Journal of Education and Science (ISSN 1812-125X), Vol: 31, No: 04, 2022 (01-09)

# Measurement of Osteoporosis Using Quantitative Ultrasound Technique

**Aya Azad Al-Gorani[1*], Mushtaq Abed Dawood Al-Jubbori[2], Khalid Ghanim Majeed [3]**

[1*,2]Department of Physics, Collage of Education for Pure Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq
[3]Department of Medical Physiology, College of Medicine, Ninevah University, Mosul-Iraq

Email: [1*]ayaazad3344@gmail.com, [2]mushtaq_phy8@yahoo.com, [3]Khalid.majeed.uoninevah.edu.iq

(Received April 13, 2022; Accepted May 24, 2022; Available online December 01, 2022)

DOI: 10.33899/edusj.2022.133542.1231, © 2022, College of Education for Pure Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Abstract

The aim of study is to measure osteoporosis in the right foot at the heel (calcaneus) by using the quantitative ultrasound (QUS) technique. It was measured (SOS, BUA, BQI, T-score and Z-score). While the usage of the DXA technique is measure the tissue thickness. Osteoporosis represents low bone mineral density (BMD). The heel of the foot (calcaneus) uses in QUS measurements because it contains a high ratio of trabecular bone. T-score is the predominant the diagnosis of osteoporosis used for adults, men and women over 50 years. From T-score can be to know the ratio of BMD, according to the WHO a T-score can be classified (Normal, Osteopenia and Osteoporosis). Age group 31-40 years was T-score for both sex (-0.667) is meaning (Normal bone). In the age group, 51-60 years was T-score (-1.60) for both sex represents (osteopenia). While age group 71-80 years T-score for females (-2.56) and males (-3.30), means that both males and females have (osteoporosis). P-value<0.0001 for a linear relationship between Z-score and calcaneal SOS, the value of correlation coefficient (R=0.916) and correlation coefficient square (Rsq=0.838). For correlation parameters of the relationship between calcaneal BUA and BMI includes both (P-value=0.8, R=0.020, Rsq=0.0004). The relationship between calcaneal BQI and tissue thickness is the P-value=0.7, the value correlation coefficient and the correlation coefficient square (R=-0.029, R=0.0008).

**Keyword:** Quantitative ultrasound (QUS), Speed of sound (SOS), Broadband ultrasound attenuation (BUA), Bone quality index (BQI).

# قياس هشاشة العظام باستخدام تقنية الكمية للموجات فوق الصوتية

**آيه أزاد الگوراني[1*]، مشتاق عبد داود الجبوري[2]، خالد غانم مجيد[3]**

[1*،2] قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، الموصل، العراق
[3] قسم الفيسيلوجيا الطبية، كلية الطب، جامعة نينوى، الموصل، العراق

**الخلاصة:**

الهدف من هذه الدراسة قياس هشاشة العظام القدم اليمنى عند الكعب (العقبي) باستخدام تقنية الموجات فوق الصوتية الكمية (QUS). إذ تم قياس (SOS,BUA,BQI,T-score and Z-score). في حين يتم أستخدام تقنية DXA لقياس سماكة الأنسجة. يمثل هشاشة العظام انخفاض كثافة المعادن بالعظام (BMD). يستخدم كعب القدم (العقبي) في قياسات QUS لأنه يحتوي على نسبة عالية من العظم التربيقي. أن T-score هي سائدة في تشخيص هشاشة العظام وتستخدم للبالغين ورجال والنساء فوق سن 50 سنه. من T-score يمكن معرفة نسبة كثافة المعادن بالعظام، ووفقاً لمنظمة الصحة العالمية، يمكن تصنف T-score الى ( Normal, Osteopenia, Osteoporosis) . الفئة العمرية 31−40 سنه كانت T-score لكلأ الجنسين (0.667−) تعني عظام طبيعية (Normal). وأن في الفئة العمرية 51−60 سنه كانت T-score لكلا الجنسين (1.60−) تمثل بداية هشاشة العظام (Osteopenia) . في حين أن في الفئة العمرية 71−80 سنه T-score للأناث (2.56−) والذكور (3.30−) تعني أن كلا من الذكور والأناث لديهم هشاشة العظام (Osteoporosis).P-value<0.0001 للعلاقة خطية بين Z-score و calcaneal SOS قيمة معامل الأرتباط (R=0.916) ومربع معامل الأرتباط (Rsq=0.838). بالنسبة المعلمات الأرتباط للعلاقة بين calcaneal BUA و BMI تشمل كلاً من (P-value=0.8,R=0.020,Rsq=0.0004). العلاقة بين calcaneal BQI و Tissue thickness كانت قيمة P-value=0.7 وأن قيمة معامل الأرتباط ومربع معامل الأرتباط (R=-0.029,Rsq=0.0008).

**الكلمات المفتاحية :** الموجات فوق الصوتية الكمية (QUS) ، مؤشر جودة العظام (BQI)، سرعة الصوت (SOS). التوهين بالموجات فوق الصوتية ذات النطاق العريض (BUA).

---

**1.المقدمة**

هشاشة العظام هو مرض هيكلي يتميز بانخفاض كثافة المعادن بالعظام ((Bone mineral density (BMD) وتدهور البنية الدقيقة لأنسجة مما يؤدي الى زيادة مخاطر الكسور [1]. يعتبر هشاشة العظام الذي يحدث في مرحلة متطورة السبب الرئيس للمرض والوفيات في جميع انحاء العالم. لذا تبين أن سلوكيات نمط الحياة تسرع من فقدان كثافة العظام وأن هناك أدلة قوية تشير الى أن تحسين تراكم العظام في العقود الأولى من الحياة يمكن ان يقلل من خطر الاصابة بهشاشة العظام ومضاعفاتها. من المعروف أن المحتوى المعدني للعظام ((Bone mineral content (BMC) يزداد أثناء الطفولة و يصل الى أعلى معدل تراكم عند سن البلوغ وثم يتناقص تدريجياً مع التقدم في العمر . لايمكن تحديد كتلة العظام من خلال ذروة كتلة العظمية فقط وانما يتم تحديدها من خلال العديد من العوامل التي تؤثر على أكتساب العظام اثناء النمو وفقدانها في وقت لاحق من الحياة [2] . تزداد كسور هشاشة مع التقدم العمر لدى كل من الرجال والنساء، وخاصة عند النساء بعد سن اليأس نتيجة أنخفاض هرمون الأستروجين [3]. أنخفاض هرمون الأستروجين الذي يحدث عند النساء مع تقدم بالعمر يؤدي الى زيادة في معدل دوران العظام مع زيادة في عمليات الأمتصاص وبالتالي يؤدي الى ذلك إلى متصاص المعادن من العظام وأنثقاب العظام التربيقية مع أختلال بنية الهيكل العظمي الطبيعي [1]. يعتبر التصوير الشعاعي مفيد في معرفة الكسور، لكنه لا يبن هشاشة العظام في مراحلة المبكرة. يمكن الكشف عن كثافة العظام كوحدة حجمية وتقييم الجزء التربيقي للعظام من خلال استخدام تقنية التصوير المقطعي الكمي المحوسب ( Quantitative computed tomography (QCT)) [1]. لذا فإن المبادئ التوجيهية الموصى به لتشخيص هشاشة العظام قياس أمتصاص الاشعة السينية ثنائي الطاقة ((Dual- energy x-ray absorptiometry (DXA إذ يتم قياس كثافة المعادن العظام

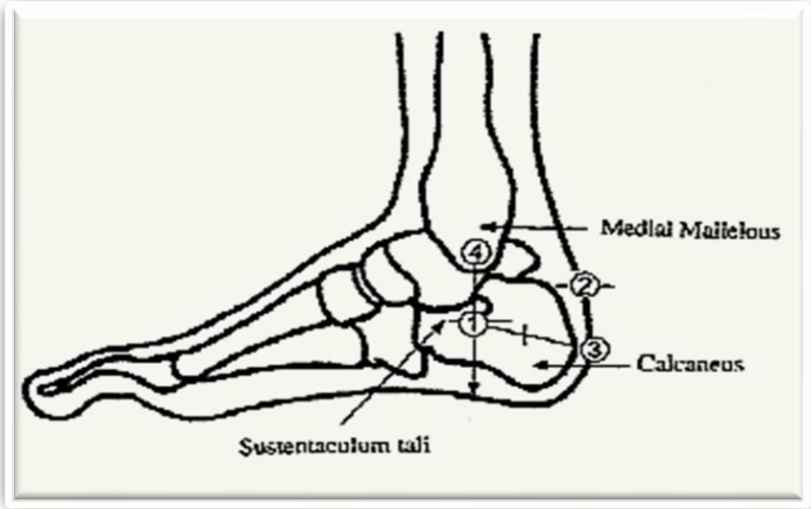
(BMD) وقياس المحتوى المعدني للعظام (BMC) وتميز بين تراكيب الجسم المختلفة ولكن لايمكن من خلالها تميز بين بنية العظام والتركيب الهندسي لعظام القشرية والتربيقية. وأن هناك عدد من العيوب (DXA) بما في ذلك التعرض للأشعاع المؤين، والتكلفة المرتفعة والحاجة الى معدات ثابتة ضخمة [4,5]. ظهرت تقنية بديلة لقياس هشاشة العظام الموجات فوق الصوتية الكمية ( Quantitative ultrasound (QUS) هي تقنية محمولة خالية من الأشعاع المؤين وسهلة الاستخدام والتكلفة منخفضة و لديها القدرة على تقيم كثافة المعادن بالعظام والصفات الهيكلية أو الميكانيكية للعظام. يمكن من خلال تقنية قياس كل من سرعة الصوت (Speed of sound (SOS)) والتوهين بالموجات فوق صوتية ذات النطاق العريض ( Broadband ultrasound attenuation (BUA)). يعتبر التوهين بالموجات فوق الصوتية هو مقياس للتشتت وامتصاص الموجات ويعكس كل من كثافة العظام والبنية الدقيقة للعظام . اما بالنسبة لسرعة صوت فهي تقيس سرعة الموجة الصوتية التي تمر عبر الماء او العظام او هلام (الجل) والأنسجة الرخوة [6]. وجدت من خلال الدراسات السريرية أن قياسات سرعة الصوت و التوهين بالموجات فوق الصوتية يكون أقل للأشخاص الذين لديهم هشاشة العظام وكسور سابقة [7]. في تقنية الكمية لموجات فوق الصوتية تم اختيار كعب القدم (العقبى ( Calcaneal or Calcaneus) في القياسات هشاشة لانه يحتوي على نسبة عالية من العظام التربيقية، ويمكن ايضاً قياس مواقع أخرى مثل الرضفة ( Patella ) والأصابع (Fingers) ولكن أقل استخداماً [8]. تهدف هذة الدراسة الى قياس هشاشة العظام القدم اليمنى عند الكعب (QUS) باستخدام تقنية الموجات فوق الصوتية الكمية (QUS).

**2. طريقة العمل**

أجريت هذة الدراسة في مجمع طبي (أدم2) قسم هشاشة العظام في محافظة نينوى، مدينة الموصل، العراق. استمرت فترة الدراسة من أكتوبر 2021 الى فبراير 2022. حيث شارك في هذة الدراسة مجموعة مكونة من 123 شخصًا من كلأ الجنسين و كأن عدد الذكور 18 والأناث 105. لذا تم تشخيص هشاشة العظام للقدم اليمنى باستخدام تقنية الموجات فوق الصوتيه QUS من نوع ( SONOST 3000 OsteoSys)، لإذ تم تقييم جودة عظام القدم اليمنى منطقة الكعب (العقبي). قبل أجراء الفحص تم أخذ قياسات الطول والوزن ومؤشر كتلة الجسم (BMI)، إذ أستخدم مقياس رقمي حساس لتحديد الوزن (Kg) و أستخدم مقياس المسافة لقياس الطول الجسم (Mater) يتم تعريف مؤشر كتلة الجسم ( Body mass index (BMI)=weight/height ($Kg/m^2$) . قبل البدء بالفحص يتم أجراء معايرة لجهاز QUS كما في (الشكل A 1) من أجل تنشيط الجهاز وحصول على نتائج جيدة بواسطة جهاز المعايرة ( QC Phantom) .عند اجراء الفحص يوضع مادة هلامية (الجل) على الكعب (العقبي) المريض وضع قدم المريض في داخل جهاز QUS كما في (الشكل B 1) وأدخلت بيانات المريض كالعمر ، الطول، الوزن، والجنس لاتمام عملية الفحص. من خلال تقنية تم قياس كل من (SOS,BUA,BQI,T-score and Z-score). مدة الفحص تستغرق حوالي (5-10mimutes ). وفي هذة الدراسة استخدمت DXA لقياس سماكة الأنسجة. تكون نتائج الاختبار على شكل درجتين T-score, Z-score. يمكن ملاحظه عظم العقبى (calcaneus) للقدم منطقة الكعب الذي تم قياس كما في (الشكل2).

A B

**الشكل1 (A&B).** (A) يبين طريقه معايرة جهاز QUS. (B) قياس هشاشة العظام القدم اليمنى منطقة الكعب باستخدام جهاز QUS.

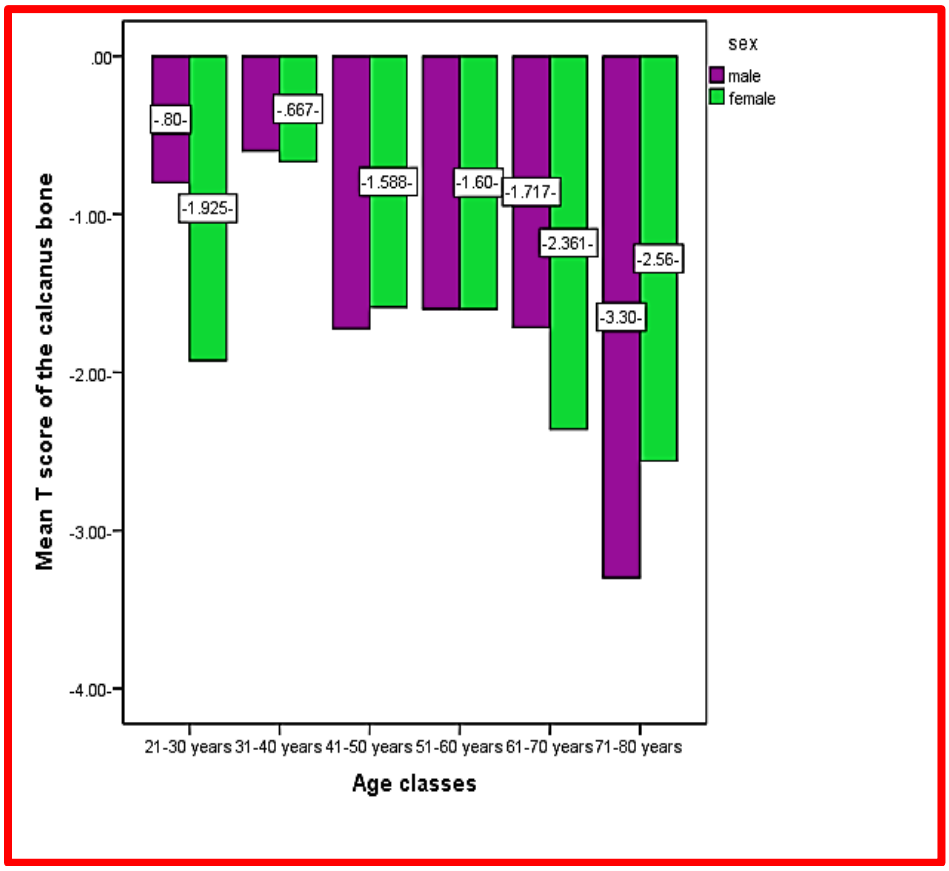



**الشكل2**. يوضح عظم القدم منطقة الكعب (العقبي (calcaneus))[9].

**3.النتائج**

يوضح (الشكل3) توزيعات T-score مع العمر بين المشاركين في الدراسة الحالية الذين تتراوح أعمارهم بين 21–80 سنه . تبين أن فى الفئة العمرية 21–30 سنه أن T-score بالنسبة للذكور(male) (0.80–) اي أن العظام لدى المرضى الذكور تكون طبيعية (Normal) واما الأناث (female) كأنت T-score (1.925–) وتعني بداية هشاشة العظام (Osteopenia) لذا فإن الأناث أكثر عرضة للأصابة بهشاشة العظام من الذكور في هذة الفئة العمرية. وفي الفئة العمرية 31–40 سنه كأنت T-score لكلا الجنسين(–0.667) اي عظام طبيعة. اما في الفئة العمرية 41–50 سنه فقد كانت T-score (1.588–) لكلا الجنسين تمثل بداية هشاشة العظام. اما بالنسبة الفئة العمرية 51–60 سنه T-score (1.60–) فتعني انخفاض كتلة العظام أى بداية هشاشة العظام لكلا الجنسين. وفي الفئة العمرية 61–70 سنه تبين أن T-score بالنسبة للذكور (1.717–) وللأناث (2.361–) وهذا يعني ان الأناث

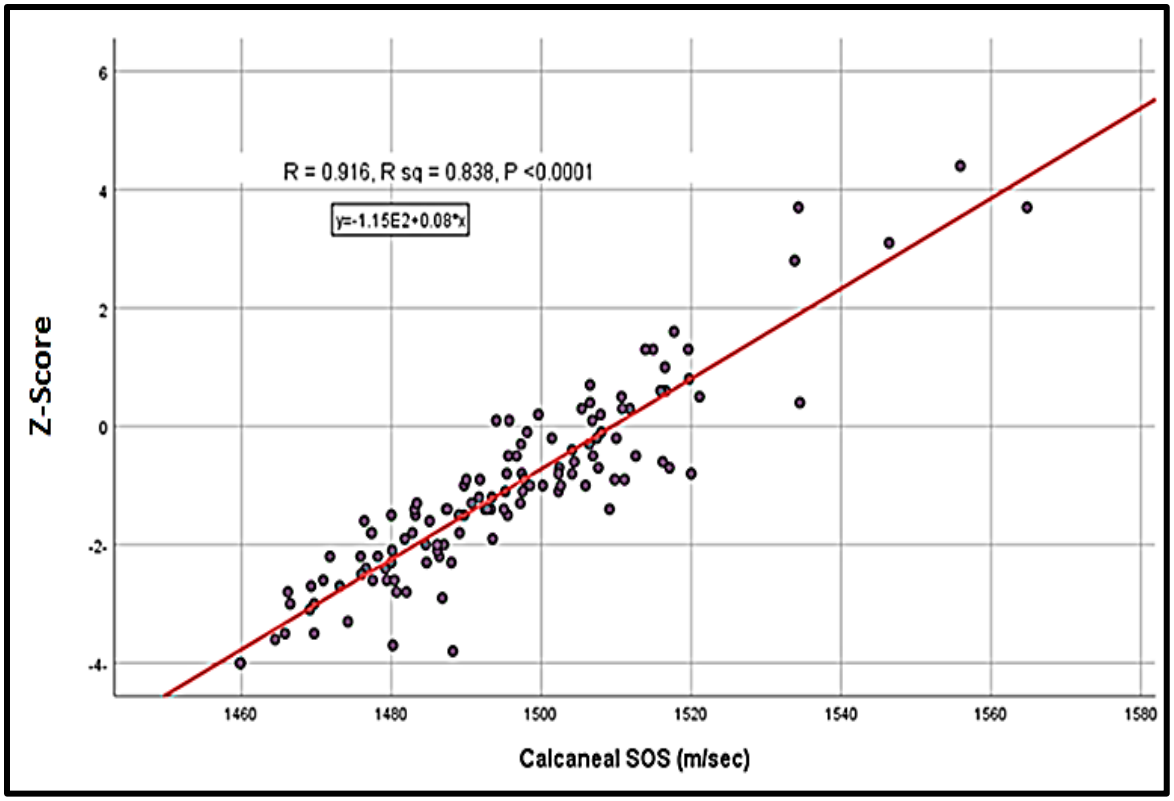
أكثر عرضة للأصابة بهشاشة العظام من الذكور. الفئة العمرية 71−80 سنه حيث كانت T-score للذكور (−3.30) وللأناث (−2.56) تعني أن الذكور والأناث مصابون بهشاشة العظام (Osteoporosis) ولكن الذكور أكثر عرضة من الأناث.




**الشكل3.** متوسط T-score لعظم العقبي مع العمر.

(الشكل4) يوضح علاقة الأرتباط بين Z-score و Calcaneal SOS من النتائج وجد أن هذة العلاقة لها دلالة احصائية (P-value<0.0001) وأن معامل الأرتباط (R=0.916) ومربع معامل الأرتباط (Rsq=0.838). يمكن الحصول على معادلة التنبؤ من هذة العلاقة من خلال استخدام الأرتباط وتحليل الأنحدار الخطي Z-score و calcaneal SOS كما في معادلة Eq.1.

$$\text{Z-score} = 1.15E2+0.08\times\text{calcaneal SOS} \qquad (1)$$



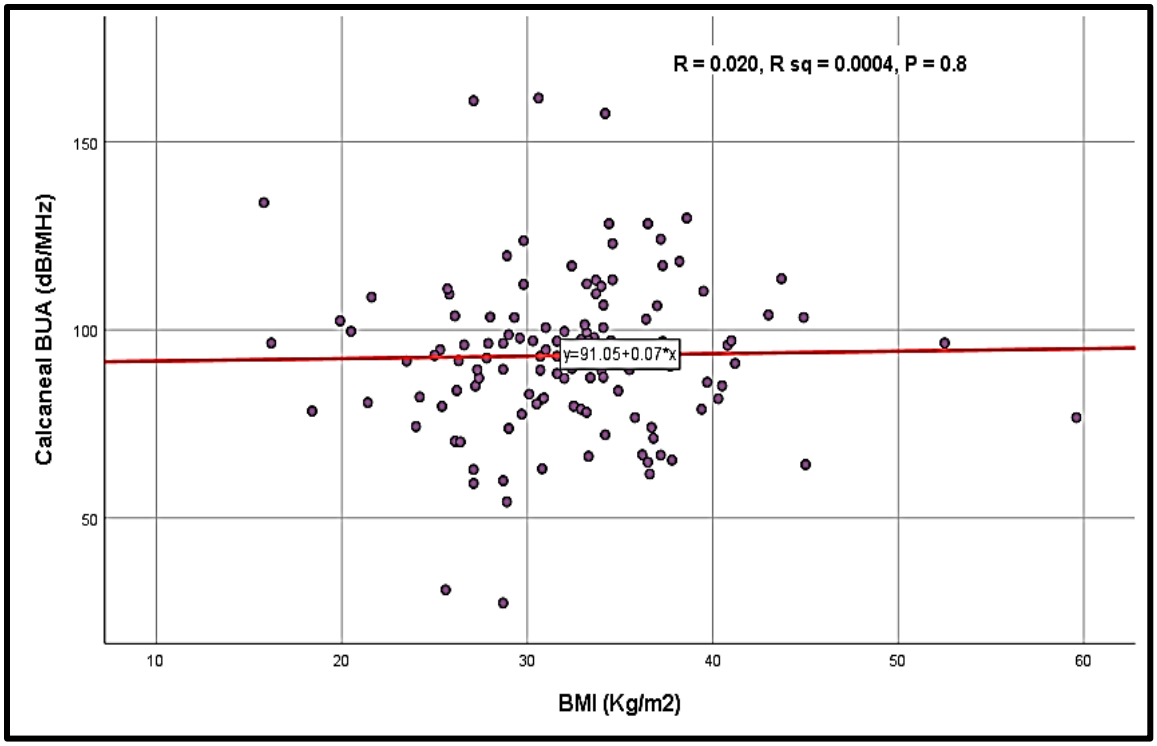

**الشكل4.** الأرتباط بين Z-score و Calcaneal SOS .

(الشكل5) يبين علاقة الأرتباط بين Calcaneal BUA و BMI لذا فأن معامل الأرتباط (R=0.020) ومربع معامل الأرتباط (Rsq=0.0004) وجد أن هذة العلاقة ليس لها دلالة أحصائية (P-value=0.8) لأن قيمة P-value أكبر من 0.05. من خلال استخدام الأرتباط وتحليل الأنحدار الخطي تم الحصول على معادلة التنبؤ باستخدام المتغير calcaneal BUA مع BMI كما فى معادلة Eq. 2.

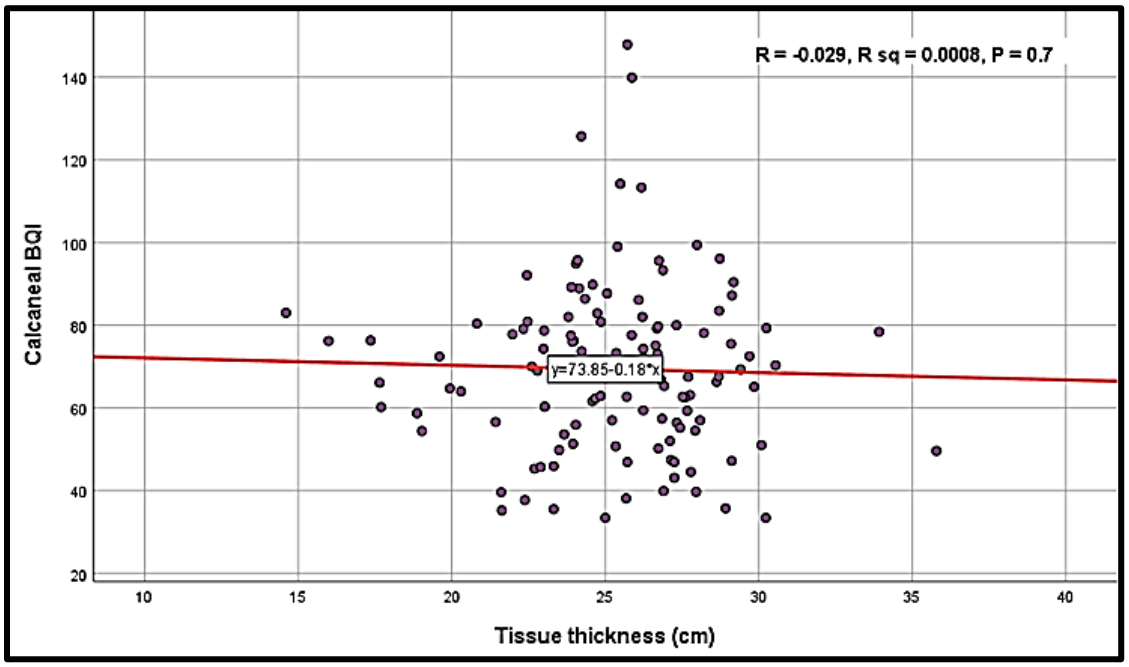
$$\text{Calcaneal BUA} = 91.05 + 0.07 \times \text{BMI} \qquad (2)$$

(الشكل6) يبين علاقة الأرتباط بين calcaneal BQI و سماكة الأنسجة (Tissue thickness) تبين أن هذة العلاقة ليس لها دلالة أحصائية (P-value=0.7) وأن معامل الأرتباط (R=-0.029) ومربع معامل الأرتباط (Rsq=0.0008). تم الحصول على معادلات التنبؤ من خلال استخدام الأرتباط وتحليل الأنحدار الخطي كما في معادلة Eq. 3.

$$\text{Calcaneal BQI} = 73.85 - 0.18 \times \text{tissue thickness} \qquad (3)$$




**الشكل5.** الأرتباط بين Calcaneal BUA و BMI .




**الشكل6.** الأرتباط بين Calcaneal BQI و Tissue thickness.

## 4.المناقشة

في هذة الدراسة استخدمت تقنية QUS لقياس هشاشة العظام للقدم اليمنى عند الكعب (العقبى). إذ تم قياس كل من سرعة الصوت (SOS) والتوهين بالموجات فوق الصوتية ذات النطاق العريض (BUA) وقياس مؤشر جودة العظام (Bone quality (BQI)

index) . وفي هذة الدراسة تم استخدام DXA لقياس سماكة الأنسجة. أن T-score السائدة في تشخيص هشاشة العظام وتعكس مخاطر الكسر تستخدم لدى البالغين و للرجال والنساء فوق سن 50 سنه أما Z-score فلتستخدم لتشخيص انخفاض كثافة العظام لدى الأطفال والشباب. وفقاً لتوصيات المنظمة الصحة العالمية ((world health organization (WHO) يمكن تصنيف T-score كما يلي: ((Normal(-1.0 and above))، ((Low bone mass(osteopenia) between -1.0 and -2.5)، ((osteoporosis(2.5 below -)) (Severe osteoporosis, below-2.5 and one or more fracture) [10]. تبين من خلال (الشكل3) أن كلاً من الرجال والنساء من الفئة العمرية 41–80 سنه أكثر عرضة للأصابة بهشاشة العظام. لأن مع التقدم بالعمرتقل كثافة المعادن فى العظام وبالتالى تكون العظام اكثر عرضة للهشاشة لكلا الجنسين. وأن النساء تفقد عظامها أسرع من الرجال لان كتلة العظمية للنساء تكون أقل من الرجال. وهناك عوامل تؤدي الى انخفاض كثافة المعادن وتسبب هشاشة العظام وتشمل كلاً من (التقدم بالعمر، نقص فيتامين D ، أنخفاض تناول الكالسيوم، التدخين، والاستهلاك المفرط للكحول ، كسور السابقة ، سن البلوغ ألمتاخر، أنخفاض وزن الجسم، تناول كميات كبيرة من الكافين، قصور الغدة التناسلية لدى الذكور، الدخول سن أليأس المبكر للنساء أي أنخفاض هرمون الأستروجين، وأن من الاسباب الثانوية لهشاشة العظام : فرط نشاط الغدة الدرقية ، علاج بالسرطان، أمراض الكلى والكبد و السكري، التهاب المفاصل الروماتويدي، سوء الأمتصاص الأمعاء، أستئصال المعدة، علاج بالكرتزون، علاج بالجلوكوكورتيكويد) [11]. (الشكل4) من خلال استخدام الأرتباط وتحليل الأنحدار وجد ان هناك علاقة أرتباط طردي قوي (علاقة خطية ) بين Z-score و calcaneal SOS لأن قيمة R قريبة من واحد إذ تتراوح قيمة R (1 الى −1). لذا فأن كلما زادت قيمة calcaneal SOS تزداد Z-score وكلما تقل قيمة calcaneal SOS تقل قيمة Z-score . (الشكل 5) تبين أن هناك علاقة الأرتباط طردي ضعيف أي شبه منعدم بين calcaneal BUA و BMI لأن قيمة معامل الأرتباط R قريب من الصفر. ووجد (الشكل 6) أن هناك علاقة الأرتباط العكسي ضعيفة و شبة منعدمة بين calcaneal BQI و tissue thickness، لأن قيمة معامل الأرتباط قريب من الصفر.

**5.الأستناجات**

تستخدم في هذة الدراسة التقنية الكمية لموجات الفوق الصوتية (QUS لقياس هشاشة العظام القدم اليمنى عند الكعب (العقبي). لذا فأن من خلال تقنية QUS تم قياس كلاً من سرعة الصوت SOS والتوهين بالموجات فوق الصوتية ذات النطاق العريض BUA وقياس مؤشر جودة العظام BQI الذي يجمع بين SOS و BUA. معلمات QUS التي تشمل كل من SOS و BUA تعكس كثافة العظام ومرونة العظام. T-score يتم من خلالها تشخيص الاصابة بهشاشة العظام. أن كثافة العظام تقل مع التقدم بالعمر لكلا الجنسين وتصبح العظام أكثر عرضه للهشاشه . تبين أن هناك علاقة ارتباط خطي بين Z-score و calcaneal SOS . اما بالنسبة للارتباط بين calcaneal BUA و BMI علاقة الأرتباط طردية ضعيفة أي شبة منعدمة. وأن الأرتباط بين calcaneal BQI و tissue thickness علاقة الأرتباط عكسية ضعيفة شبة منعدمة.

**6. Acknowledgements**

The authors would like to thank the University of Mosul / College of Education for Pure Sciences for their facilities, which have helped to enhance the quality of this work.

**7. المراجع**

[1] V. Camozzi, F. De Terlizzi, M. Zangari and G. Luisetto, "Quantitative Bone Ultrasound at Phalanges and Calcaneus in Osteoporotic Postmenopausal Women: Influence of Age and Measurement Site," *Ultrasound Med. Biol.*, vol. 33, no. 7, pp. 1039–1045, 2007, doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2007.01.002.

[2] E. Babaroutsi, F. Magkos, Y. Manios, and L. S. Sidossis, "Body mass index, calcium intake, and physical activity affect calcaneal ultrasound in healthy Greek males in an age-dependent and parameter-specific manner," *J. Bone Miner. Metab.*, vol. 23, no. 2, pp. 157–166, 2005, doi: 10.1007/s00774-004-0555-6.

[3] K. Landin-Wilhelmsen et al., "Calcaneal ultrasound measurements are determined by age and physical activity. Studies in two Swedish random population samples," *J. Intern. Med.*, vol. 247, no. 2, pp. 269–278, 2000, doi: 10.1046/j.1365-2796.2000.00642.x.

[4] U. M. Anna, S. Maria, and B. Kerstin, "Comparison of quantitative ultrasound of calcaneus and dual energy X-ray absorptiometry in measuring bone density and predicting fractures in patients with diabetic polyneuropathy: A prospective cohort study," *Diabetes Res. Clin. Pract.*, vol. 180, 2021, doi: 10.1016/j.diabres.2021.109064.

[5] Q. K. Al-Dulamey, N. A. S. Alhamdaney, and J. A. Fadhil, "The Effect of Weak x-rays on Some Physiological and Psychological Behaviors of Adult Hamsters," *NeuroQuantology*, vol. 20, no. 2, pp. 01–09, 2022, doi: 10.14704/nq.2022.20.2.NQ22018.

[6] M. C. Wang et al., "Influence of pre-adolescent diet on quantitative ultrasound measurements of the calcaneus in young adult women," *Osteoporos. Int.*, vol. 9, no. 6, pp. 532–535, 1999, doi: 10.1007/s001980050181.

[7] M. L. Bouxsein and S. E. Radloff, "Quantitative ultrasound of the calcaneus reflects the mechanical properties of calcaneal trabecular bone," *J. Bone Miner. Res.*, vol. 12, no. 5, pp. 839–846, 1997, doi: 10.1359/jbmr.1997.12.5.839.

[8] M. Moris et al., "Quantitative ultrasound bone measurements: normal values and comparison with bone mineral density by dual X-ray absorptiometry," *Calcif .Tissue. Int.*, vol 57,pp.6-10,1995 .

[9] K. D. Häusler, P. A. Rich, P. C. Smith, and E. B. Barry, "Relationships between static histomorphometry and ultrasound in the human calcaneus," *Calcif. Tissue Int.*, vol. 64, no. 6, pp. 477–480, 1999, doi: 10.1007/s002239900636.

[10] International Atomic Energy Agency., "Dual energy X ray absorptiometry for bone mineral density and body composition assessment," *IAEA Human Health Series No. 15*. p. 132, 2010, page81,82.

[11] J. E. Compston and C. J. Rosen, "Fast Facts : Osteoporosis," 2009, page 18,42 .