

تعتبر العملية التنكسية مسؤولة عن أكثر من 90 % من العمليات الجراحية للعمود الفقري. ومع ذلك، هذا لا يعني أن تنكس القرص هو مؤشر على الألم، أو أنه يتطلب العلاج. على العكس من ذلك، فإن العديد من النتائج التنكسية الشائعة بين الأفراد لا تظهر عليهم أعراض.

بالنظر إلى الاقتصادية الاجتماعية، وصفت آلام أسفل الظهر بأنها "مشكلة صحية عامة رئيسية في المجتمعات الصناعية الغربية" بحيث يؤثر على نسبة كبيرة من السكان ويفرض عبء اقتصادي هائل بسبب تكاليف علاج المرضى وانخفاض الإنتاجية (مأخوذة من المراجع 9 و 15 و 16 و 17 و 18).

2-3-6 العلاج:

في الوقت الحالي يهدف علاج تنكس القرص إلى تقليل الألم وعكس الإعاقة، حيث أن علاج تنكس القرص هو علاج محافظ وملطف. وتشمل خيارات العلاج الممكنة: استخدام الأدوية المسكنة والمضادة للالتهابات، وممارسة تمارين لتعزيز عضلات الظهر. وعلاوة على ذلك، توصي المبادئ التوجيهية الحالية بالنشاط وتثبيط الراحة في الفراش في الحالات التي يكون فيها العلاج المحافظ غير فعال، وعندما يكون هناك ألم شديد يرافقه استمرار بالأعراض عصبية يوصى بالجراحة أسفل الظهر.

تشمل الخيارات الجراحية: تخفيف الضغط عن العمود الفقري، اندماج العمود الفقري واستبدال القرص الكلي. لقد ثبت أن الجراحة تحسن نتائج المرضى، ولكن ينصح فقط لعدد قليل من المرضى لأن غالبية الحالات تتحسن مع العلاج المحافظ.

إن عيب الإجراءات الجراحية هي أنها تغير الميكانيكية الحيوية للعمود الفقري.

تهدف طرق العلاج الجديدة مثل عامل النمو والعلاج الجيني إلى إصلاح القرص الفقري، بدلا من التعامل مع أعراضه فقط.

يعمل علاج عامل النمو على تعديل نشاط خلايا القرص الفقري، وإن عوامل النمو هي البروتينات التي عند حقنها في القرص الفقري يمكن أن تحفز زيادة في تخليق البروتينوغليكان. ومع ذلك، فإن هذا العلاج هو على المدى القصير فقط لأن مستويات عامل النمو في القرص تنخفض بمرور الوقت.

يمكن أن يوفر العلاج الجيني اليدوي من ناحية حلاً أكثر استدامة حيث أن العلاج الجيني ينطوي على نقل المواد الوراثية المسؤولة عن إنتاج النمو الذي هو عامل الاهتمام في الخلايا المستهدفة. وبالتالي يتم زرع هذه الخلايا في القرص، وإنتاج عوامل النمو وزيادة تخليق البروتينوغليكان.

حالياً، هذه الأساليب تجريبية ولديها الكثير من العوائق يجب التغلب عليها قبل استخدامها في الممارسة السريرية. قد يكون العلاج المحدد حالياً بعيد المنال، ومع ذلك، فإن هذه الأساليب تحمل إمكانات جيدة لتصبح العلاجات المستقبلية لتتكس القرص (مأخوذة من المراجع 19 و 20 و 21).

2-4 التصوير السريري للعمود الفقري القطني :

2-4-1 مقدمة:

يتضمن تشخيص تنكس القرص كشفاً سريرياً وتصويراً للعمود الفقري، ويتم استخدام مجموعة متنوعة من طرق التصوير، مثل الأشعة السينية والتصوير المقطعي المحوسب (CT) والتصوير بالرنين المغناطيسي (MRI).

وتشمل مناهج التصوير الإضافية تصوير النخاع والأقراص بالإضافة إلى الأشعة السينية أو التصوير المقطعي.

ويقدم هذا القسم ملخصاً موجزاً لأنواع تصوير تنكس القرص ويناقش مزاياها ونقاط ضعفها (مأخوذة من المرجع 13).

2-4-2 الصور الشعاعية البسيطة:

في الصور الشعاعية العادية، لا يحتوي القرص الفقري على كثافة بصرية ظاهرة بسبب طبيعة الأنسجة الرخوة، وبالتالي لا يمكن تصويرها بشكل مباشر. ومع ذلك، فإن الأجسام الفقرية المجاورة توفر معلومات غير مباشرة عن أنسجة القرص. على وجه التحديد، تُستخدم



الصور الشعاعية العادية لتقييم مجموعة متنوعة من الحالات المتعلقة بتدهور القرص مثل تضيق مساحة القرص، وتصلب الصفيحة الطرفية، وتطور الخلايا العظمية على الفقرات المجاورة.

تم البحث عن تضيق مساحة القرص كمؤشر جيد على تقدم تنكس القرص. ومع ذلك، فقد تم التشكيك في صحتها من الدراسات التي أظهرت أن مساحة القرص أضيق عند الشباب من الرجال في منتصف العمر.

(مأخوذة من المراجع 13 و 22 و 23 و 24).

يقدم الشكل (2-4) صورة شعاعية جانبية للعمود الفقري القطني واسعة النطاق (مأخوذة من مرجع رقم 3).

2-4-3 التصوير المقطعي:

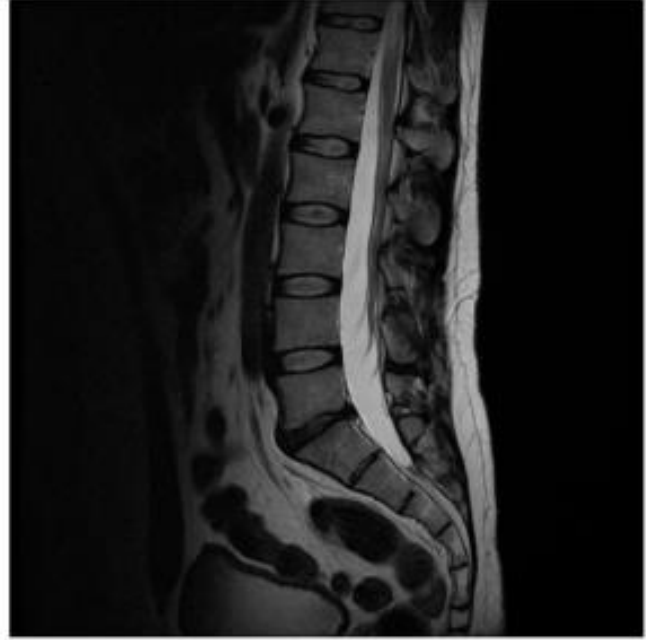
يوفر التصوير المقطعي المحوسب تصورًا ممتازًا لفقرات العمود الفقري، كما أنه يصور أيضًا الأقراص الفقرية. في التصوير المقطعي المحوسب للعمود الفقري، تظهر الحلقة الخارجية للقرص أكثر كثافة قليلاً من النواة والحلقة الداخلية على الأرجح بسبب محتواها العالي من الكولاجين. النتائج التنكسية الموضحة في التصوير المقطعي المحوسب هي: تضيق مساحة القرص، الانتفاخ، الانفتاق، التكلس، ظاهرة الفراغ. يوفر التصوير المقطعي المحوسب تصورًا جيدًا لفتق القرص كما هو موضح في الشكل (2-5)، وبما أنها طريقة تصوير حجمية، فإنها تسمح بتصوير العمود الفقري في أي مستوى.

يعد التصوير المقطعي المحوسب للعمود الفقري طريقة سريعة وغير جراحية لتصوير العمود الفقري بتقنية ثلاثية الأبعاد. على الرغم من أنه يتم استخدامه بشكل أقل في الوقت الحاضر بسبب التقدم في التصوير بالرنين المغناطيسي، إلا أنه لا يزال يلعب دورًا مهمًا في تقييم مرض القرص. يعد التصوير المقطعي المحوسب مفيدًا بشكل خاص لتصوير المرضى الذين لا يمكنهم إجراء فحص بالرنين المغناطيسي مثل المرضى الذين يعانون من رهاب الأماكن المغلقة أو الغرسات أو أجهزة تنظيم ضربات القلب.

(مأخوذة من المرجع رقم 13).



(أ)



(ب)

الشكل (6-2) أمثلة على (أ) T1 المرجحة

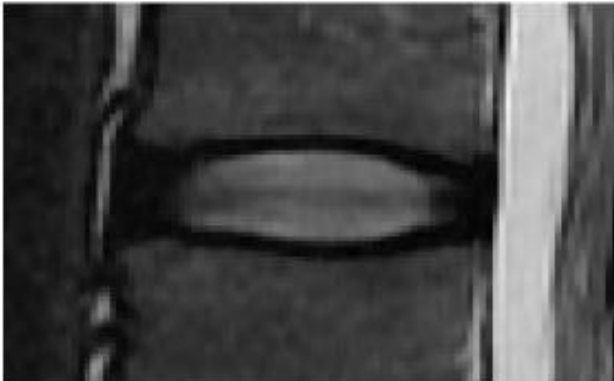
و(ب) MR Midsagittal الصور المرجحة T2 للعمود الفقري القطني

يوضح الشكل (6-2) صورتين لمنتصف المستوي السهمي للعمود الفقري القطني. تُظهر الصور الموزونة T1 شدة إشارة منخفضة من السائل الدماغي الشوكي (CSF) والعظم القشري وشدة إشارة عالية من نخاع العظم.

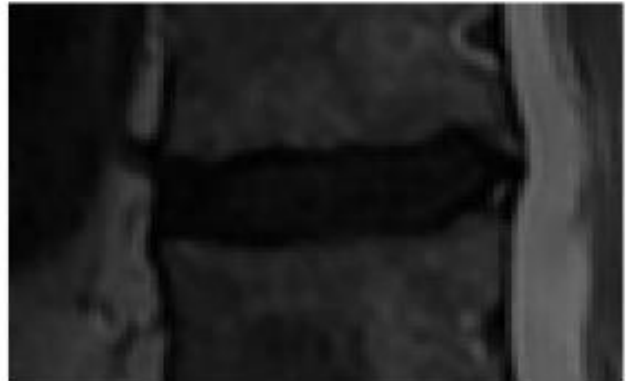
الشكل (7-2) أمثلة على (أ) قرص طبيعي و (ب) قرص فقري متدهور كما هو موضح في صور

MR الموزونة T2.

(أ)



(ب)



(الشكل 2-7) يصور بوضوح تشريح العمود الفقري وتستخدم لفحص الأجسام الفقرية. من ناحية أخرى، تُظهر الصور الموزونة T2 إشارة لكثافة عالية من الهياكل ذات المحتوى المائي العالي مثل CSF ونواة القرص. تُستخدم الصور المرجحة T2 لفحص الأقراص الفقرية وتقييم سلامتها الهيكلية. علاوة على ذلك، يتم استخدامها بشكل شائع لتصنيف القرص وفقًا لشدة التتسكس. في الصور السهمية T2، يظهر القرص الفقري الطبيعي على شكل قطع ناقص ساطع للنواة محاطة بحلقة داكنة الحلقة، بينما تظهر الألواح والأربطة الطرفية أيضًا بشكل داكن كما هو موضح في (الشكل 2-7) بالنظر بمزيد من التفاصيل إلى المسار الطبيعي لتتسكس القرص، يكون القرص الصحي الشاب رطبًا جيدًا ويظهر بنواة متجانسة لامعة في التصوير بالرنين المغناطيسي.

يؤدي التحول الليفي لمصفوفة النواة إلى شق داخل النواة يظهر على شكل شريط مظلم في الصور الموزونة على شكل T2. يتضمن التتسكس التدريجي مزيدًا من الجفاف للقرص وتؤدي الحلقة إلى النواة. يبدو القرص المنحل أغمق لأن الجفاف يؤدي إلى انخفاض شدة الإشارة كما هو موضح في (الشكل 2-7). يظهر تلف اللوحة الطرفية بوضوح في التصوير بالرنين المغناطيسي، بينما يسمح التصوير الممتاز لفتق القرص وانتفاخه بالتشخيص الدقيق لهذه الحالات. علاوة على ذلك، يمكن أن يُظهر التصوير بالرنين المغناطيسي تغييرات في الصفيحة الطرفية للفقرات (تُعرف أيضًا باسم تغييرات Modic) والتي تتعلق بالتشقق وتعطل الصفائح الطرفية، فضلاً عن تتسكس نخاع العظم.

هذه في الواقع هي الطريقة الوحيدة التي تصور تغييرات معتدلة والتي تعد مؤشرًا مفيدًا لآلام أسفل الظهر. على الرغم من أن التصوير بالرنين المغناطيسي يوفر تصويرًا دقيقًا لمورفولوجيا القرص، إلا أن قيمته في

تشخيص آلام أسفل الظهر محدودة بخصوصية منخفضة. ويرجع ذلك إلى ارتفاع معدل انتشار النتائج التنكسية مثل الجفاف والتشقق والانتفاخ في الأفراد الذين لا يعانون من أعراض. وبالتالي، يجب تقييم نتائج التصوير بالرنين المغناطيسي جنبًا إلى جنب مع الأعراض السريرية للمرضى، لتجنب الإفراط في العلاج. وينطبق الشيء نفسه على التصوير المقطعي والأشعة السينية للعمود الفقري. ومع ذلك، هناك اكتشافات محددة للتصوير بالرنين المغناطيسي، مثل سحب القرص وتغيرات طفيفة نادرة بين الأفراد الذين لا يعانون من أعراض ترتبط بشدة بالآلم أسفل الظهر (مأخوذة من المراجع رقم 13 و 15).

ومن عيوب التصوير بالرنين المغناطيسي أيضا هو تكلفته العالية نسبياً.

سنعتمد في مشروعنا على حالات ملتقطة عن طريق الرنين المغناطيسي (MRI)

2-5 جهاز الرنين المغناطيسي :

2-5-1 تاريخ ظهور جهاز الرنين المغناطيسي:

كان أول ظهور للتصوير بتقنية الرنين المغناطيسي خلال عام 1946م، فقد قام كلٌّ من العالمين الفيزيائيين فيليكس بلوخ (Felix Bloch) وإدوارد بورسيل (Edward Purcell) بشكل منفرد باكتشاف ظاهرة الرنين المغناطيسي، ومن تلك الفترة حتى السبعينيات انحصر استخدام الرنين المغناطيسي في التحليلات الكيميائية والفيزيائية إلى أن قام الطبيب والعالم بالفيزياء ريمون دماديان (Rymond Damadian) سنة 1971م بإثبات أن استخدام المجال المغناطيسي في تشخيص أورام الأنسجة أفضل من استخدامه لإجراء الدراسات على الأمراض الذي كان يسعى العلماء لإنجازها، ومع تطوّر علم الكمبيوتر سنة 1973م أصبح من الممكن تطوير تكنولوجيا تصوير الرنين المغناطيسي، وبقيت هذه التقنية في مسار التطوّر على مدار 20 عامًا حتى

يومنا هذا، ويجدر بالذكر أنّ كلا العالمين فيليكس بلوخ و إدوارد بورسيل قد حصلا على جائزة نوبل عن اكتشافهما لظاهرة الرنين المغناطيسي عام 1952م (مأخوذة من موقع انترنت رقم 1).

2-5-2 مبدأ عمل الجهاز:

يتم إنتاج صور للهيكل العظمي الجسم باستخدام تقنية تشمل الأشعة المغناطيسية، والأمواج الراديوية، بالإضافة لجهاز كمبيوتر، حيث يُطلق عليها التصوير بالرنين المغناطيسي

(Magnetic Resonance Imaging – MRI)، أما الجهاز المُستخدم في هذه التقنية فهو عبارة عن أنبوب يتم إدخال المريض على سرير متحرك إلى داخله ويُحيط بالأنبوب مغناطيس دائري عملاق لإنشاء حقل مغناطيسي قوي، مما يؤدي إلى تراص بروتونات الهيدروجين في جسم الإنسان، ثم دورانها بعد تعرضها للموجات الراديوية، فتنتج عنها إشارة خافتة يتلقاها الماسح لإنتاج صورة للجسم، كما يمكن استخدام الجادولينيوم كعامل تباين لزيادة دقة الصورة، يُمكن إنتاج صورة ثلاثية الأبعاد باستخدام أشعة الرنين المغناطيسي، وذلك باستخدام حقول إضافية، إذ يوجد عدّة أشكال من أشعة الرنين المغناطيسي.

فيما يلي الأشكال الأكثر شيوعاً:

- الرنين المغناطيس بالانتشار (Diffusion MRI): عُرف هذا الشكل قبل حوالي 15 إلى 20 سنة، ويعتمد مبدأ عمله على كيفية انتشار جزيئات الماء خلال أنسجة الجسم، فبعض الأمراض كالأورام، والسكتة الدماغية قد تُقلل من انتشارها، ولذلك يُمكن تشخيصها بهذه الطريقة.

- الرنين المغناطيسي الوظيفي (Functional MRI): تكمن أهميته في علم الأعصاب وخاصة الدماغ، فهو يصوّر النشاط الوظيفي للدماغ بقياس تدفق الدم إلى أجزائه المختلفة، وذلك لمراقبة الدماغ وتقييم بعض الأضرار التي قد تُصيبه كمرض الزهايمر، أو إصابات الرأس.

(مأخوذة من موقع انترنت رقم 1).

2-5-3 استخدامات أشعة الرنين المغناطيسي:

يتم التوسّع في استخدام تقنية أشعة الرنين المغناطيسي بمرور الوقت، لاستخدامها في الكشف عن العديد من الأمراض، منها:

- 1- حالات الشذوذ في الدماغ والحبل الشوكي.
- 2- حالات الشذوذ في مناطق مختلفة من الجسم، كالأورام، والخُرَاجات.
- 3- فحص سرطان الثدي، وخاصة النساء المُعرّضات للإصابة به بنسبة عالية.
- 4- إصابات أو تشوّهات المفاصل كالظهر، والركبة.
- 5- أنواع محددة من مشاكل القلب.
- 6- أمراض الأعضاء الموجودة في البطن مثل: أمراض الكبد.
- 7- الأورام الليفية، وبطانة الرحم، وغيرها من مشاكل آلام الحوض عند النساء.
- 8- تقييم حالات العقم عند النساء، عن طريق الكشف عن الشذوذ في الرحم.
- 9- حالات فتق النواة اللبية.

(مأخوذة من موقع انترنت رقم 1).

2-5-4 خطوات فحص MRI :

يطلب من الشخص قبل البدء بإجراء اختبار التصوير بالرنين المغناطيسي إزالة جميع القطع المعدنية التي يرتديها، مثل: الأكسسوارات، والمعادن التي تتواجد ضمن الملابس، لذلك في بعض الحالات قد يُطلب من الشخص لبس ثوب مخصّص للتصوير كما أنّ الأشخاص الذين تحتوي أجسامهم على أحد الأجهزة الطبية أو المعادن، مثل منظم نبضات القلب الاصطناعي (Pacemaker)، والقوقعة المزروعة، لا يستطيعون القيام باختبار التصوير بالرنين المغناطيسي، وتجدر الإشارة إلى أنّ بعض الحالات تتطلب تحسين جودة الصورة الصادرة عن الجهاز، ويتمّ ذلك بحقن الشخص بمادة صبغية محدّدة، كما يتمّ وضع سدّادات أو سماعات للأذن لإخفاء صوت الجهاز المرتفع، و بعد بدء عمل الجهاز يُطلب من الشخص الثبات وعدم القيام بأيّ حركة؛ لأنّ ذلك قد يؤثر في نتيجة التصوير، كما قد تحتاج بعض أنواع التصوير إلى امتناع الشخص عن التنفّس لبضع الوقت، وفي حال الشعور بعدم الراحة يمكن التواصل مع فني التصوير وطلب إيقاف الجهاز، وبعد الانتهاء من التصوير يتمّ إرسال النتائج إلى أخصائي الأشعة، وذلك لكاتبة تقرير عن الصورة بناءً على حالة الشخص الصحيّة، وإرساله إلى الطبيب المختص (مأخوذة من موقع انترنت رقم 1).

2-5-5 تطور أجهزة فحص MRI :

يتمّ في الوقت الحالي العمل على تطوير أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي لتصبح أصغر حجماً، وقد تصبح قابلة للحمل، وتساعد هذه الأجهزة الجديدة على زيادة كفاءة الكشف عن الإصابة بالأورام والعدوى في الأنسجة الرخوية أو اللينة (Soft tissues) في الركبتين، والمرفقين، والقدمين، ومن الجدير بالذكر أنّ بعض هذه الأجهزة يتمّ اختبارها حالياً للبدء في استخدامه طبياً خلال الفترة القادمة (مأخوذة من موقع انترنت رقم 1).

الفصل الثالث

دراسات سابقة

الفصل الثالث

دراسات سابقة

1-3 دراسة Pyeoungkee *et al.*, 2023

Automatic Detection, Classification, and Grading of Lumbar Intervertebral Disc Degeneration Using an Artificial Neural Network Model

-الاكتشاف التلقائي وتصنيف تنكس القرص الفقري القطني باستخدام نموذج شبكة عصبية اصطناعية.

الهدف من الدراسة:

تمثل نماذج الذكاء الاصطناعي للتعلم العميق أداة محتملة لاكتشاف وتصوير تنكس القرص الفقري بسرعة وتلقائية. بحثت هذه الدراسة في استخدام الشبكات العصبية التلافيفية العميقة (CNNs) لاكتشاف وتصنيف تنكس القرص الفقري

طريقة العمل: تم الحصول على صور التصوير بالرنين المغناطيسي T2، ثم تحديد منطقة الاهتمام من قبل

أخصائي الأشعة، وتصنيف الصور بعد ذلك بناءً على نظام PFIRMANN بمساعدة أخصائي الأشعة.

ونظراً لحجم العينة الصغير نسبياً، لمنع زيادة الملاءمة، تم زيادة جميع الصور بشكل عشوائي باستخدام

حزمة Python، وهي حزمة برامج تركز على تقديم الوظائف التي يتم استخدامها بشكل متكرر في إنشاء

بيانات الصور للتعلم الآلي تم خلط الصور المجزأة عشوائياً للتدريب. احتوت مجموعة البيانات النهائية على

800 صورة بالرنين المغناطيسي في مجموعة بيانات التدريب (80%) و 200 صورة بالرنين المغناطيسي في

مجموعة بيانات الاختبار (20%). في كل مجموعة، تم تصنيف تنكس القرص بناءً على نظام تصنيف

Pfrrmann

النتيجة: قمنا بجمع مجموعة بيانات التدريب على التصوير بالرنين المغناطيسي للقرص الفقري القطني من مجموعة بيانات مفتوحة المصدر، والتي تضمنت ما مجموعه 1000 مستوى قرص من 515 مريضًا بالغًا. تم زيادة البيانات واستخدامها لتدريب النماذج وتقييمها

استنادًا إلى نظام تصنيف Pfrrmann، وجدت النتائج 220 حالة من الدرجة الأولى، و 530 من الدرجة الثانية، و 170 من الدرجة الثالثة، و 160 من الدرجة الرابعة، و 20 من الدرجة الخامسة.

3-2 دراسة Raja's et al., 2021

Automatic Diagnosis of Lumbar Disc Herniation with Shape and Appearance Features from MRI

التشخيص التلقائي لفتق القرص القطني باستخدام خصائص الشكل والمظهر من صور بالرنين المغناطيسي.

الهدف من الدراسة:

التشخيص الآلي للقرص الغضروفي بهدف تقليل العبء الكبير على اختصاصي الأشعة الذين يتعين عليهم تشخيص مئات الحالات كل يوم باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي.

طريقة العمل:

تعد خصائص الشكل هي العامل الرئيسي في الكشف عن الفتق بسبب التغيير الكبير في الشكل الناجم عنه. من ناحية أخرى، تكون مستويات إشارة الشدة للأقراص المنفتحة أقل من الأقراص العادية لأنه عندما يتسرب

اللب الداخلي (الفتق)، فإن محتويات الماء من ينتشر القرص على مساحة أكبر، ومع ذلك قد تشير المستويات المنخفضة من الشدة للقرص إلى تشوهات أخرى وبالتالي، فإننا نستخدم بشكل مشترك ميزات الشكل والمظهر لتحقيق أقصى قدر من الفعالية

النتيجة:

قام باستخدام 33 حالة تصوير بالرنين المغناطيسي في منطقة أسفل الظهر للتدريب واختبار نماذج المظهر والشكل. نحقق أكثر من 91% دقة في الكشف عن الانفتاق في تجربة التحقق المتبادل بخصوصية 91% وحساسية 94%.

3-3 دراسة Zobel et al., 2012

T₁ Magnetic Resonance Imaging Quantification of Early Lumbar Intervertebral Disc Degeneration in Healthy Young Adults

القياس T1 الكمي للتصوير بالرنين المغناطيسي لانحلال القرص الفقري القطني المبكر عند البالغين الأصحاء

الهدف من الدراسة:

تقييم تنكس القرص الفقري المبكر (IDD) الذي تم قياسه بواسطة التصوير بالرنين المغناطيسي T1 و T2 المرجح عند الشباب الذين لا يعانون من أعراض وربط قيمة T1 مع درجة Pfirrmann و الجنس و مؤشر كتلة الجسم (BMI).

طريقة العمل:

يبدأ القرص الفقري في وقت مبكر في التدهور بفقدان محتوى البروتيوغليكان في النواة اللبية
تم الحصول على صور مرجحة T1 و T2 للعمود الفقري القطني لـ 63 شخصًا بدون أعراض (34 رجلاً و
29 امرأة ؛ متوسط أعمارهم 23 سنة) من المرنان. تم الحصول على خرائط T1 والقيم في النواة اللبية
والحلقة الليفية (n = 315).

تم تقييم الدرجة التنكسية باستخدام صور T2 ، وفقاً لمقياس Pfirrmann. تم تحديد الفروق في قيمة T1
بين الجنسين (الذكور والإناث) ، ومؤشر كتلة الجسم ، وتحليلات الانحدار الخطي مع تحديد الدرجة التنكسية.

النتيجة:

كانت قيم T1 للأنوية اللبية أعلى بكثير من تلك الموجودة في الحلقة الليفية على جميع المستويات، وكانت
قيم T1 أقل بشكل ملحوظ عند النساء عند أقراص L3 - L4 و L4 - L5 ، انخفضت قيم T1 خطياً مع
الدرجة التنكسية. ومع ذلك، أظهرت الأقراص غير المتولدة (درجات 1 و 2 Pfirrmann) نطاقاً واسعاً من
وقت الاسترخاء T1. لم يلاحظ أي ارتباط كبير بين قيمة T1 ومؤشر كتلة الجسم.

3-4 دراسة R. Menezes-Reis et al., 2015

T1p and T2 Mapping of the Intervertebral Disk: Comparison of Different Methods of Segmentation

رسم خرائط T1p و T2 للقرص الفقري: مقارنة بين طرق مختلفة للتجزئة

الهدف من الدراسة:

يمكن الوصول إلى التركيب الكيميائي الحيوي للقرص الفقري في الجسم الحي عن طريق قياس الاسترخاء T1 و T2. لم نعر على دراسات في الأدبيات تقارن طرق التجزئة المختلفة لاستخراج البيانات باستخدام هذه التقنيات. كان هدفنا هو مقارنة طرق التجزئة اليدوية المختلفة المستخدمة لاستخراج أوقات الاسترخاء T1 و T2 للأقراص الفقرية من التصوير بالرنين المغناطيسي. تمت مقارنة سبع طرق مختلفة لتقنيات تجزئة القرص الجزئي مع تجزئة القرص بالكامل كمعيار مرجعي.

طريقة العمل:

تم إنشاء خرائط سهمية T1 و T2 باستخدام المرنان تم تحديد 57 متطوعًا بدون أعراض تتراوح أعمارهم بين 20 و 40 عامًا. تم فصل مائتين وخمسة وثمانين (258) قرصًا قطنيًا إلى مجموعتين: قرص سليم (Pfirrmann الدرجة الأولى والثانية) والقرص متضرر (Pfirrmann الدرجة الثالثة والرابعة). في تجزئة القرص بالكامل ، تم تجزئة القرص بالكامل في جميع الأقسام. تضمنت طرق التجزئة الجزئية للقرص تجزئة

القرص إلى أقسام 6 و 5 و 4 و 3 و 1 مقاطع سهمية. كما تم استخدام المنطقة الدائرية ذات الأهمية (ROI) المحددة في النواة اللبية والحلقة الليفية لاستخراج T1 و T2 ، وتمت مقارنة البيانات مع تجزئة القرص بالكامل.

النتيجة:

في مجموعة الأقراص السليمة، لم يُظهر تجزئة 5 أقسام سهمية أو أكثر أي فرق إحصائي مع تجزئة القرص بالكامل. أظهرت جميع طرق تجزئة القرص الجزئي المتبقية ومناطق الاهتمام الدائرية نتائج مختلفة من تجزئة القرص بالكامل. في مجموعة الأقراص المتدهورة، كانت جميع الطرق متشابهة إحصائياً لتجزئة القرص بالكامل. أظهرت جميع طرق التجزئة الجزئية، بما في ذلك ROIs الدائرية، ارتباطاً خطياً قوياً بتجزئة القرص بالكامل في كل من مجموعات الأقراص المتدهورة والسليمة.

الفصل الرابع

الجزء العملي

الفصل الرابع

الجزء العملي

1-4 الماتلاب :

يعتبر الماتلاب من أهم البرامج الرائدة في التطبيقات الهندسية والرياضية ومن أكثر البرامج المستخدمة من قبل المهندسين والعلماء في أنحاء العالم من إنتاج شركة mathworks , وهي لغة عالية الأداء للحوسبة التقنية. فهو يدمج الحساب والتصور والبرمجة في بيئة سهلة الاستخدام حيث يتم التعبير عن المشكلات والحلول في تدوين رياضي مألوف. تشمل الاستخدامات النموذجية ما يلي:

الرياضيات والحساب , تطوير الخوارزميات, النمذجة والمحاكاة والنماذج الأولية , تحليل البيانات والاستكشاف , الرسومات العلمية والهندسية , تطوير التطبيقات , بما في ذلك بناء واجهة المستخدم الرسومية.

ماتلاب هو نظام تفاعلي يكون عنصر بياناته الأساسي عبارة عن مصفوفة لا تتطلب أبعاد. يتيح لك ذلك حل العديد من مشكلات الحوسبة التقنية , خاصة تلك التي تحتوي على تركيبات المصفوفة والمتجهات , في جزء صغير من الوقت الذي ستستغرقه كتابة برنامج بلغة عددية غير تفاعلية مثل c أو فورتران (Fortran) , تطورت ماتلاب على مدى سنوات مع مدخلات من العديد من المستخدمين.

في البيئات الجامعية , هي الأداة التعليمية الأساسية للدورات التمهيديّة والمتقدمة في الرياضيات والهندسة والعلوم , وفي الصناعة , ماتلاب هي الأداة المفضلة للبحث والتطوير والتحليل عالي الإنتاجية.

تنقسم لقسمين: إضافات خاصه بماتلاب وإضافات خاصة بسميوليك الإضافات الخاصة بالماتلاب تُسمى صناديق العدة (Toolbox) هذه الصناديق تختلف عن بعضها البعض .

إذا لكل صندوق تخصص علمي تعالجه فهي تحوي بداخلها تعليمات برمجية تؤدي إلى حل المسائل العلمية في التخصص الذي أنشئت من أجله الأداة مثل أداة معالجة الصور فهي تعالج تخصص تحليل الصور وكتابة خوارزميات لترتيب البكسلات.

أما الإضافات الخاصة بسميوليك فهي تُسمى كُتل (block set) تقوم بتطبيق النظريات الفيزيائية أو الرياضية على نموذجك الذي أنشئته لتعطيك محاكاة لوضع هذا النموذج في حال تم خضوعه لهذه النظريات الفيزيائية أو الرياضية في الواقع الحقيقي.

كمثال في برنامج سميوليك كتله تحاكي الطائرات والسفن الفضائية وأنظمة الدفع تسمى (Aerospace Blockset) تستفيد الشركات المصنعة للطائرات من هذه الكتلة في إخضاع طائراتهم لعوامل جوية معينة كالضغط الجوي وتأثيره على هيكل الطائرة بشكل افتراضي ورؤية نتائج أداء طائراتهم على الحاسب بمساعده برنامج المحاكاة سميوليك. (موقع انترنت 2)

يستخدم الأطباء و المهندسون الطبيون أيضا هذا البرنامج في رسم الأحماض النووية التي يكون لها أشكال معقدة و متداخلة.

وايضا يسمح برنامج ماتلاب برسم أشكال ثلاثية الأبعاد بعد كتابة معادلاتها الرياضية قي نافذة معينة.

بعد رسم الأشكال يمكن تغيير لون و حجم الجسم المرسوم بواسطة شريط خاص للأدوات. عند رسم أشكال معقدة, يمكن جعل أجزاء معينة نصف شفافة حتى يستطيع المستخدم رؤية الأجزاء الأخرى التي تقع خلفها. يستخدم هذا البرنامج أيضاً في رسم الخطوط البيانية ثنائية الأبعاد و في حل المعادلات الرياضية الصعبة.

4-2 مدخل في معالجة الصورة : هي أحد أقسام علوم الحاسوب تعمل على تحسين ومعالجة

الصور وفق معايير محددة، من إزالة الشوائب أو تكبير الصورة أو تلوينها أو توضيح بعض الجوانب فيها أو غيرها من المهام التي تخدم تحسين الصور بالكامل لتسهيل استخدامها.

والجدير بالذكر أنها تستخدم في المجال الطبي بكثرة فنجد أن هناك صور للأجزاء الداخلية لجسم الإنسان والأعضاء والتمثيل البصري لمجموعة من الوظائف, ويتم مشاركته وإرسالها واستقبالها في الحقل الطبي.

وبدأت هذه التقنية في الظهور في الستينات، مع ظهور التصوير الطبي وتقنيات التعرف على الأحرف، وقد كان الهدف من معالجة الصور الرقمية في المجال الطبي في ذلك الحين هو تحسين الصور، بحيث يكون المدخل هو صورة ذات جودة منخفضة والناتج صور محسنة ذات جودة عالية.

معالجة الصور الرقمية تحوي الكثير من العمليات والخطوات التي تستخدم للتحسين من عرض الصور وتغيير ميزاتها ، منها تحويل صورة معينة إلى لون أبيض وأسود أو تقطيعها وتجزئتها لهيكل صغيرة.

تتضمن بعض الأساليب في معالجة الصور الرقمية في المجال الطبي جعل الصور الباهتة أكثر وضوحًا والتغيير في تكوينها لتسهيل نقلها وحفظها.

وتعتبر معالجة الصور الرقمية في المجال الطبي ذات مزايا كثيرة ، وهي أحد الأسباب التي أدت إلى تطوير المجال الطبي ، وليس ذلك فحسب فإن معالجة الصور الرقمية في المجال الطبي تتغلغل لتكون أحد الأدوات التحليلية التي تتعرف من خلالها الأجهزة الطبية على الصور مثل جهاز التصوير المقطعي المحوسب (CT) أو جهاز التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) (موقع انترنت 3).

3-4 معالجة صور فتق نواة لبية قطنية:

من خلال الحالات التالية سنبدأ ببناء خوارزميات لمعالجة الصور ، سنعتمد الصور في الزمن التشريحي T2 وهي تقنية فعالة توفر صوراً دقيقة ومفصلة للأنسجة الناعمة في جسم الإنسان و لما تبديه من وضوح في النسيج الحاوية على السوائل مما سيساعدنا في التحديد والتجزئ بكفاءه أعلى.

سنبدء بالتعرف على الحالات الملتقطة باستخدام المرنان (MRI) والتي تمت معالجتها في الجدول (1-4):

الاسم	الجنس	العمر	مكان التصوير	سبب الإصابة	التشخيص
امل (الحالة الأولى)	انثى	50 سنة	مستشفى حماة الوطني	سقوط على الناحية العجزية	انتباج القرص بين الفقرات القطنية الخامسة (L5) والعجزية الأولى (S1) متوسط الدرجة مع تضيق الثقبة بين الفقرات اليسرى بدرجة متوسطه لنفس المقطع
فاضل	ذكر	50 سنة	مستشفى حماة الوطني	البدانة و رفع احمال ثقيلة	فتق نواة لبية في القرص بين الفقرات القطنية الرابعة (L4) والخامسة (L5) كبير الحجم

(الحالة الثانية)					ويضغط الكيس السحائي بدرجة شديدة بالجهة اليسرى مع تدلي نحو الأسفل
دارين (الحالة الثالثة)	انثى	40 سنة	مستشفى حماة الوطني	رفع احمال ثقيلة	فتق نواة لبية في القرص بين الفقرات القطنية الرابعة (L4) والخامسة (L5) كبير الحجم ويضيق الثقب الفقرية اليمنى الموافقة وبدرجة شديدة

جدول (4-1) للحالات المستخدمة

وخلال شرحنا للخوازميات المستخدمة سنستعمل (الحالة الاولى) لشرح اثار التعليمات على الصورة.

في حالاتنا لانستطيع تجزيء الفتق بشكل مباشر لان السويات الرمادية للفتق متقاربه من السويات الرمادية للضجيج ولكن نستطيع تجزئة الحبل الشوكي لان سوياته الرمادية كثيفة (قيم البكسلات عاليه وقريبه من الابيض) لذلك ستركز دراستنا على نقطتين اساسيتين : الاولى استخلاص (تجزئة) الحبل الشوكي والثانية استخلاص منطقة الفتق .

4-4 خطوات العمل:

وسنشرح بشكل تفصيلي عن طريق المخطط التالي:

❖ المخطط الصندوقي لخوارزميات المعالجة:



المخطط الصندوقي (4-1) لمراحل سير الخوارزمية

4-4-1 قراءة الصورة الطبية :

قمنا أولاً باختبار صورة واحدة في المستوى السهمي من بين مجموعات الشرائح المضمنة في ملف كل حالة والتي ستكون بصيغة ديكوم (file.dcm).

تم اعتماد صيغة DICOM (والتي هي معيار للاتصال وإدارة معلومات التصوير الطبي والبيانات ذات الصلة)، لأنها تعرض قيم البكسلات بمجال كامل رقمياً حيث أن أي صيغة أخرى قد تقلل من دقة التباين و لاعتماده من قبل المستشفيات وأجهزة التصوير بشكل واسع في تخزين ونقل الصور الطبية. أي في حالة نظامنا يمكن إدخال الصورة مباشرة من جهاز المرنان (MRI) أو أي جهاز طبي يكون خرجة بصيغة ديكوم ومعالجتها.

ندخل الصورة بالتعليمات التالية:

- تعليمية dicominfo : لقراءة البيانات الوصفية من ملف الديكوم مع إدخال المسار الخاص بالملف

(مكان تخزين الملف)

- تعليمية dicomread : لقراءة بيانات الصورة.

- تعليمية imshow : الهدف منها إظهار الصورة في

ماتلاب.

الشكل (4-1) يبين الصورة الأصلية للحالة الأولى بعد ادخالها في ماتلاب.



الشكل (4-1) خرج لمرحلة قراءة الصورة

4-4-2 خوارزميات تحسين الصورة :

سنستخدم تقنيات عدة لزيادة الوضوح وتخفيف الضجيج الحاصل في الصورة باستخدام التعليمات التالية:

- تعليمية histeq : تعليمية لضبط الرسم البياني أو مساواة الهيستوغرام أي يتم تغيير قيم البكسلات بحيث تتوزع البكسلات على كامل مجال السويات لزيادة التباين العام للصورة.

- تعليمية imadjust:

تعليمية للتعريب بمجال ذو قيم متعددة في الصورة بحيث تكون القيم بين [0.75 , 0.95] تتوضع بين [0, 1].

- تعليمية strel : هذه التعليمية تمثل عنصر هيكلي مسطح وهو جزء اساسي في اي عملية مورفولوجية يكون ذو قيمة دخل ثنائي بعبارة اخرى يكون مصفوفه مكونه من (0 او 1) يقوم بإنشاء عنصر هيكلية على شكل قرص (باستخدام خاصية 'disk')، حيث يتم تحديد نصف القطر بالرقم (3).

- تعليمية imopen : هي عملية مورفولوجية تطبق على صورة

ذات التدرج الرمادي أو الثنائية تستخدم عنصر الهيكلية

(strel).

عملية الفتح المورفولوجية هي عملية تآكل يتبعها عملية تمدد ، باستخدام نفس عنصر الهيكلية لكلا العمليتين (سيتم شرح العمليات المورفولوجية لاحقاً).

- من خلال الخوارزمية السابقة خففنا الضجيج الحاصل على

الصورة ، الشكل (2-4) يبين خرج الخوارزمية



الشكل (2-4) خرج لمرحلة تحسين الصورة

3-4-4 عملية مورفولوجية :

يمكن استخدام هذه العملية المورفولوجية لاستخراج أو تحسين الكائنات المميزة من الصورة.

- الصورة المراد تحسينها هي صورة القناع (Mask) حيث يتم استخدام صورة ثانية وهي صورة العلامة (Marker)، لتمييز المناطق المراد استخراجها أو التأكيد عليها. المناطق التي ميزت في صورة العلامة تعتبر بمثابة الركيزة الأساسية التي تنتشر لتملأ صورة القناع، ويمكن التفكير في هذه العملية على أنها تمدد متكرر لصورة العلامة.
- تعلية adapthisteq (القناع): وهي معادلة الرسم البياني التكيفي محدود التباين (CLAHE)، يقوم بتعزيز تباين الصورة ذات التدرج الرمادي بتحويل القيم باستخدام معادلة الرسم البياني التكيفي محدودة التباين.

- تعلية imerode (العلامة): وهي عملية مورفولوجية تؤدي إلى تآكل الصورة الثنائية ذات التدرج

الرمادي أو الثنائي باستخدام عنصر الهيكل strel.

- تعلية imreconstruct: عملية مورفولوجية تقوم بإعادة

البناء للصورة حسب مدخلاتها وهم القناع (Mask) والعلامة

(Marker).

والرقم 8 الذي يحدد اتصال وحدات البكسل فيما إذا كانت حوافها أو زواياها متلامسة.

الشكل (3-4) يبين خرج الخوارزمية للحالة الأولى.



الشكل (3-4) خرج العملية المورفولوجية

4-4-4 التحويل الى صورة ثنائية:

بعد عمليات التحسين وتخفيف الضجيج من المراحل السابقة سنقوم بتحويل الصورة من صورة رمادية إلى صورة ثنائية (أبيض وأسود).

- تعليمة imbinarize : وهي عملية تحويل من صورة رمادية grayscale الى صورة ثنائية (أبيض وأسود) مع تحديد عتبة (0.65) على مجال [0,1].

الشكل (4-4) خرج الصورة الثنائية

حيث أن أي سوية رمادية قيمتها اقل من 0.65 على هذا المجال ستتحول للون أسود وأن أي قيمة اعلى من العتبة ستتحول الى اللون الأبيض.

هذه التعليمة مهمة ولها دور كبير في ازالة الضجيج والمساعدة في التجزئ لاحقاً.

الشكل(4-4) يبين خرج الخوارزمية للحالة الأولى.

4-4-5 ضرب الصورة الناتجة بالأصلية والتعتيب :

في الصورة يوجد لدينا جسم مشابه لجسم الحبل الشوكي في الشكل والسويات الرمادية (الجسم (1)). لذلك يجب تجزئة هذا الجسم أولاً حتى نستطيع طرحه من الصورة , عملية ضرب الصورة و بناء الحلقة هي مرحلة بداية هذا التجزئ.

- تعليمة immultiply: تعليمة لضرب الصورة الناتجة من الخوارزميات (img6) بالصورة الاصلية (img) , في الصورة الناتجة من الخوارزميات كل بيكسل ابيض (1) يعوض عنه ببيكسل من نفس السوية الرمادية المقابل للصورة الاصلية والبيكسلات السوداء (0) لا تتأثر وستبقى كما هي.
- حلقة التعتيب : صممت هذه الحلقة لتعتيب الصورة واستخراج الجسم الضجيجي (1) بالتناسب مع مجال السويات الرمادية (الحد الأقصى لعناصر المصفوفة).

حيث تختلف المجالات من صورة لأخرى وبالتالي تختلف قيم العتبة المراده لذلك توصلنا لقيم محدده لكل مجال بحيث:

■ ان كان سويات الصورة بين [800,1000] بالتالي ستكون قيمة العتبة [650].

■ وان كان سويات الصورة بين [350,800] ستكون قيمة العتبة [300].

■ وان كان سويات الصورة اكبر من 1000 او اصغر من 350

بالتالي سنستخدم تحديد العتبة باستخدام طريقة أوتسو (تعتيب تلقائي) عن طريق تعليمة graythresh.

الشكل (4-5) خرج مرحلة ضرب الصورة والتعتيب

الجسم (1)

تم اقتراح الحد الأقصى لطريقة التباين بين الفئات

(عتبة أوتسو) من قبل الباحث الياباني أوتسو في عام 1979 , تعتبر من أفضل الطرق لتحديد العتبة تلقائياً.

بعد تحديد عتبة أوتسو يتم ادخال ناتج level و الصورة img7 في تعليمة imbinarize لتطبيق العتبة.

تم الاعتماد في الحلقة على شرط الحد الأقصى لعناصر المصفوفة عن طريق تعليمة `max(img7(:))`

الشكل (4-5) يبين خرج الخوارزمية للحالة الأولى.

- قبل أن نكمل خطوات التجزئة سنبدأ بالتعريف عن العمليات المورفولوجية.

العمليات المورفولوجية :هي مجموعة واسعة من عمليات معالجة الصور التي تعالج الصور بناءً على الأشكال.

الهدف من استخدام العمليات المورفولوجية هو إزالة العيوب في بنية الصورة.

معظم العمليات المستخدمة هنا هي مزيج من عمليتين، تمدد وتآكل.

تستخدم العملية بنية مصفوفة صغيرة تسمى عنصر الهيكلية, تحديد شكل وحجم عنصر الهيكلية له تأثير كبير على النتيجة النهائية.

4-4-6 تطبيق خوارزميات لتجزئة الحبل الشوكي (تجزئة أولية):

كما وضعنا سابقاً سنحذف الجسم المشابه لجسم الحبل الشوكي من الصورة , لذلك ستقسم عملية تطبيق خوارزميات تجزئة الحبل الى مرحلتين :

- المرحلة الأولى: تجزئة الجسم (1), مبدأ عمل هذه الخوارزمية اننا سنطبق عملية مورفولوجية على

الصورة ثم نعكس ألوان الصورة ونطبق تعليمة لملاً الفراغات والتي ستكون هذه الفراغات هي هيكل

الحبل الشوكي وأي جسم غير الجسم (1), ثم نعيد عكس الصورة ليبقى لدينا فقط الجسم (1)

ونطرحه من الصورة الاصلية.

▪ تعليمة strel :عنصر الهيكلية (تم شرحها سابقاً).

يقوم بإنشاء عنصر هيكلية على شكل قرص (باستخدام خاصية 'disk'), حيث يتم تحديد نصف القطر ويحدد الرقم (5) عدد عناصر الهيكلية المستخدمة لتقريب شكل القرص.

▪ تعليمة imdilate : هي عملية توسيع للصورة الرمادية او الثنائية باستخدام عنصر الهيكلية strel

كما رأينا في الشكل السابق (4-5) , ان اجزاء الحبل الشوكي المتبقية تحوي فراغات غير مكتملة بالتالي لن

نستطيع ملأ الفراغات مادامت بهذا الشكل لذلك تم تطبيق تعليمة imdilate لتوسيع هذه الفراغات والمساعدة

في حذفها

▪ تعليمة imcomplement : هي عملية لعكس الصورة الثنائية بحيث ان البكسل الابيض (1)

يصبح أسود (0) وبالعكس.



▪ تعليمة imfill: تعليمة لملا الثقوب في الصورة ذات التدرج

الرمادي. في هذه الصيغة ، يتم تعريف الثقب على أنه

مساحة من البكسلات الداكنة محاطة ببكسلات أفتح

ثم اعدنا الصورة الى شكلها الطبيعي بتطبيق تعليمة

imcomplement مرة أخرى.

▪ تعليمة imsubtract : يطرح كل عنصر في المصفوفة img6

من العنصر المقابل في المصفوفة img13 (الصورة المستخرج

فيها الجسم 1) ويعيد الفرق في img14.

بذلك نكون ازلنا الجسم الضجيجي(1) , الشكل (4-6) يبين خرج الخوارزمية للحالة الأولى.

- المرحلة الثانية: تطبيق التعليمات التالية:

▪ تعليمة immultiply: تعليمة لضرب الصورة الناتجة من الخوارزميات (img15) بالصورة

الاصلية (img).

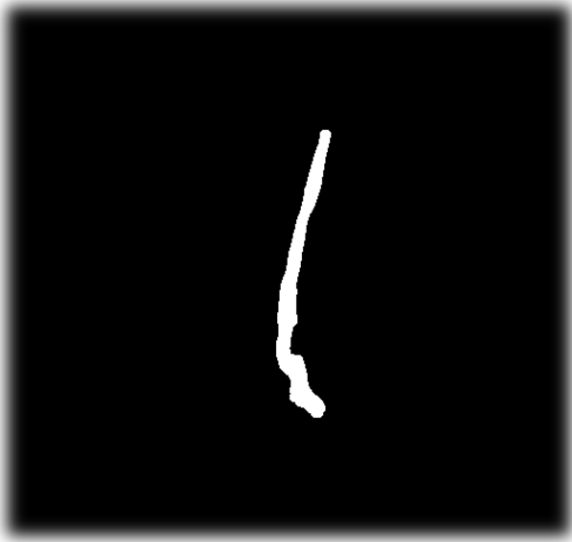
▪ تعليمة strel : عنصر الهيكلية.

▪ تعليمة imopen : هي عملية مورفولوجية تطبق على صورة ذات التدرج الرمادي أو الثنائية تستخدم

عنصر الهيكلية (strel) , وهي عملية تاكل يتبعها عملية تمدد باستخدام نفس عنصر الهيكلية للعمليات.

■ تعليمة `bwareaopen`: وهي تعليمة مورفولوجية لحذف كل الكائنات التي يكون حجمها اقل من 1600 بكسل

بذلك نكون قد جزئنا الحبل الشوكي لحالتين من اصل ثلاث حالات, لذلك سنبنّي خوارزمية للتأكد من تجزئ الحبل الشوكي لأي حالة تدخل النظام عن طريق المرحل التالية.
الشكل (4-7) يبين خرج الخوارزمية للحالة الأولى.



7-4-4 قياس خصائص الصورة :

الشكل(4-7) خرج المرحلة الثانية من تجزئة أولية للحبل الشوكي

القياس يتم عن طريق التعليمات التالية:

■ تعليمة `bwboundaries`: تتبع حدود المنطقة في الصورة الثنائية , حيث B هي إحداثيات الصفوف والأعمدة لوحداث البكسل الحدودية , L هي مصفوفه تمثل عدد الكائنات في الصورة , وخاصية `'noholes'` تجعل التعليمة تبحث فقط عن حدود الكائن لأداء أفضل.

■ تعليمة `regionprops` : هي تعليمة لقياس خصائص مناطق الصورة

الخصائص (`'Area'`, `'Centroid'`, `'MajorAxisLength'`,.....) هي الخصائص التي توفر قياسات الشكل.

8-4-4 تجزئة الحبل الشوكي:

- المرحلة الأولى: رغم الخوارزميات السابقة التي بنيناها فان تجزئة الحبل الشوكي لم تكن كافيه لجميع الحالات.

لذلك قمنا ببناء حلقة للتأكد من التجزئ بشكل كامل للحالات الموجودة لدينا ولأي حالة أخرى يتم ادخالها للنظام عن طريق تحديد شرط الحلقة حسب عدد الأجسام (الهياكل) في الصورة

بالتالي اذا كانت الصورة تحوي اكثر من جسم كما في الحالة الثالثة (الشكل (8)) ستدخل الي الحلقة وتطبق عليها خوارزميات مشابهة في المبدأ للمرحلة الأولى من تطبيق خوارزميات تجزئة الحبل الشوكي حيث انه سنوجد الجسم او الهيكل الغير مراد ونطرحه من الصورة الناتجة من المراحل السابقة.

يتم تطبيق المرحلة بالتعليمات التالية:

■ تعليمة `[rows, cols]= size(stats)`: لتحديد حجم stats داخل مصفوفة , حيث اسطر هذه المصفوفة

هي rows واعمدة المصفوفة هي cols

في (`'table',img21,'Area','Centroid'...`) stats = regionprops مثل ما شرحنا سيتم تخزين خصائص الصورة ضمن مصفوفة وإن كل سطر من المصفوفة يعبر عن خصائص جسم (هيكل) واحد , بالتالي اذا كانت المصفوفة اكثر من سطر واحد بالتالي يوجد اكثر من جسم واحد في الصورة لذلك سنعتمد على rows لتكون شرط الحلقة.

■ الحلقة : سيتم تطبيق عملية الفتح المورفولوجية وهي عملية تاكل يتبعها تمدد باستخدام عنصر هيكلية

على شكل قرص (باستخدام خاصية 'disk')، حيث يتم تحديد نصف القطر بالرقم(10)

باستخدام هذه العملية يتم حذف الحبل الشوكي وابقاء الجسم الغير مراد.

ومن ثم يتبعها عملية طرح لازالة الجسم الغير مراد مع بقاء اجسام صغيرة منه.



يبين الشكل (4-8) مراحل تجزئة الحبل الشوكي للحالة الثالثة (الحالة التي حققت شرط الحلقة).

يتم التخلص من الأجزاء المتبقية من الجسم باستخدام تعليمة bwareaopen التي تحذف الكائنات التي يكون حجمها اقل من 1000 بكسل.

بهذا نكون انتهينا من المرحلة الأولى وهي تجزئة الحبل الشوكي.

- المرحلة الثانية: في هذه المرحلة سنحذف المناطق الغير مهمة من الحبل الشوكي والتي لا يوجد فيها

انخماس وبعيده عن الفتق لتصغير منطقة الاهتمام , عن طريق الخوارزمية التالية:

استعملنا عمليتان مورفولوجيتان لاستخلاص الأجزاء المراده وهي عمليتا الفتح والاعلاق باستخدام عنصر

هيكلي ، بطول 24 وزاوية 55 درجة.

بعد ذلك نقوم بطرح الصورة img24 من الصورة img26

بعد الطرح ستبقى الاجسام صغيرة من الصورة يتم أزالتها بتعليمة
bwareaopen , ثم نقوم بضرب الصورة الناتجة بالأصلية لايجاد
السويات الرمادية

ثم نستخدم عمليات للتعتيب وإزالة الاجسام الصغيرة و عملية
توسيع مورفولوجية , عندها نقوم بضرب الصورة الناتجة بالأصلية
الشكل (4-9) يبين خرج الخوارزمية للحالة الأولى.

الشكل (4-9) خرج مرحلة تجزئة الحبل
الشوكي

4-4-9 تحديد الفتق بشكل كامل :

■ في هذه المرحلة سنقوم أولاً بتطبيق عملية الفتق المورفولوجية لتصغير منطقة الاهتمام وبعدها نقوم بضرب
الناتج بالصورة الأصلية , في الصورة الناتجة يتوضح لدينا سوية الفتق تكون قريبه من اللون الاسود(اي
في الحدود الدنيا للسويات الرمادية) فنقوم بتعتيب الصورة عند القيمة 120 لتؤدي لإزالة الفتق بشكل كامل
من الصورة , نقوم بطرح الصورة الناتجة من الصورة الأصلية ثم تطبيق عملية مورفولوجية imerode
لتصغير حجم الاجسام

في هذه المرحلة سنحتاج لحلقة تعتیب معتمده على (MinorAxisLength) بعد تحديد خصائص الصورة
الناتجة من العمليات السابقة.

حيث ان (MinorAxisLength) هي شرط الحلقة, وهي تمثل قيمة طول المحور الصغير للقطع الناقص
بالتالي سنستخدم تعليمة bwareaopen في الحلقة مع اختلاف القيم حسب طول المحور



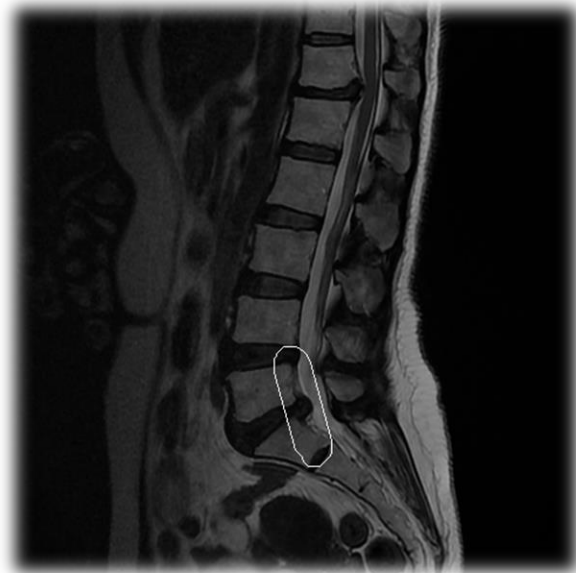
الشكل (4-10) اظهر لناتج مرحلة تجزئة الحبل الشوكي (على اليمين) وناتج مرحلة تحديد الفتق بشكل كامل (على اليسار) للحالة الأولى

10-4-4 تحديد منطقة الاهتمام على الصورة الأصلية:

بعد انتهائنا من تجزئة الفتق بشكل كامل سنقوم بتحديد المنطقة على الصورة الأصلية لعرضها , عن طريق التعليمات التالية:

في هذه المرحلة نقوم بعمليات مورفولوجية لتوسيع منطقة الاهتمام (الفتق) باستخدام هيكلية خطية (باستخدام خاصية ' line ' بزاوية 105 درجة

وهيكلية اخرى على شكل قرص (باستخدام خاصية 'disk')، حيث يتم تحديد نصف القطر بالرقم(10)



الشكل (4-11) تحديد منطقة الاهتمام على الصورة الأصلية

ثم نقوم بتركيب الصورتين الاصلية و النهائية , وتحديد البسكلات في img42 وتحديد حجم الخط المحيط بمنطقة الاهتمام , كما نرى في الشكل (4-11) للحالة الأولى.

تم ترجمة مراحل العمل السابقة الى كود برمجي

موجود في الملحق A

4-4-11 بناء الواجهة الرسومية لعرض الصورة وتطبيق الخوارزمية:

واجهة المستخدم الرسومية: هي واجهة تفاعلية بين المستخدم والحاسوب

تستخدم لتسهيل التفاعل بين المستخدم والبرامج او التطبيقات المختلفة على الحاسوب

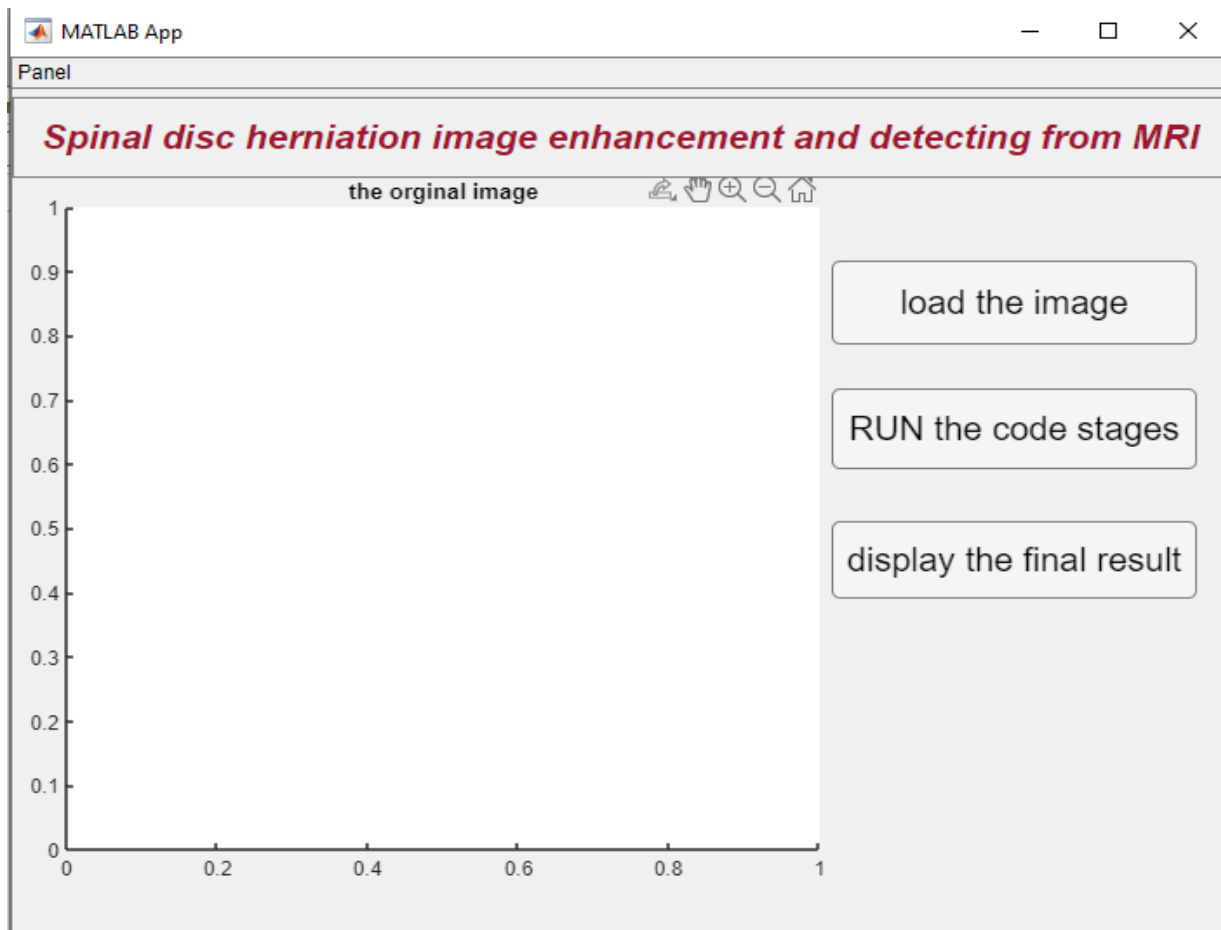
يوضح الشكل (4-12) الواجهة الرسومية المستخدمة في تطبيق مشروعنا , التي تحتوي على ثلاثة أزرار و محاور للعرض.

الزر الأول (load the image) لتحميل الصورة المراد معالجتها من الحاسب.

الزر الثاني (RUN the code stages) لتحميل الكود البرمجي وتطبيقه على الصورة ثم عرض جميع مراحل التحديد.

الزر الثالث (display the final result) لتحميل الكود البرمجي وتطبيقه على الصورة ثم عرض الصورة الناتجة النهائية للكود , ومحور لعرض صورة ال DICOM (الصورة الأصلية).

تم ترجمة مرحلة بناء الواجهة الرسومية وتطبيق الخوارزمية الى كود برمجي موجود في الملحق B



الشكل (4-12) الواجهة الرسومية لتطبيق الكود

Aالملحق

كود تحديد منطقة الاهتمام(الفتق)

```
➤ Info = dicominfo ( ' المسار الخاص بالملف ' );  
➤ Img = dicomread ( info );  
➤ Imshow ( img , [] );
```

مرحلة قراءة الصورة الطبية (1)

```
➤ img2 = histeq ( img );  
➤ img3 = imadjust ( img2 , [ 0.75 0.95 ] , [] );  
➤ se = strel ( ' disk ' , 3 );  
➤ img4 = imopen ( img3 , se );
```

مرحلة تحسين الصورة(2)

```
➤ Mask = adapthisteq ( img4 , ' clipLimit ' , 0.2 , ' Distribution ' ,  
    ' Rayleigh ' );  
➤ se = strel ( ' disk ' , 7 );  
➤ marker = imerode ( mask , se );  
➤ img5 = imreconstruct (marker , mask , 8 );
```

مرحلة عملية
مورفولوجية(3)

```
➤ Img6 = imbinarize ( img5 , 0.65 );
```

مرحلة الضرب(4)

```
➤ Img7 = immultiply ( img , img6 );  
➤ img_max = max ( img7(:) );  
➤ if ( img_max > 800 ) && ( img_max <= 1000 )  
img8 = img7 > 650;  
➤ elseif ( img_max > 350 ) && ( img_max <= 800 )  
img8 = img7 > 300;  
➤ else  
level = graythresh( img7 )  
img8 = imbinarize( img4 , level);  
end
```

مرحلة تطبيق خوارزميات
التجزئة الأولية (1-5)

```

➤ se = strel( ' disk ' , 5 ) ;
➤ img9 = imdilate ( img8 , se ) ;

➤ img10 = imcomplement ( img9 ) ;
➤ img11 = imfill ( img10 , ' holes ' ) ;
➤ img12 = imcomplement ( img11 ) ;

➤ img14 = imsubtract ( img6 ,img13 ) ;
➤ img15 = imbinarize ( img11 , ' global ' ) ;

```

مرحلة تطبيق خوارزميات
التجزئة الأولية (2-5)

```

➤ Img16 = immultiply ( img , img15 ) ;
➤ se = strel ( ' disk ' , 3 ) ;
➤ img17 = imopen ( img16 , se ) ;

➤ img18 = img17 > 215 ;
➤ se = strel( ' disk ' , 2 ) ;
➤ img19 = imdilate ( img18 , se ) ;

➤ img20 = bwareaopen ( img19 , 1600 ) ;

```

مرحلة تطبيق خوارزميات
التجزئة الأولية (3-5)

```

➤ [B,L] = bwboundaries (img20 , 'noholes');

➤ stats = regionprops ('table',img20,'Area','Centroid',
    'MajorAxisLength','MinorAxisLength','Eccentricity',
    'ConvexArea','PixelList', 'Solidity');

```

مرحلة قياس خصائص الصورة
(6)

```

➤ [rows, cols] = size ( stats ) ;
➤ if rows > 1
se = strel ( ' disk ' , 10 ) ;
img21 = imopen ( img20 , se ) ;
img22 = imsubtract ( img21 , img22 ) ;
img23 = bwareaopen ( img22 , 1000 ) ;
➤ else
imshow ( img23 , [] )
➤ end

```

مرحلة تجزئة الحبل
الشوكي (1-7)

```

➤ Se = strel ( ' line ' , 24 , 55 ) ;
➤ img24 = imclose ( img23 , se ) ;
➤ img25 = imopen ( img24 , se ) ;

➤ img26 = imsubtract ( img23 , img25 ) ;
➤ img27 = bwareaopen ( img26 , 100 ) ;
➤ img28 = immultiply ( img27 , img ) ;

➤ img29 = img28 > 300 ;
➤ img30 = bwareaopen ( img29 , 15 ) ;

➤ se = strel ( ' disk ' , 15 ) ;
➤ img31 = imdilate ( img30 , se )

```

مرحلة تجزئة الحبل
الشوكي (2-7)

```

➤ Se = strel ( ' line ' , 21 , 30 ) ;
➤ Img34 = imopen ( img31 , se ) ;
➤ Img35 = immultiply ( img34 , img ) ;
➤ Img36 = img35 > 120 ;
➤ Img37 = imsubtract ( img35 , img36 ) ;
➤ Se = strel ( ' disk ' , 2 ) ;
➤ Img38 = imerode ( img37 , se ) ;
➤ [B1, L1] = bwboundaries ( img38 , ' noholes ' ) ;
➤ Stats2 = regionprops ( ' table ' ,img38, ' Area ',' Centroid ' ,
' MajorAxisLength ',' MinorAxisLength ',' BoundingBox ' ,
' Eccentricity ',' ConvexArea ',' PixelList ',' Solidity ' ) ;
P = stats2 . MinorAxisLength

➤ if P <55
➤ img39 = bwareaopen ( img38 , 70 ) ;
➤ else
➤ img39 = bwareaopen( img38 , 110 ) ;
➤ end
➤ imshowpair ( img39 , img32, ' montage ' )

```

مرحلة تحديد الفتق
بشكل كامل(8)

```

➤ Se = strel ( ' line ' , 70 , 105 ) ;
➤ Img40 = imdilate ( tar , se ) ;
➤ Se = strel ( ' disk ' , 10 ) ;
➤ Img41 = imdilate ( img40 , se ) ;
➤ Img42 = immultiply ( img , img41 ) ;

➤ Imshow ( labeloverlay ( img , img42 ) )
➤ Title ( ' Mask Over Original Image ' )

➤ BWoutline = bwperim ( img42 ) ;
➤ Segout = img ;
➤ Segout ( BWoutline ) = 800;
➤ Imshow ( Segout , [] )

```

تحديد منطقة الاهتمام
على الصورة الأصلية(9)

Bالملحق

كود الواجهة الرسومية

```
classdef tareq < matlab.apps.AppBase

% Properties that correspond to app components
properties (Access = public)
    UIFigure matlab.ui.Figure
    Panel matlab.ui.container.Panel
    EditField matlab.ui.control.EditField
    displaythefinalresultButton matlab.ui.control.Button
    RUNthecodestagesButton matlab.ui.control.Button
    loadtheimageButton matlab.ui.control.Button
    UIAxes matlab.ui.control.UIAxes
end
properties(Access = public)
    imgor = 0 ;
end
% Callbacks that handle component events
methods (Access = private)
% Button pushed function: loadtheimageButton
function loadtheimageButtonPushed(app, event)
    [fn, pn] = uigetfile({'*.dcm'}, 'select dicom file');
    complete = strcat(pn, fn);
    app.imgor = dicomread(complete);
    imshow(app.imgor, [], 'parent', app.UIAxes);
end
% Button pushed function: displaythefinalresultButton
function displaythefinalresultButtonPushed(app, event)
    Process(app.imgor)
end
% Button pushed function: RUNthecodestagesButton
function RUNthecodestagesButtonPushed(app, event)
    process2(app.imgor)
end
end
% Component initialization
methods (Access = private)
```

```

% Create UIFigure and components
function createComponents(app)
% Create UIFigure and hide until all components are created
app.UIFigure = uifigure('Visible', 'off');
colormap(app.UIFigure, 'bone');
app.UIFigure.Position = [100 100 700 544];
app.UIFigure.Name = 'MATLAB App';
% Create Panel
app.Panel = uipanel(app.UIFigure);
app.Panel.Title = 'Panel';
app.Panel.Position = [1 1 700 544];
% Create UIAxes
app.UIAxes = uiaxes(app.Panel);
title(app.UIAxes, 'the original image')
colormap(app.UIAxes, 'bone')
app.UIAxes.Position = [11 35 462 435];
% Create loadtheimageButton
app.loadtheimageButton = uibutton(app.Panel, 'push');
app.loadtheimageButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@loadtheimageButtonPushed, true);
app.loadtheimageButton.FontSize = 20;
app.loadtheimageButton.Position = [472 366 210 52];
app.loadtheimageButton.Text = 'load the image';
% Create RUNthecodestagesButton
app.RUNthecodestagesButton = uibutton(app.Panel, 'push');
app.RUNthecodestagesButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@RUNthecodestagesButtonPushed, true);
app.RUNthecodestagesButton.FontSize = 20;
app.RUNthecodestagesButton.Position = [472 289 210 50];
app.RUNthecodestagesButton.Text = 'RUN the code stages';
% Create displaythefinalresultButton
app.displaythefinalresultButton = uibutton(app.Panel, 'push');
app.displaythefinalresultButton.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app,
@displaythefinalresultButtonPushed, true);
app.displaythefinalresultButton.FontSize = 20;
app.displaythefinalresultButton.Position = [472 209 210 48];
app.displaythefinalresultButton.Text = 'display the final result';

% Create EditField

```

```
app.EditField = ueditfield(app.Panel, 'text');
app.EditField.HorizontalAlignment = 'center';
app.EditField.FontSize = 21;
app.EditField.FontWeight = 'bold';
app.EditField.FontAngle = 'italic';
app.EditField.FontColor = [0.6353 0.0784 0.1843];
app.EditField.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
app.EditField.Position = [1 469 699 50];
app.EditField.Value = 'Spinal disc herniation image enhancement and detecting  
from MRI';
end
end
end
```

المراجع

- 1- BOGD1997 Bogduk, N., 1997. Clinical Anatomy of the Lumbar Spine and Sacrum. Churchill Livingstone.
- 2- DRAK2004 Drake, R., Vogl, W., Mitchell, A., 2004. Gray's anatomy for students. Churchill Livingstone
- 3- WIKI2010 Wikimedia Commons by Wikipedia.
http://commons.wikimedia.org/wiki/Main_Page
- 4- Netter Frank H. (2018). Atlas of Human Anatomy (Netter Basic Science). 7th Edition. Elsevier; (March 13, 2018). ISBN-10: 0323393225. P 640.
- 5- Rachel Nall, MSN, CRNA (2019). A guide to the spinal cord: Anatomy and injuries. Available at: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/#anatomy>
(accessed on 18 February 2023)
- 6- ADAM2006 Adams, M.A., Roughley, P.J., 2006. What is intervertebral disc degeneration, and what causes it? Spine 31, 2151-2161.
- 7- BATT1995 Battie, M.C., Haynor, D.R., Fisher, L.D., Gill, S.K., Gibbons, L.E., Videman, T., 1995. Similarities in degenerative findings on magnetic resonance images of the lumbar spines of identical twins. Journal of Bone and Joint Surgery - Series A 77, 1662-1670.
- 8- BATT2004 Battie, M.C., Videman, T., Parent, E., 2004. Lumbar disc degeneration: Epidemiology and genetic influences. Spine 29, 2679-2690.
- 9- AN2004 An, H.S., Anderson, P.A., Haughton, V.M., Iatridis, J.C., Kang, J.D., Lotz, J.C., Natarajan, R.N., Oegema Jr, T.R., Roughley, P., Setton, L.A., Urban, J.P., Videman, T., Andersson, G.B.J., Weinstein, J.N., 2004. Introduction. Disc degeneration: Summary. Spine 29, 2677-2678
- 10- URBA2003 Urban, J., Roberts, S., 2003. Degeneration of the intervertebral disc. Arthritis Res Ther 5, 120 - 130.
- 11- FARD2001 Fardon, D.F., Milette, P.C., 2001. Nomenclature and classification of lumbar disc pathology. Recommendations of the Combined task Forces of the North American Spine Society, American Society of Spine Radiology, and American Society of Neuroradiology. Spine 26.
- 12- MILE1997 Milette, P.C., 1997. The proper terminology for reporting lumbar intervertebral disk disorders. American Journal of Neuroradiology 18, 1859-1866.
- 13- PARI2007 Parizel, P., Van Goethem, J., Van den Hauwe, L., Voormolen, M., 2007. Degenerative Disc Disease. In: Van Goethem, J., Van den Hauwe, L., Parizel, P. (Eds.), Spinal Imaging Diagnostic Imaging of the Spine and Spinal Cord. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- 14- FUJI1999 Fujiwara, A., Tamai, K., Yamato, M., An, H.S., Yoshida, H., Saotome, K., Kurihashi, A., 1999. The relationship between facet joint osteoarthritis and disc degeneration of the lumbar spine: An MRI study. European Spine Journal 8, 396-401.
- 15- MODI2007 Modic, M.T., Ross, J.S., 2007. Lumbar degenerative disk disease. Radiology 245, 43-61.
- 16- BRAI1998 Braithwaite, I., White, J., Saifuddin, A., Renton, P., Taylor, B.A., 1998. Vertebral end-plate (Modic) changes on lumbar spine MRI: Correlation with pain reproduction at lumbar discography. European Spine Journal 7, 363-368.
- 17- LUOM2000 Luoma, K., Riihimäki, H., Luukkainen, R., Raininko, R., Viikari-Juntura, E., Lamminen, A., 2000. Low back pain in relation to lumbar disc degeneration. Spine 25, 487-492.

- 18- JENS1994 Jensen, M.C., Brant-Zawadzki, M.N., Obuchowski, N., Modic, M.T., Malkasian, D., Ross, J.S., 1994. Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain. New England Journal of Medicine 331, 69-73.
- 19- KOES2001 Koes, B.W., Van Tulder, M.W., Ostelo, R., Kim Burton, A., Waddell, G., 2001. Clinical guidelines for the management of low back pain in primary care: An international comparison. Spine 26, 2504-2513.
- 20- VANT2007 Van Tulder, M., Koes, B.W., 2007. Evidence-Based Medicine for Low Back Pain. In: Van Goethem, J., Van den Hauwe, L., Parizel, P. (Eds.), Spinal Imaging Diagnostic Imaging of the Spine and Spinal Cord. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- 21- HILI2004 Hilibrand, A.S., Robbins, M., 2004. Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: The consequences of spinal fusion? Spine Journal 4.
- 22- MODI1988 Modic, M.T., Masaryk, T.J., Ross, J.S., Carter, J.R., 1988. Imaging of degenerative disk disease. Radiology 168, 177-186
- 23- LUOM2001 Luoma, K., Vehmas, T., Riihimäki, H., Raininko, R., 2001. Disc height and signal intensity of the nucleus pulposus on magnetic resonance imaging as indicators of lumbar disc degeneration. Spine 26, 680-686
- 24- ROBE1997 Roberts, N., Gratin, C., Whitehouse, G.H., 1997. MRI analysis of lumbar intervertebral disc height in young and older populations. Journal of Magnetic Resonance Imaging 7, 880-886.
- 25- موقع انترنت 1 : <https://mawdoo3.com>
- 26- موقع انترنت 2 : [ماتلاب - المعرفة\(marefa.org\)](http://marefa.org)
- 27- موقع انترنت 3 : [معالجة الصور الرقمية - المعرفة\(marefa.org\)](http://marefa.org)
- 28- Wongthawat Liawrungrueang 1 , Pyeoungkee Kim 2 , 2023 Automatic Detection, Classification, and Grading of Lumbar Intervertebral Disc Degeneration Using an Artificial Neural Network Model
- 29- Raja' S. Alomaria , Jason J. Corsoa , Vipin Chaudharya , Gurmeet Dhillon 2021 Automatic Diagnosis of Lumbar Disc Herniation with Shape and Appearance Features from MRI
- 30- Zobel, Bruno Beomonte MD; 2012 $T_{1\rho}$ Magnetic Resonance Imaging Quantification of Early Lumbar Intervertebral Disc Degeneration in Healthy Young Adults
- 31- R. Menezes-Reis, C.E.G. Salmon, C.S. Carvalho, G.P. Bonugli, 2015 $T_{1\rho}$ and T2 Mapping of the Intervertebral Disk: Comparison of Different Methods of Segmentation

Ministry of Higher education and research

Al-Andalus University for medical sciences

Faculty of Biomedical Engineering

*Spinal disc herniation image enhancement
and Detection from MRI*

Manuscript is prepared to fulfill the requirements of the applied project

Prepared by:

ZEINAB MAKHLOUF

TAREQ ZAEFA

Supervised by

DR MOHAMAD DAER

Year

2022-2023

