جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

تطوير إنتاج حاملات خلايا وشبكات نانوية عن طريق الغزل الكهربائي لاستخدامها في الطب التجديدي

Development of The Production of Nanofibrous Scaffolds by Electrospinning for Use in Regenerative Medicine

أحمد سليمان قناة

د. باسل يونس د. عروب المصري

الملخص

يحتاج إنتاج ألياف نانوية ذات ترتيب وشكل هندسي منتظم إلى تحكم دقيق بقيم الحقل الكهربائي، بالإضافة إلى القدرة على توجيه الألياف خلال عملية الغزل الكهربائي. تم من خلال البحث الحالي تشكيل شبكات نانوية باستخدام مبدأ الغزل الكهربائي الدوار عديم الإبرة اعتمادا على قوة الكهرباء الساكنة لتشكيل الألياف من محاليل بوليميرية بأقطار تتراوح من 10 نانومتر إلى بضعة ميكرومترات. تم استُخدام موجهات ومجمعات مصممة لتحسين ترسيب الألياف النانوية والحصول على شبكات نانوية ذات قيم متانة أعلى ومسامية منتظمة، حيث تم تشكيل شبكات نانوية مؤلفة من عدة طبقات وذات ألياف نانوية بأقطار تتراوح بين (100– 300 نانومتر) قابلة للاستخدام ضمن عمليات الترميم في المجال الطبي وفي مجال الزرع الخلوي. تم استخدام الشبكات المنتجة للكشف عن النمو الجرثومي واختباره، وعلى منحى اخر تمت دراسة تطوير آلية لتشكيل حاملات الخلايا والأنسجة الطبية مباشرة على الجسم باستخدام تقنية الغزل الكهربائي، وتمت دراسة امكانية استخدام مواد نباتية طبيعية تساعد على استبدال بعض المواد ذات الكلفة المرتفعة بمواد نباتية طبيعية.

القسم النظري

الفصل الأول: علم النانو

- تقانة النانو (Nanotechnology) – طرائق تحضير المواد النانوية
- تصنيف المواد النانوية وأشكالها – الألياف النانوية Nanofibres
- أهم الخواص التي تميز المواد النانوية

الفصل الثاني: الغزل الكهربائي (Electrospinning)

- مخروط تايلور – البوليميرات المستخدمة في الغزل الكهربائي
- المعاملات المؤثرة على الغزل الكهربائي – المذيبات المستخدمة
- أهم تقنيات الغزل الكهربائي – الغزل الكهربائي الدوار
- ميزات تقنية الغزل الكهربائي الدوار

الفصل الثالث: هندسة الأنسجة الحيوية

- المصفوفة خارج الخلية (ECM)، عناصرها، وظائفها
- وظائف ومتطلبات حاملات الخلايا والأنسجة

الفصل الرابع: تصميم الجهاز

- الدراسة التصميمية للأجزاء الميكانيكية الرئيسية للجهاز
- تصميم آلية الحركة الترددية للمجمع
- التجهيزات الكهربائية الملحقة بالجهاز

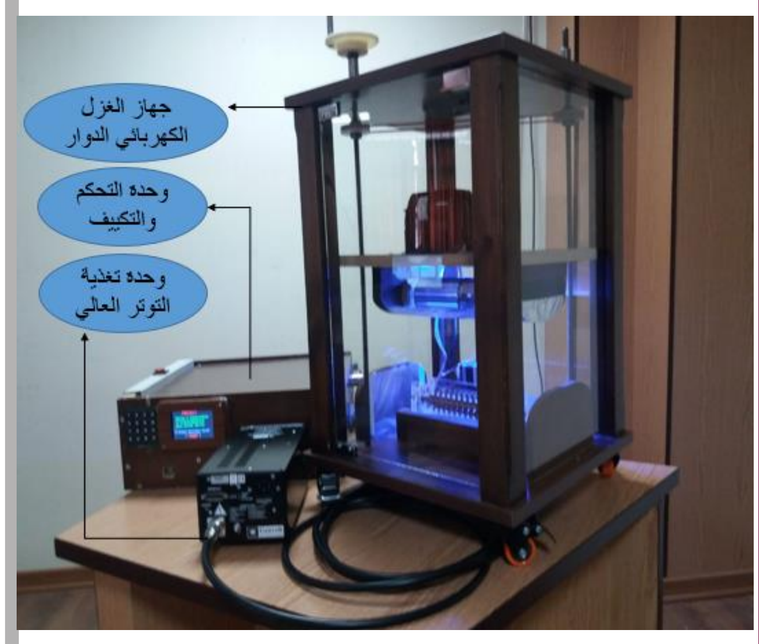
القسم العملي

الفصل الخامس: الجزء العملي

- المواد الأولية المستخدمة
- الأدوات والتجهيزات المستخدمة
- جهاز التسخين الكهرومغناطيسي
- جهاز المجهر الماسح الالكتروني
- جهاز غزل كهربائي قريب الحقل
- الاختبارات
- دراسة تغير أقطار الألياف بتغير قيمة التوتر الكهربائي
- دراسة تغير أقطار الألياف بتغير قيمة المسافة بين الأقطاب
- دراسة تغير أقطار الألياف بتغير تركيز بوليمير البولي كابرولاكتون
- النمذجة الإحصائية للعلاقة بين قطر الألياف وتركيز PCL والمسافة بين الأقطاب والتوتر الكهربائي
- دراسة تغير أقطار الألياف بتغير شكل المجمع
- دراسة الاختبارات الجرثومية ضمن عدة أوساط نمو
- دراسة دمج البنى النانوية الميكروية
- دراسة امكانية ترسيب الألياف النانوية على سطح الجسم الحي

القسم العملي

- دراسة إنتاج طعوم بأقطار صغيرة من أجل هندسة الأوعية الدموية
- دراسة إمكانية إنتاج ألياف نانوية من مستخلصات نباتية طبيعية



النتائج والمناقشة

- انخفاض متوسط أقطار الألياف بازدياد التوتر الكهربائي ضمن المجال (7–15 kv)، بالإضافة الى ازدياد كثافة الألياف في واحدة المساحة. – انخفاض متوسط أقطار الألياف ثم ارتفاعها عند المسافات (7–8–9–10–11 cm) ويرجح السبب في ذلك إلى: وصول الألياف الثخينة فقط والحاوية على شحنات أكثر أما الألياف التي تحمل شحنات أقل فقد جفت وتصلبت قبل وصولها للمجمع البعيد، وأيضاً بسبب تأثير ظاهرة الإنحناء المضطرب (Bending instability) للبثقات المتجاورة على بعضها البعض وبالتالي التنافر فيما بينها مما يؤثر على وصولها للمجمع. – انخفاض تركيز السائل البوليميري (5% وزني) أدّى إلى الحصول على شبكة نانوية ذات متوسط أقطار منخفض، وبنية الشبكة النانوية الناتجة تكون هشة وذات متانة ضعيفة، كما أن ازدياد تركيز السائل البوليميري (17% وزني) أدى الى عدم القدرة على غزله. – تم استخدام النمذجة الإحصائية باستخدام برنامج (Statgraphics) وذلك من خلال تحليل الانحدار الخطي لدراسة تأثير كل من المسافة بين الأقطاب والتوتر لكهربائي وتركيز بوليمير البولي كابرولاكتون على أقطار ألياف الشبكات النانوية وكانت قيمة F–Ratio الأكبر هي للتوتر الكهربائي 51.25 وبالتالي هو العامل الأكثر تأثير على أقطار الألياف المنتجة يليه عامل تركيز بوليمير البولي كابرولاكتون ثم عامل المسافة بين الأقطاب. – تم الاستعانة ببرنامج (Statgraphics) للحصول على نموذج رياضي تنبؤي لقيم أقطار الألياف المنتجة وتم اختبار النموذج التنبؤي من خلال البرنامج برسم مخطط التأثير الخطي بين مُعاملات الدخل وقيم أقطار الألياف المقاسة وتم الحصول على مخطط يبين العلاقة بين القيم المتوقعة والقيم التجريبية لمتوسط أقطار الألياف المنتجة حيث نلاحظ تبعثر بعض القيم بشكل قريب جداً من الخط المستقيم وهذا يدل على أن القيم التجريبية مطابقة بشكل كبير للقيم المقاسة. – الحصول على نتائج جيدة وواضحة للنمو الجرثومي في اختبار العينات البولية ضمن الأوساط التي تحتوي على الشبكات النانوية، بزمن أقل بنسبة تتراوح بين (17.3% – 8.3%) مقارنة مع الأوساط التي لا تحتوي على تلك الشبكات. – إنتاج عدة شبكات هجينة عن طريق غزل سائل بوليميري حيوي (البولي كابرولاكتون) وترسيب الألياف على مجمع جهاز الغزل قريب الحقل ثم نقل المجمع الى جهاز الغزل الكهربائي الدوار لترسيب الألياف النانوية. – تشكيل طبقة كثيفة من الألياف النانوية تلتصق على سطح الجسم الحي والتي لها أثر كبير في إمكانية ترميم الفقد المادي ضمن الجسم بألياف نانوية حيوية تحمل عوامل نشطة تحفز التصاق وتكاثر الخلايا. – التحكم بطول الطعم الوعائي وإنتاج طعوم بأقطار صغيرة باستخدام مجمع لا يتجاوز قطره 2.5cm وذو سرعة دورانية عالية. – محاولة إنتاج حاملات خلايا وألياف نانوية من مواد نباتية طبيعية (نبات الألوليقيرا ، نبات لسان الحمل)، حيث تم تعريض السائل المستخلص من نبات الأوليفيرا للجهد العالي وكان له قابلية غزل كبيرة ولوحظ بداية تشكل ألياف ولكن لم يكن لديها المرونة والقوام الليفي المطلوب، كما تم الغزل الكهربائي للسائل المستخلص من نبات لسان الحمل وبعد مزجه مع سائل بوليميري (PCL) بنسبة (50/50) أعطى نتائج جيدة وتشكلت شبكة نانوية، وبالتالي تم استنتاج أنه لا يمكن غزل السائل المستخلص من النباتات بشكل منفرد وذلك بسبب الوزن الجزيئي المنخفض لهذه السوائل، اذ كان لابد من مزجه مع سائل بوليميري ذو وزن جزيئي مرتفع بحيث يكون هذا السائل البوليميري هو القاعدة وأما السائل النباتي يكون هو المحمول عليها.

المراجع

•Vacanti, J.P., M.A. Morse, W.M. Saltzman, A.J. Domb, A. Perez-Atayde, and R. Langer. (1988). Selective cell transplantation using bioabsorbable artificial polymers as matrices. *J Pediatr Surg 23(1)* (Pt 2):3–9

• Li, W.-J., K.G. Danielson, P.G. Alexander, and R.S. Tuan.(2003). Biological response of chondrocytes cultured in three-dimensional nanofibrous poly(epsilon-caprolactone) scaffolds. *J. Biomed. Mater. Res. 67A(4)*: 1105–1114.

•Jirsak Oldrich. (2005). a method of nanofibres production from a polymer solution using electrostatic spinning and a device for carrying out the method.

•Hong, Z., Wang, S., & Liu, F. (2024). Synthesis of Tubular Hydroxyapatite and Its Application in Polycaprolactone Scaffold Materials. *Journal of Functional Biomaterials, 15(1), 22.*