JWPU
Journal of Al-Wataniya Private University
ISSN: 3105-2150

Volume (3) Number (2)
Available at: https://wpu.edu.sy/wpuj/index.php/wpuh/en

Studying The Effect Of Growth Hormone On Creatinine Levels And Weight In Rabbits: A Pilot Study

Dr. Shuaib Al-Ahmad [1,*], Khaled Kreij [1], Nawar Bdoor [1], Bakr Jamran [1], Abdulhadi Diab[1], Mohammed Malouk [1]

ABSTRACT

Given the high rates of irresponsible misuse of growth hormone (GH) in sports for muscle mass gain and performance enhancement, it is crucial to investigate its potential side effects, particularly on renal function, which may be affected by such practices. This pilot study aimed to evaluate the effect of GH administration on body weight and plasma creatinine levels in adult male rabbits. Sixteen male rabbits, 7 months old and weighing an average of 2 kg, were divided into two equal groups (n=8): an untreated control group and a treatment group injected subcutaneously with GH at a dose of 16 IU daily for 10 days. After treatment, blood samples were drawn from the heart, plasma was separated, and creatinine levels were measured. The results showed a significant increase in creatinine in the GH group compared to the control group (4.93 ± 0.27 mg/dL vs. 2.05 ± 0.17 mg/dL, $p<0.05$). A clear and statistically significant increase in the weights of rabbits treated after injection compared to before injection was observed: 2.7±0.35 kg versus 1.91±0.22 kg ($p<0.05$). This reflects the strong anabolic effect of growth hormone, especially at high doses, associated with a significant weight gain and possible renal functional changes that go beyond just an increase in muscle mass, which necessitates strict monitoring of renal indicators during its use.

KEYWORDS: Growth Hormone, GH, Creatinine, Weight, Rabbits, Kidney Function.

Submitted on August 29, 2025; Revised on September 20, 2025; Accepted on November 18, 2025.
© 2025 Al-Wataniya Private University. This work is licensed under the Creative Commons Attribution–NonCommercial–NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) license.

1 Faculty of Pharmacy, Al-Wataniya Private University, Hama, Syria.

* Corresponding author. E-mail address: shuaib.ahmad@wpu.edu.sy

Editorial Note: An independent editor handled this manuscript. The author, who is a member of the Editorial Board, did not participate in reviewer selection, access to reviewer reports, or the acceptance/rejection decision.

دراسة تأثير هرمون النمو على مستويات الكرياتينين والوزن عند الأرانب: دراسة تجريبية

د. شعيب الأحمد، خالد كريج، نوار بدور، بكر جمران، عبد الهادي دياب، محمد ملوك

الملخص

نظراً لارتفاع معدلات إساءة استخدام هرمون النمو (GH) بشكل غير مسؤول في الأوساط الرياضية لأغراض بناء الكتلة العضلية وتحسين الأداء البدني، تبرز أهمية دراسة آثاره الجانبية المحتملة، لا سيما على الوظيفة الكلوية التي قد تتأثر بهذه الممارسات. هدفت هذه الدراسة التجريبية إلى تقييم تأثير إعطاء هرمون النمو (GH) على وزن الجسم ومستويات الكرياتينين في البلازما لدى ذكور الأرانب البالغة. أُجريت التجربة على 16 أرنباً ذكراً بعمر 7 أشهر ومتوسط وزن 2 كغ، قُسمت إلى مجموعتين متساويتين(n=8) : مجموعة شاهدة غير معالجة، ومجموعة معالجة حُقنت بهرمون النمو تحت الجلد بجرعة 16 وحدة دولية يومياً لمدة 10 أيام. بعد انتهاء المعالجة تم سحب عينات الدم من القلب وفصل البلازما، ثم قياس مستوى الكرياتينين. أظهرت النتائج ارتفاعاً معنوياً في الكرياتينين لدى مجموعة GH مقارنة بالمجموعة الشاهدة 4.93±0.27 مغ/دسل مقابل 2.05±0.17 مغ/دسل، ($p<0.05$). كما لوحظت زيادة واضحة وذات دلالة إحصائية في أوزان الأرانب المعالجة بعد الحقن مقارنةً بما قبل الحقن 2.7±0.35 كغ مقابل 1.91±0.22 كغ ($p<0.05$)، مما يعكس التأثير الابتنائي القوي لهرمون النمو، وخاصة بجرعات مرتفعة، يرتبط بزيادة وزن ملحوظة وتغيرات وظيفية كلوية محتملة تتجاوز مجرد زيادة الكتلة العضلية، مما يستدعي ضرورة المراقبة الصارمة للمؤشرات الكلوية أثناء استخدامه.

الكلمات المفتاحية :هرمون النمو، GH، الكرياتينين، الوزن، الأرانب، الوظيفة الكلوية.

1. مقدمة

يُعد هرمون النمو (Growth Hormone, GH) من الهرمونات البروتينية الأساسية التي تُفرز من الفص الأمامي للغدة النخامية، ويؤدي دوراً محورياً في تنظيم النمو الجسدي والتوازن الاستقلابي لدى الثدييات [1]. يتمثل تأثيره الرئيسي في تحفيز تصنيع البروتين وزيادة الكتلة العضلية، وتعزيز انقسام الخلايا وتجدد الأنسجة، إضافةً إلى تأثيراته المعروفة على استقلاب الدهون والكربوهيدرات [2]. كما أن العديد من التأثيرات البيولوجية لهرمون النمو تُمارَس عبر عامل النمو الشبيه بالأنسولين–1 (Insulin-like Growth Factor-1, IGF-1) الذي يُنتَج بشكل رئيسي في الكبد، ويُعد وسيطاً مهماً في عمليات النمو البنيوي والوظيفي في مختلف الأعضاء[3].

يرتبط هرمون النمو بتغيرات استقلابية واضحة قد تؤدي إلى زيادة الوزن، سواء نتيجة تحفيز تصنيع البروتين وبناء الكتلة العضلية، أو من خلال تأثيره على توازن السوائل والشوارد. إذ تشير الأدلة إلى أن GHيساهم في احتباس الصوديوم والماء، مما ينعكس على زيادة حجم السوائل خارج الخلوية، وبالتالي زيادة الوزن الكلي للجسم. كما أن الزيادة في عامل IGF-1 قد تعزز النمو النسيجي والعضلي، الأمر الذي قد يفسر حدوث زيادات ملموسة في الوزن في حالات فرط GH أو عند إعطائه بشكل خارجي بجرعات دوائية [4,1]. إضافةً إلى دوره الاستقلابي، يُعتبر الجهاز الكلوي أحد الأهداف الحيوية لهرمون النمو و IGF-1 . فقد بينت دراسات فيزيولوجية وتجريبية أن GH يمكن أن يؤثر على ديناميكية الدوران الكلوي ومعدل الرشح الكبيبي(Glomerular Filtration Rate, GFR) ، كما قد يسبب تغيرات بنيوية ووظيفية على مستوى الكبيبات والأنابيب الكلوية عند التعرض المزمن أو الجرعات المرتفعة [5]. ويُعتقد أن زيادة نشاط GH قد ترفع الحمل الوظيفي على الكلية من خلال زيادة معدل الاستقلاب العام، وزيادة نواتج الهدم البروتيني، إضافةً إلى تأثيراته على احتباس السوائل وارتفاع الضغط داخل الكبيبات، مما قد يؤدي تدريجياً إلى اختلال مؤشرات الوظيفة الكلوية [7,6].

يُعد الكرياتينين (Creatinine) من المؤشرات المخبرية المهمة لتقييم الوظيفة الكلوية، كونه ناتجاً نهائياً للاستقلاب العضلي يتم طرحه بشكل رئيسي عن طريق الكلية [8]. لذلك فإن ارتفاع مستوى الكرياتينين في المصل يُستخدم سريرياً وتجريبياً كمؤشر على انخفاض كفاءة الإطراح الكلوي أو حدوث اضطراب في معدل الرشح الكبيبي. كما قد يرتبط ارتفاعه أيضاً بزيادة الكتلة العضلية أو زيادة معدل إنتاجه نتيجة تحفيز عمليات البناء العضلي، وهو ما قد يترافق مع التأثيرات الابتنائية لهرمون النمو [9]. بالنظر إلى الاستخدامات العلاجية المتزايدة لهرمون النمو في بعض الاضطرابات الهرمونية وحالات تأخر النمو [10, 11]، إضافةً إلى إساءة استخدامه في المجالات الرياضية لأغراض تحسين الأداء وزيادة الكتلة العضلية [12, 13]، تبرز أهمية دراسة تأثيراته الجانبية المحتملة على الأعضاء الحيوية، وخاصة الكلية. وتكتسب دراسة العلاقة بين إعطاء GH والتغيرات في الوزن ومستويات الكرياتينين أهمية خاصة في

النماذج الحيوانية، لما توفره من فهم أولي للآليات الفيزيولوجية والمرضية المحتملة، ولإمكانية الاستفادة منها في تقييم سلامة الاستخدام الدوائي لهرمون النمو [11]. انطلاقاً من ذلك، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير إعطاء هرمون النمو الخارجي على وزن الجسم ومستوى الكرياتينين في مصل الدم لدى ذكور الأرانب البالغة، باعتبارهما مؤشرين مهمين للتغيرات الاستقلابية والكلوية المحتملة المرتبطة بالعلاج بـ GH.

2. المواد وطرائق العمل

1.2. مكان إجراء الدراسة

أُجريت هذه الدراسة في مخابر كلية الصيدلة في الجامعة الوطنية الخاصة، حيث تم تنفيذ جميع الإجراءات التجريبية والتحاليل المخبرية ضمن الظروف المخبرية القياسية.

2.2. حيوانات التجربة

استُخدم في هذه الدراسة ستة عشر (16) من ذكور الأرانب البالغة من العمر سبعة أشهر، بمتوسط وزن 2 كغ. وُضعت الأرانب في ظروف بيئية موحدة من حيث الإضاءة والتهوية، وقدمت لها عليقة غذائية متوازنة طوال فترة التجربة.

3.2. المواد والكواشف المستخدمة

مستحضر صيدلاني يحتوي على **هرمون النمو (Growth Hormone, GH)** كمادة فعالة، كاشف **البيكريت القلوي (Alkaline Picrate Reagent)**، محاليل كرياتينين قياسية (Creatinine standard solutions)، ماء مقطر لإجراء التخفيفات اللازمة وتجهيز العينات.

4.2. الأجهزة المستخدمة

ميزان إلكتروني حساس، جهاز طرد مركزي (Centrifuge)، مطياف ضوئي (UV-Visible spectrophotometer)، ماصات دقيقة (Micropipettes) وكوفيتات قياس مناسبة، وأدوات حقن تحت الجلد.

5.2. تصميم الدراسة التجريبية

تم تقسيم الحيوانات عشوائياً إلى مجموعتين متساويتين (8 أرانب في كل مجموعة) كما يلي:

- **المجموعة الشاهدة (Control group):** لم تتلقَّ أي علاج .
- **المجموعة المعالجة (GH-treated group):** حُقنت بهرمون النمو بجرعة 16 وحدة دولية يومياً ولمدة 10 أيام متتالية .

6.2. طريقة إعطاء هرمون النمو

تم إعطاء هرمون النمو عن طريق الحقن تحت الجلد (Subcutaneous injection) بجرعة 16 وحدة دولية (16 IU) في منطقة مناسبة، مع الالتزام بشروط التعقيم خلال عملية الحقن.

7.2. قياس وزن الحيوانات

تم قياس أوزان الأرانب في المجموعة المعالجة قبل بدء إعطاء هرمون النمو مباشرة (اليوم صفر)، ثم أُعيد قياس الأوزان بعد انتهاء فترة العلاج (اليوم العاشر). تم إجراء القياسات باستخدام ميزان إلكتروني دقيق مُعاير مسبقاً، مع تسجيل الوزن بالكيلوغرام. أُجريت عملية الوزن في نفس التوقيت تقريباً من اليوم لتجنب تأثير التغيرات اليومية في الوزن، كما تم وزن الحيوانات قبل تقديم الطعام لضمان دقة القياس وتقليل التباين الناتج عن امتلاء الجهاز الهضمي.

8.2. جمع العينات الدموية وتحضير البلازما

بعد انتهاء فترة المعالجة، تم سحب عينات الدم من القلب مباشرة، ثم جُمعت العينات ضمن أنابيب تحتوي على مضاد تخثر مناسب. بعد ذلك تم فصل البلازما بواسطة الطرد المركزي لمدة تتراوح بين **15–10 دقيقة**، ثم تم جمع البلازما بعناية وحفظها في أنابيب نظيفة لحين إجراء التحاليل المخبرية.

9.2. تقدير الكرياتينين

تم تحديد تركيز الكرياتينين في البلازما باستخدام **طريقة جافييه الحركية (Kinetic Jaffé method)**، والتي تعتمد على تفاعل الكرياتينين مع حمض البيكريك في وسط قلوي لتكوين معقد ملون–(Creatinine picrate complex). تم قياس معدل تغير الامتصاصية طيفياً عند طول موجي يقارب **500 nm** خلال فترة زمنية محددة .تم حساب تركيز الكرياتينين بالاعتماد على معدل تغير الامتصاصية (ΔA) مقارنةً بمحلول كرياتينين قياسي معلوم التركيز، وتم التعبير عن النتائج بوحدة **mg/dL**.

10.2. الدراسة الإحصائية

تم تحليل البيانات باستخدام البرنامج الإحصائي **SPSSالإصدار 16 (SPSS v16)** .تم التعبير عن النتائج على شكل **متوسط ± انحراف معياري (Mean ± SD)** وللمقارنة بين متوسطات مستوى الكرياتينين في البلازما بين المجموعة الشاهدة ومجموعة المعالجة بهرمون النمو تم استخدام اختبار **(Independent samples t-test)** بينما أُستخدم اختبار T للعينات المزدوجة (Pairedt-test) لتقييم تغيرات الوزنقبل المعالجة وبعدها. اعتُبرت النتائج ذات دلالة إحصائية عندما كانت قيمة **$p < 0.05$**.

3. النتائج والمناقشة

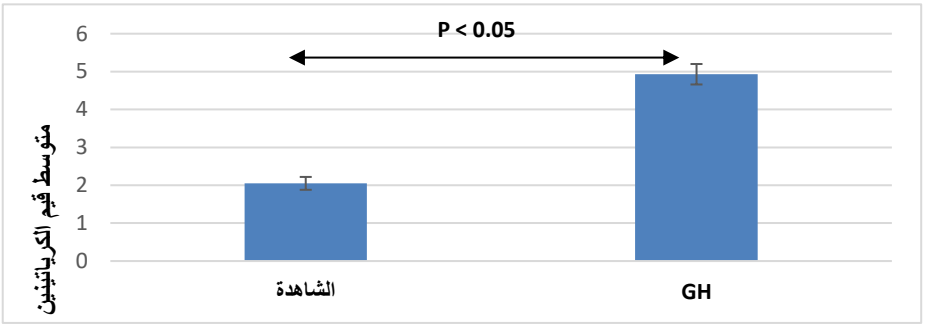
استهدفت هذه الدراسة تقييم التأثيرات الحيوية الناتجة عن إعطاء هرمون النمو (GH) بجرعات محددة في ذكور الأرانب البالغة، بالتركيز على مؤشري وزن الجسم وتركيز الكرياتينين في البلازما لربط التأثير الابتنائي للهرمون بالوظيفة الاستقلابية والكلوية.

1.3. تأثير هرمون النمو (GH) على مستوى الكرياتينين

لوحظ ارتفاع معنوي احصائيا في متوسط مستوى الكرياتينين في البلازما لدى الأرانب المعالجة بهرمون النمو مقارنة بالمجموعة الشاهدة (الشكل 1)، إذ بلغ المتوسط في المجموعة الشاهدة (2.05 ± 0.17) مغ/دسل، بينما ارتفع إلى (4.93 ± 0.27) مغ/دسل في المجموعة المعالجة. كما بين اختبار T للعينات المستقلة وجود فرق ذي دلالة إحصائية عالية بين المجموعتين ($P<0.05$) (الجدول 1)، مما يشير إلى أن إعطاء هرمون النمو أدى إلى زيادة معنوية في تركيز الكرياتينين.

الجدول (1): المقاييس الإحصائية ونتائج اختبار Independent samples t-test عند مقارنة متوسطات مستوى الكرياتينين ما بين المجموعتين

المجموعة	العدد	أكبر قيمة	أصغر قيمة	المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري	P value	دلالة الفروق
الشاهدة	8	2.45	1.95	2.05 ± 0.17	0.00	يوجد فروق دلالة إحصائية
GH	8	5.23	4.5	4.93 ± 0.27		



الشكل (1): مقارنة متوسطات قيم الكرياتينين في البلازما بين مجموعتي الدراسة

يُعد الكرياتينين ناتجاً نهائياً لاستقلاب الفوسفوكرياتين في العضلات، ويرتبط إنتاجه بصورة مباشرة بكمية الكتلة العضلية ومعدل الاستقلاب العضلي [14]. ونظراً لما يتمتع به هرمون النمو من تأثيرات ابتنائية قوية تتمثل في تحفيز تصنيع البروتين وزيادة نمو الأنسجة العضلية، فإن جزءاً من الزيادة الملحوظة في تركيز الكرياتينين يمكن تفسيره بزيادة إنتاجه الناتجة عن تنامي الكتلة العضلية. إلا أن الارتفاع الكبير في مستوى الكرياتينين المسجل في هذه الدراسة (4.93 مغ/دسل) يعد أعلى من الحدود الفيزيولوجية المعتادة المسجلة لدى الأرانب، والتي تتراوح غالباً بين 0.5 و1.8 مغ/دسل [15]، مما

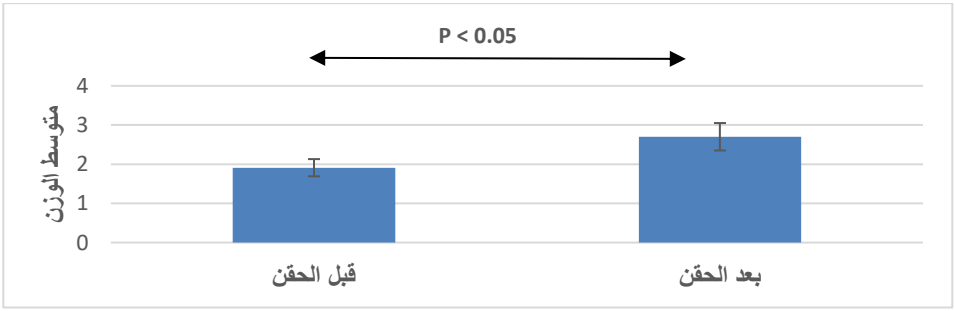
يشير إلى أن التأثير الابتنائي لهرمون النمو قد لا يكون العامل الوحيد المسؤول عن هذه الزيادة. وقد يُعزى ذلك إلى الجرعة المرتفعة نسبياً المستخدمة في هذه الدراسة (16 وحدة دولية يومياً لمدة عشرة أيام)، والتي ربما أدت إلى حدوث تغيرات وظيفية كلوية أو إلى انخفاض محتمل في معدل الترشيح الكبيبي، الأمر الذي انعكس على كفاءة طرح الكرياتينين من الجسم. ومع ذلك، لا يمكن الجزم بوجود تأثير مباشر لهرمون النمو على الوظيفة الكلوية اعتماداً على قياس الكرياتينين وحده، إذ إن تأكيد ذلك يتطلب دراسة مؤشرات إضافية لوظائف الكلية، مثل اليوريا، ومعدل الترشيح الكبيبي(GFR) ، وتحليل البول، إضافة إلى الدراسات النسيجية للكلية. لذلك فإن هناك حاجة إلى إجراء المزيد من الدراسات لتوضيح الآليات المسؤولة عن هذا الارتفاع الكبير في مستوى الكرياتينين.

2.3. تأثير هرمون النمو على وزن الجسم

أظهرت نتائج اختبار T للعينات المزدوجة (Paired T-test) وجود زيادة معنوية واضحة في أوزان الأرانب بعد المعالجة بهرمون النمو، حيث ارتفع متوسط الوزن من (1.91 ± 0.22) كغ قبل الحقن إلى (2.70 ± 0.35) كغ بعد انتهاء فترة المعالجة (الشكل 2)، وكانت الفروق ذات دلالة إحصائية عالية (P<0.001)(الجدول 2).

الجدول (2): المقاييس الإحصائية ونتائج اختبار PAIRED T-TEST عند مقارنة متوسطات الوزن قبل ولعد الحقن

الوزن	العدد	أكبر قيمة	أصغر قيمة	المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري	P- value	دلالة الفروق
قبل الحقن	8	2.2	1.5	1.91 ± 0.22	0.00P<	يوجد فوق دلالة إحصائية
بعد الحقن	8	3.1	2	2.7 ± 0.35		



الشكل (2): مقارنة متوسطات الوزن قبل ولعد الحقن

تتوافق هذه النتائج مع التأثيرات الفزيولوجية المعروفة لهرمون النمو، إذ يعمل على تحفيز الكبد لإفراز عامل النمو الشبيه بالإنسولين−1(IGF-1) ، والذي يعد الوسيط الرئيسي لتأثيراته الابتنائية. ويؤدي ذلك إلى زيادة تصنيع البروتينات واحتباس النيتروجين وتعزيز امتصاص الأحماض الأمينية في العضلات

الهيكلية، إضافة إلى تحفيز تحلل الدهون(Lipolysis) ، مما يسهم في زيادة الكتلة الجسمية الخالية من الدهون وزيادة وزن الجسم [16].

كما تتفق هذه النتائج مع العديد من الدراسات السابقة التي بينت أن إعطاء هرمون النمو يؤدي إلى تحسين النمو وزيادة الوزن نتيجة تعزيز العمليات الابتنائية وزيادة الكتلة العضلية الخالية من الدهون [17] [18].

ومن الملاحظ أن الزيادة في وزن الجسم لدى مجموعة هرمون النمو ترافق معها ارتفاع واضح في مستوى الكرياتينين، مما قد يشير إلى وجود علاقة بين التأثيرات الابتنائية لهرمون النمو وزيادة إنتاج الكرياتينين. إذ إن زيادة الكتلة العضلية وارتفاع النشاط الاستقلابي قد يسهمان في زيادة تكوين الكرياتينين. ومع ذلك، فإن الارتفاع الكبير المسجل في تركيز الكرياتينين يشير إلى أن زيادة الكتلة العضلية وحدها قد لا تكون كافية لتفسير هذه الزيادة، ولا يمكن استبعاد احتمال حدوث تغيرات وظيفية كلوية مصاحبة. إلا أن تأكيد ذلك يتطلب إجراء دراسات إضافية تتضمن قياس مؤشرات أخرى لوظائف الكلية، مثل اليوريا ومعدل الترشيح الكبيبي(GFR) ، إضافة إلى الدراسات النسيجية للكلية.

4. الاستنتاج

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن إعطاء هرمون النمو (GH) بجرعة 16 وحدة دولية يومياً لمدة عشرة أيام أدى إلى حدوث زيادة معنوية في وزن الجسم وارتفاع ملحوظ في تركيز الكرياتينين في البلازما لدى ذكور الأرانب البالغة مقارنة بالمجموعة الشاهدة. وتعكس الزيادة في الوزن التأثيرات الابتدائية المعروفة لهرمون النمو، والتي تتوسطها زيادة تصنيع البروتين وتحفيز إفراز عامل النمو الشبيه بالإنسولين−1 (IGF-1)، مما يسهم في تعزيز النمو وزيادة الكتلة الجسمية.

وفي المقابل، فإن الارتفاع الكبير في مستوى الكرياتينين يشير إلى أن التأثيرات الاستقلابية لهرمون النمو قد تتجاوز مجرد زيادة الكتلة العضلية، الأمر الذي يثير احتمال حدوث تغيرات وظيفية كلوية مصاحبة، خاصة عند استخدام جرعات مرتفعة. إلا أن الاعتماد على الكرياتينين وحده لا يسمح بإثبات وجود تأثير كلوي مباشر بصورة قاطعة، مما يستدعي إجراء المزيد من الدراسات التي تتضمن مؤشرات أكثر شمولاً لوظائف الكلية، مثل معدل الترشيح الكبيبي(GFR) ، واليوريا، والتحاليل البولية، بالإضافة إلى الدراسات النسيجية.

وبناءً على ذلك، تؤكد نتائج هذه الدراسة أهمية المتابعة الدقيقة للمؤشرات الكلوية عند استخدام هرمون النمو، كما تسلط الضوء على ضرورة تقييم سلامة الجرعات المستخدمة وتأثيراتها طويلة الأمد، بما يضمن تحقيق الفوائد الابتدائية المرجوة مع الحد من التأثيرات الجانبية المحتملة على الوظيفة الكلوية.

5. التوصيات

- ضرورة مراقبة المؤشرات الكلوية بشكل دوري عند استخدام هرمون النمو.
- إجراء دراسات مستقبلية باستخدام جرعات مختلفة وفترات أطول لتحديد العلاقة بين الجرعة والمدة من جهة والتأثيرات الكلوية من جهة أخرى .
- دعم النتائج بقياسات إضافية مثل معدل الرشح الكبيبي (GFR) والتحاليل البولية للكشف عن البروتينات أو العلامات المبكرة لاعتلال الكلية .
- إجراء دراسات نسيجية على الكلية لتقييم التغيرات البنيوية المحتملة الناتجة عن إعطاء هرمون النمو.

المراجع

[1] N. C. Olarescu, K. Gunawardane, T. K. Hanson, N. Møller, and J. O. L. Jørgensen, "Normal Physiology of Growth Hormone in Normal Adults," *Endotext*, Apr. 2025, Accessed: May 15, 2026. [Online]. Available: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK279056/.

[2] A. Vijayakumar, R. Novosyadlyy, Y. J. Wu, S. Yakar, and D. LeRoith, "Biological Effects of Growth Hormone on Carbohydrate and Lipid Metabolism," *Growth Horm. IGF Res.*, vol. 20, no. 1, p. 1, Feb. 2009, doi: 10.1016/J.GHIR.2009.09.002.

[3] A. Vijayakumar, S. Yakar, and D. LeRoith, "The Intricate Role of Growth Hormone in Metabolism," *Front. Endocrinol. (Lausanne).*, vol. 2, no. SEP, p. 32, 2011, doi: 10.3389/FENDO.2011.00032.

[4] M. Caputo *et al.*, "Regulation of GH and GH Signaling by Nutrients," *Cells*, vol. 10, no. 6, p. 1376, Jun. 2021, doi: 10.3390/CELLS10061376.

[5] E. Gurevich, Y. Segev, and D. Landau, "Growth Hormone and IGF1 Actions in Kidney Development and Function," *Cells*, vol. 10, no. 12, p. 3371, Dec. 2021, doi: 10.3390/CELLS10123371.

[6] D. Haffner, A. Grund, and M. Leifheit-Nestler, "Renal effects of growth hormone in health and in kidney disease," *Pediatr. Nephrol.*, vol. 36, no. 8, p. 2511, Aug. 2021, doi: 10.1007/S00467-021-05097-6.

[7] V. Cingel-Ristić, A. Flyvbjerg, and S. L. S. Drop, "The physiological and pathophysiological roles of the GH/IGF-axis in the kidney: Lessons from experimental rodent models," *Growth Horm. IGF Res.*, vol. 14, no. 6, pp. 418–430, Dec. 2004, doi: 10.1016/J.GHIR.2004.06.003.

[8] M. Ávila, M. G. Mora Sánchez, A. S. Bernal Amador, and R. Paniagua, "The Metabolism of Creatinine and Its Usefulness to Evaluate Kidney Function and Body Composition in Clinical Practice," *Biomolecules*, vol. 15, no. 1, p. 41, Jan. 2025, doi: 10.3390/BIOM15010041.

[9] C. Thongprayoon, W. Cheungpasitporn, and K. Kashani, "Serum creatinine level, a surrogate of muscle mass, predicts mortality in critically ill patients," *J. Thorac. Dis.*, vol. 8, no. 5, p. E305, May 2016, doi: 10.21037/JTD.2016.03.62.

[10] A. Hadzović, E. Nakas-Ićindić, E. Kucukalić-Selimović, and A. U. Salaka, "GROWTH HORMONE (GH): USAGE AND ABUSE," *Bosn. J. Basic Med. Sci.*, vol. 4, no. 4, p. 66, 2004, doi: 10.17305/BJBMS.2004.3365.

[11] M. Lisbona-Buzali *et al.*, "Unconventional Uses of Human Growth Hormone," *Arch. Med. Res.*, vol. 57, no. 5, p. 103412, Jul. 2026, doi: 10.1016/J.ARCMED.2026.103412.

[12] M. Saugy, N. Robinson, C. Saudan, N. Baume, L. Avois, and P. Mangin, "Human growth hormone doping in sport," *Br. J. Sports Med.*, vol. 40, no. Suppl 1, p. i35, Jul. 2006, doi: 10.1136/BJSM.2006.027573.

[13] R. G. Holt, "Detecting growth hormone misuse in athletes," *Indian J. Endocrinol. Metab.*, vol. 17, no. Suppl1, p. S18, 2013, doi: 10.4103/2230-8210.119494.

[14] M. Ávila, M. G. Mora Sánchez, A. S. Bernal Amador, and R. Paniagua, "The Metabolism of Creatinine and Its Usefulness to Evaluate Kidney Function and Body Composition in Clinical Practice," *Biomol. 2025, Vol. 15, Page 41*, vol. 15, no. 1, p. 41, Jan. 2025, doi: 10.3390/BIOM15010041.

[15] A. Melillo, "Rabbit Clinical Pathology," *J. Exot. Pet Med.*, vol. 16, no. 3, p. 135, Jul. 2007, doi: 10.1053/J.JEPM.2007.06.002.

[16] S. Al-Samerria and S. Radovick, "The Role of Insulin-like Growth Factor-1 (IGF-1) in the Control of Neuroendocrine Regulation of Growth," *Cells*, vol. 10, no. 10, p. 2664, Oct. 2021, doi: 10.3390/CELLS10102664.

[17] C. P. Velloso, "Regulation of muscle mass by growth hormone and IGF-I," *Br. J. Pharmacol.*, vol. 154, no. 3, p. 557, Jun. 2008, doi: 10.1038/BJP.2008.153.

[18] A. B. W. Tavares *et al.*, "Effects of Growth Hormone Administration on Muscle Strength in Men over 50 Years Old," *Int. J. Endocrinol.*, vol. 2013, p. 942030, 2013, doi: 10.1155/2013/942030.