الاعتبارات الإرجونوميكية الواجب مراعاتها عند تصميم المقابض الوظيفية بالمنتجات الصناعية

Ergonomic Considerations to be Taken into Account in Designing Functional Knobs for Industrial Products

م. د/ كريم صابر مصطفى الصادق

مدرس - قسم التصميم الصناعي- كلية الفنون التطبيقية - جامعة بني سويف

Dr. Kareem Saber Mustafa

Industrial design Dept., Faculty of Applied Arts

Beni-Suef University, Egypt

karim.designhome@apparts.bsu.edu.eg

ملخص البحث:

يهدف علم الإرجونوميكس إلى تصميم المنتجات المختلفة التى يتعامل معها المستخدمون بما يحقق لهم الراحة والأمان، لذلك أُطلق على علم الإرجونوميكس "فن التصميم لراحة ورفاهية البشر". وبالنظر إلى المنتجات الصناعية المختلفة، يلاحَظ أنه على الرغم من التطور التقني بها، فإن الجانب التفاعلى بين المستخدم والمنتج ما زال قائمًا، وخصوصًا من خلال القبضات الوظيفية التى تمثل الجانب المهم من الناحية الاستخدامية لدى المستخدم، بجانب تأثيرها فيزيائيًّا مباشرةً فيه. فعلى سبيل المثال تشير الدراسات إلى أن استخدام العدد اليدوية تسبب فى ما يقارب ٩% من إجمالى الإصابات المهنية، ما يُظهر مدى تأثير تصميم تلك المقابض الوظيفية فى المستخدم، لذلك يتناول البحث دراسة تحليلية للمقابض الوظيفية المختلفة بالمنتجات الصناعية، التى تعتمد بقدر كبير على التفاعل المباشر بينها وبين المستخدم، وتتطلب منه ضرورة استخدام اليدين والذراعين بقوة معينة ليتمكن من استخدامها والتحكم فيها، للوصول إلى وضع مجموعة من الاعتبارات الإرجونوميكية كمرجعية للمصممين ودارسى التصميم الصناعى، لمساعدتهم على تصميم تلك المقابض الوظيفية بالمنتجات المختلفة، وتحسين الوظيفة الاستخدامية والإرجونوميكية لها، بما يضمن توفير الراحة والأمان للمستخدمين كافة بجميع فئاتهم وأعمارهم.

الكلمات المفتاحية:

المستخدم– المصمم الصناعى– علم الإرجونوميكس- إصابات العمل- التصميم الصناعى- العدد اليدوية.

Abstract:

Ergonomics is the process of designing different products that users deal with in a way to ensure comfort and safety for them, therefore ergonomics is known as the art of design to offer better luxury and comfort for people. For various industrial products, despite their technical development however the interactive side between them and the user still exists, specifically for functional knobs which represent their importance for user in addition to their direct physical effect on him/her. For example , studies indicate the use of hand tools is in response to which approximately 9% of the overall occupational injuries which shows the effect of designing functional knobs on user (Aghazadeh,1986).This research addresses an analytical study of the various functional knobs in industrial products in which it depends on a direct interaction between them and the user and requires him/her to use hands and arms with a certain force to be able to use and control them in which it will lead to have a set of ergonomic considerations as a reference for designers and industrial design students in order to help them in designing

their functional knobs with different products and improving their usability and ergonomical function of them in a way to ensure comfort and safety for all users of all categories and ages.

Keywords:
User, Industrial designer, Ergonomics, Occupational Injuries, Industrial Design, Hand Tools.

1. المقدمة

ظهر علم الإرجونوميكس (Ergonomics) كعلم قادر على تقديم حلول تصميمية للمشكلات المترتبة على تفاعل المستخدم مع المنتجات الصناعية المختلفة، مع دراسة ظروف التشغيل التى يمكن أن تؤثر على نحو مباشر أو غير مباشر فى المستخدم، فعلم الإرجونوميكس يسعى لضمان الاستخدام الآمن والمريح للمستخدم، من خلال دراسة وتقييم التصميم الخارجى للمنتج، والتأكد من مدى قدرته على مساعدة المستخدمين على أداء وظائفهم بصورة أسهل وأسرع، مع تقليل نسبة الخطأ التى تنشأ عن عمليات التشغيل والتفاعل بين المستخدم والمنتج إلى أدنى مستوى ممكن.

وبالنظر إلى طبيعة المنتجات الصناعية المختلفة، يلاحَظ أن تصميم المقابض الوظيفية بتلك المنتجات يحتل المرتبة الأولى من حيث العلاقة والتفاعل بين المستخدم والمنتج، حيث تعد تلك القبضات الوسيلة الأولى لمساعدة المستخدم على استخدام المنتج والتحكم فيه، لذلك فإن أى قصور فى تصميم تلك المقابض باختلاف صورها يمكن أن يؤثر مباشرةً فى المستخدم، ويُشعره بعدم الراحة وعدم القدرة على استخدام المنتج على نحو مريح وآمن، بجانب تأثيره على نحو غير مباشر فيه على المدى الطويل، من خلال ظهور مشكلات جسدية وعضلية لديه، لذلك فإن التصميم الصحيح للقبضة الوظيفية يؤدى إلى أداء استخدامى أفضل للمستخدم.

2. موضوع البحث

يعتمد الكثير من المنتجات الصناعية والخدمات على الجانب العضلى للمستخدم، من خلال استخدام ذراعيه ويديه ليتمكن من استخدامه على النحو الأمثل، بجانب إحكام السيطرة على المنتج والقدرة على تحريكه، لذلك فإن تصميم المقبض الوظيفى الجيد يمثل أهمية لكلٍّ من المصمم والمستخدم على حد سواء، فالمصمم يسعى للوصول إلى أفضل التصميمات لتلك المقابض لضمان سهولة الاستخدام، بجانب تحقيق معايير الأمان بين المستخدم والمنتج، فى حين يبحث المستخدم عن تصميم المقبض المريح حتى يتمكن من أداء الوظيفة من دون وجود عائق بينه وبين المنتج.

لذلك فإن تصميم المقابض الوظيفية يمثل أهمية قصوى فى مجال تصميم المنتجات، وعادةً يسعى الباحثون من خلال علم الإرجونوميكس إلى الوصول إلى مجموعة المتطلبات والمعايير الواجب مراعاتها عند تصميم تلك المقابض، حتى يتمكن المصممون من الوصول إلى التصميم الأمثل، كذلك يبحث دارسو التصميم عن مصدر يُمكِّنهم من التعرف على تلك المعايير ودراستها، لمساعدتهم فى المستقبل على تقديم حلول تصميمية للمقابض الوظيفية تلاءم طبيعة المستخدم.

لذلك يتناول البحث المعلومات والمعايير الواجب مراعاتها من قبل المصممين ودارسى التصميم الصناعى، للوصول إلى تصميم مقبض جيد يلاءم المستخدم ويحقق معايير الأمان عند الاستخدام.

3. مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث فى عدم توافر قائمة واضحة ومرتبة بالاعتبارات الإرجونوميكية الواجب مراعاتها من قبل المصممين ودارسى التصميمات الصناعية عند تصميم المقابض الوظيفية بالمنتجات الصناعية، ما ينعكس بالسلب على أداء المنتج وطبيعة العلاقة التفاعلية بين المستخدم والمنتج.

4. هدف البحث

يهدف البحث إلى وضع قائمة بالاعتبارات الإرجونوميكية الواجب مراعاتها من قبل المصممين ودارسى التصميم الصناعى عند تصميم المقابض الوظيفية المختلفة بالمنتجات.

5. أهمية البحث

تتمثل أهمية البحث فى الآتي:

- توضيح أهمية علم الإرجونوميكس والدور الذي يلعبه فى تطوير وتحسين المنتجات.
- توضيح دور المقابض الوظيفية الذي تلعبه فى العلاقة التفاعلية بين المستخدم والمنتج.
- وضع قائمة بالاعتبارات الواجب مراعاتها عند تصميم المقابض الوظيفية من قبل مصممى ودارسي التصميم الصناعى.
- القدرة على الوصول إلى تصميمات لمقابض وظيفية بالمنتجات الصناعية تحقق الأمان والراحة للمستخدمين.

6. منهج البحث

يتبع البحث المنهج الوصفى التحليلى للوصول إلى منهجية تساعد الدارس على وضع المتطلبات الواجب مراعاتها عند تصميم المقابض الوظيفية.

7. فرض البحث

إن وضع قائمة بالاعتبارات الإرجونوميكية الخاصة بتصميم المقابض الوظيفية بالمنتجات الصناعية كمرجعية لكلٍّ من مصممى ودارسى التصميم الصناعى، سيؤدى إلى الوصول إلى تصميم مناسب وملائم للمستخدم.

8. الدراسة التحليلية

٨-١ الاعتبارات الإرجونوميكية الواجب مراعاتها عند تصميم المقابض الوظيفية بالمنتجات الصناعية

اهتم علم الإرجونوميكس (Ergonomics) منذ ظهوره اهتماماً واسعاً بدراسة طبيعة العلاقة بين الإنسان والمنتج داخل بيئة العمل، واتجهت الأبحاث والدراسات الإرجونوميكية إلى الاهتمام بكل ما يتعلق بالعنصر البشرى، الذى هو أساس العلاقة التفاعلية والعمل على تطويع كل ما يحيط به لخدمته وتحقيق الراحة والأمان له، لذلك أُطلق على علم الإرجونوميكس "علم وفن تصميم الأشياء بما يتناسب مع طبيعة البشر (المستخدمين).

ويعد علم الإرجونوميكس مجالًا تطبيقيًا مشتركًا بين علوم مختلفة، حيث يتطلب من دارسيه المعرفة بعلوم كثيرة، مثل علم التشريح (Anatomy)، وعلم الأنثروبومترى (Anthropometry)، وكذلك علم السيكولوجى (Psychology)، وغيرها من العلوم التى تكتمل فى ما بينها للوصول إلى علم الإرجونوميكس، ما يجعل وضع تعريف محدد لذلك العلم من الأمور الصعبة بسبب تشعب المعارف والمجالات به، الأمر الذي جعل كثيرًا من الخبراء والدارسين يطلقون عليه مجموعة من الأسماء المختلفة مثل علم النفس الصناعى، الهندسة البشرية، العوامل الإنسانية، وغيرها، وجميعها مترادفات لموضوع واحد هو دراسة علاقة الإنسان بالماكينة داخل بيئة العمل، أي أنه المجال المعرفى الذي يختص بدراسة التصميم للاستخدام الإنسانى الأفضل والأمثل (Ebud Alnabaa, 2000) ،وبالنظر إلى مصطلح كلمة الإرجونوميكس (Ergonomics) يلاحَظ أنها كلمة صيغت فى عام ١٨٥٧ من قِبل العالم البولندى ووجيك جاسترزيبوسكى (Wojciech Jastrzebowski)، وهى كلمة مشتقة من الكلمتين الإغريقيتين (Ergon) التى تعنى العمل، وكلمة (Nomas) التى تعنى القانون، لذلك ظهر كثير من التعريفات التى تدور حول علاقة الإنسان والماكينة، والقوانين التى تحكم تلك العلاقة، وانعكاس ذلك على المستخدم. فعلى سبيل المثال عرَّفت جمعية الإرجونوميكس الأوروبية (The Ergonomics Society Europe) علم الإرجونوميكس بأنه " التوافق بين البشر والأشياء التى يستخدمونها والأشياء التى يفعلونها

والبيئة التى يعملون خلالها، فإذا ما تحقق هذا التوافق والملائمة على نحو جيد، فإن الضغوط التى تقع على البشر ستقل وسيشعرون بالراحة أكثر، وسيمكِّنهم ذلك من أداء مهامهم أسرع وأسهل، وسيقعون فى عدد أقل من الأخطاء". وعرَّفت جمعية العوامل البشرية والإرجونوميكس (The International Ergonomics Association)، التى يُرمز لها بالرمز (HFES)، علم الإرجونوميكس بأنه "العلم الذى يهتم بالتأكد من أن الآلات والأدوات والأثاث المتعلق بأداء مهمة أو وظيفة ما يلاءم العاملين الذين يؤدون هذا العمل أو المهمة" (Amira, 2016) ، ومن التعريف السابق لجمعية العوامل البشرية والإرجونوميكس تظهر أهمية تصميم العدد اليدوية والأدوات بما يلاءم المستخدم، فكلما كان التصميم أفضل ملائمة للمستخدم، أدى ذلك إلى تقليل الأخطاء والآثار المتعلقة بعملية الاستخدام على المستخدم، فالتصميم الصحيح للأداة يعد مهمًّا للوقاية من الاضطرابات العضلية المختلفة التى تحدث فى الأطراف العلوية عند المستخدم بسبب طبيعة الاستخدام.

وبالنظر إلى الإطار العام للعدد والأدوات اليدوية، يلاحَظ أن الجزء الأكثر أهمية هو مقبض الأداة كما هو موضح بالشكل(١)، فهى الوسيلة المباشرة التى يتفاعل معها المستخدم ليتمكن من الاستخدام وأداء المهمة المطلوب تنفيذها.

شكل (١) مجموعة من العدد اليدوية والتى توضح أهمية المقبض وعلاقته بالمستخدم

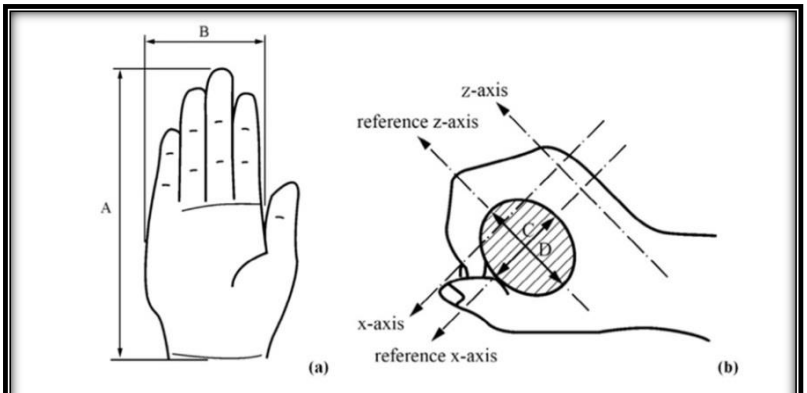
(Source: https://hireitdirect.co.uk/wp-content/uploads/2019/05/Hands-Holding-Tools-23602042.jpg)

لذلك اهتمت الأبحاث والدراسات كثيرًا بوضع معايير لتصميم تلك المقابض بما يتناسب مع طبيعة المستخدم والوظيفة التى تؤديها. ولقد اقتصرت تلك الأبحاث فى البداية على تحديد الأقطار المناسبة للمقابض الأسطوانية، لزيادة الراحة ورفع كفاءة الاستخدام بجانب تقليل فرص الإصابة بما يُعرف بالإصابات الناتجة عن استخدام مقابض تلك العدد والأدوات، مثل البثور والجلد الملتهب والشد العضلى، وغيرها من الأعراض والإصابات المختلفة التى يرمز لها بالرمز (CTD)(Wang & Cai, 2017) ، فقد وضعت تلك الدراسات مجموعة من المعايير الخاصة بتصميم الأشكال الأسطوانية للمقابض، من خلال تحديد الحجم والشكل الأمثل لمقبض الأداة، وهى ملخصة فى النقاط التالية:

- **قطر المقبض:** تشير الدراسات والأبحاث إلى أنه يجب فى البداية الأخذ فى الاعتبار حركة يد المستخدم عند الإمساك بالمقبض، ويعد قطر (٣٠-٤٠ مليمتر) هو الأنسب بالنسبة إلى الأدوات الكهربائية. وفى حالة إذا كانت المعدة تُستخدم من قبل الذكور والإناث، فإن قطر المقبض (٤٠ مليمتر) هو الأنسب فى تلك الحالة. فى حين أشارت دراسات أخرى إلى أن أفضل مقاس للمقبض هو الذى يتراوح بين (٢٥-٥٠ مليمتر)(Wang & Cai, 2017)، وهناك بعض الدراسات لتلافى حالة الجدل تلك وضعت قيمة محددة يمكن للمصمم استخدامها لتحديد القطر المناسب لمقبض الأداة، وتقدر بـــ ١٩,٧% من الطول الكلى للأداة.(Kong & Lowe, 2005)

- **شكل المقبض:** تشير الدراسات والأبحاث بأن الشكل الأنسب والأفضل للمقبض هو الشكل البيضاوى، حيث تكون نسبة الطول بالنسبة إلى العرض بمقدار ١:١,٢٥، وتشير الدراسات إلى أن تلك النسبة تمكِّن المستخدم من القدرة على الدفع والسحب بقوة، خصوصًا عند تصميم مقابض الأبواب وغيرها.(Cochran & Riley, 1986)
- **طول المقبض:** تشير الدراسات بأن طول المقبض المناسب للمستخدم يتراوح ما بين (١٢٥-١٠٠ مليمتر)، فمتوسط عرض اليد للذكور تقريبًا ٨٧ مليمتر، بينما الإناث تقريبًا ٧٨ مليمتر.(Wang & Cai, 2017)
- **زاوية انحدار المقبض:** اعتمدت الدراسات والأبحاث فى تحديد زاوية انحدار الشكل الخارجى للمقبض على المستخدمين ومدى تفضيلهم للأشكال المستخدمة، فقد وجدت الدراسات أن المستخدمين يفضلون استخدام الأدوات والعدد ذات المقبض المنحدر بزاوية ١٠ درجات عن القبضات المستقيمة (Controzzi, Cipriani, & Carrozza, 2014)، فى حين اعتمدت الدراسات الأخرى على دراسة الآثار المترتبة عن استخدام المقبض، وتوصلت إلى أن استخدام زاوية إمالة لتصميم المقبض ما بين زاوية (٤٠-٢٠ درجة) يمكن أن يقلل من الآثار السلبية الناتجة عن الاستخدام بالنسبة إلى معصم المستخدم.(Schoenmarklin & Marras, 1989)

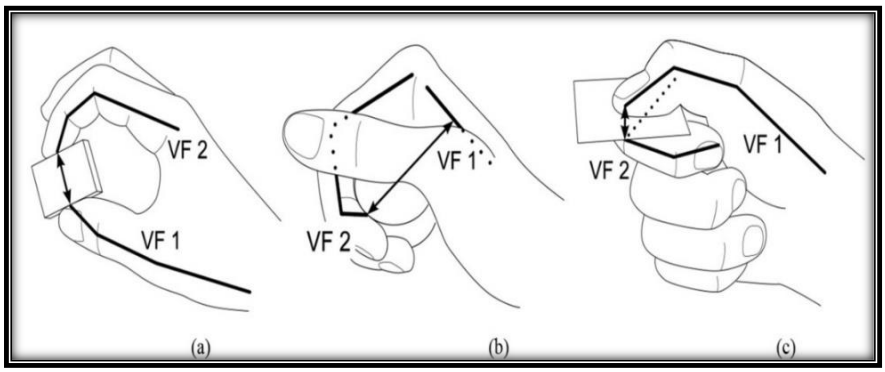
ولقد انقسمت الدراسات والأبحاث للوصول إلى المعايير والاشتراطات إلى قسمين، فى القسم الأول اعتمدت فيه الدراسات والأبحاث على القياسات الإنثروبومترية المرتبطة بالمستخدم لإيجاد العلاقة الصحيحة والمناسبة بين يد المستخدم والأداة، من خلال وضع مجموعة من المحددات حتى يمكن التوصل إلى سهولة القياس والمقارنة والاستنتاج. فعلى سبيل المثال، فى إحدى الدراسات التى نُشرت فى سنة ٢٠١٧ تحت عنوان (Hand tool handle design based on hand measurements) لكلٍّ من الباحث وانغ تشينغ يى (Wang Ching-yi) وكاى دنغ تشوان (Cai Deng-chuan)، فقد اعتمدت دراستهما على القياسات الإنثروبومترية، مع وضع محددات لسهولة القياس كما هو موضح بالشكل (٢)، ثم حددوا عينة من المستخدمين مكونة من ٦٠ مستخدمًا، مقسمة إلى ٣٠ ذكرًا و٣٠ أنثى، ومتوسط أعمارهم ٣١,٢ سنة. ولقد قدمت تلك الدراسة دليلًا إرشاديًّا لتصميم المقبض بناءً على القياسات الإنثروبومترية اليدوية التى قام بها الباحثان للوصول إلى معايير إرشادية تساعد المصممين على الوصول إلى تصميم أفضل لمقبض الأداة المستخدمة من قبل المستخدمين.



الرمز	الدلالة	التعريف
A	طول يد المستخدم (Hand length)	المسافة من اعلى الإصبع الأوسط إلى بداية ثنايات المعصم
B	اتساع يد المستخدم (Hand breadth)	اقصى عرض لراحة اليد فى حالة ضم الاصابع الاربعة
C	عرض القطر البيضاوى الداخلى لليد (Grip breath inside diameter)	قيمة القطر البيضاوى الداخلى لليد مع قياس طول المحاور الرئيسية كما هو موضح بالشكل عند اتساع قبضة يد المستخدم
D	ارتفاع القطر البيضاوى الداخلى لليد (Grip breath inside diameter)	

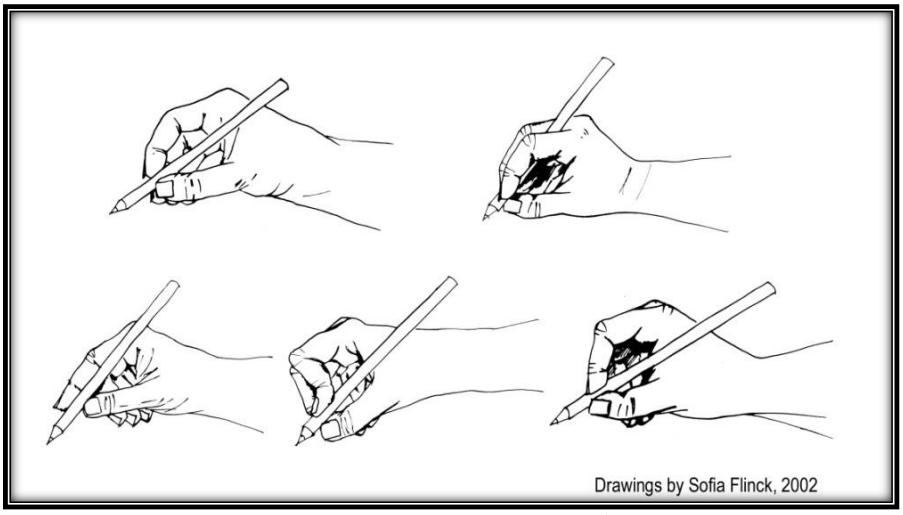
شكل (٢) تحديد محددات لإمكانية القياس والمقارنة من قبل الباحثين (Wang & Cai, 2017)

بينما القسم الثانى اعتمدت فيه الدراسات والأبحاث على تحليل العلاقة التفاعلية والمباشرة بين المستخدم والأداة. فقد توصلت تلك الدراسات إلى أن هناك علاقة مباشرة بين وضعية شكل يد المستخدم التى تتخذ وضعية ما نتيجة لتصميم مقبض الأداة، والآثار المترتبة على عملية الاستخدام، فقد توصلت الدراسات إلى أن الوضعيات غير الملائمة لطبيعة الاستخدام تنتج عنها مضاعفات كثيرة، وتؤثر على نحو مباشر أو غير مباشر فى المستخدم، ما دفع كثيرًا من الدراسات والأبحاث إلى تحليل وضعية يد المستخدم وتقسيمها إلى مجموعة من القبضات الوظيفية، لمساعدة المصمم على اختيار الوضعية الأفضل بما يتناسب مع طبيعة الوظيفة المطلوب تنفيذها بواسطة الأداة. فعلى سبيل المثال فى دراسة بعنوان (The GRASP Taxonomy of Human Grasp Types) التى نُشرت فى سنة ٢٠١٦ لمجموعة من الباحثين، منهم توماس فيكس (Thomas Feix) وخافيير روميرو (Javier Romero) وآخرين، ومولتها المفوضية الأوروبية (the European Commission)، واستهدفت تلك الدراسة الوصول إلى أكبر مجموعة من القبضات والوضعيات المختلفة ليد المستخدم نتيجة لاستخدام المنتجات اليومية، وإعادة ترتيبها بطريقة منهجية تمكن الاستفادة منها من قبل الباحثين والمصممين. ولقد اعتمدت تلك الدراسة على مجموعة من المعايير، من أهمها مقدار القوة المبذولة من قبل المستخدم، والدقة المطلوبة لأداء مهمة ما، وكذلك موضع الإبهام، حيث يعد من أهم المؤشرات التى على أساسها يتغير شكل القبضة. وفى نهاية الدراسة توصلت إلى ٣٣ نوعًا من الوضعيات المختلفة التى قُللت واختُزلت إلى ١٧ نوعًا فقط، وأُطلق عليها تصنيف (GRASP)، فقد قسمت الدراسة الوضعية والشكل الذى تتخذه يد المستخدم إلى ثلاثة اتجاهات رئيسية كما هو موضح بالشكل (٣)، حسب طبيعة القوة التى يستخدمها المستخدم للإمساك بشىء ما.(Feix, Romero, Schmiedmayer, Dollar, & Kragic, 2015)



شكل (٣) الاتجاهات الثلاثة الرئيسية التى تتخذها يد المستخدم حسب طبيعة القوة المستخدمة (Feix et al., 2015)

أيضًا من الدراسات المهمة التى تناولت تحليل وضعية يد المستخدم عند استخدام الأداة دراسة بعنوان (Pencil grip. A descriptive model and four empirical studies) للباحثة آن صوفى سيلين (Ann-Sofie Selin)، أشارت بأن يد المستخدم يمكن أن تتخذ عدة أشكال ووضعيات مختلفة لنفس الأداة. على سبيل المثال وضعية يد المستخدم عند استخدام قلم الرصاص، فقد وجدت الباحثة بعد مراجعة لعدد كبير من المستخدمين وجود وضعيات مختلفة عند استخدام نفس الأداة كما هو موضح بالشكل (٤)، بعض منها صحيح والآخر قد تترتب عليه مشكلات كبيرة للمستخدم.



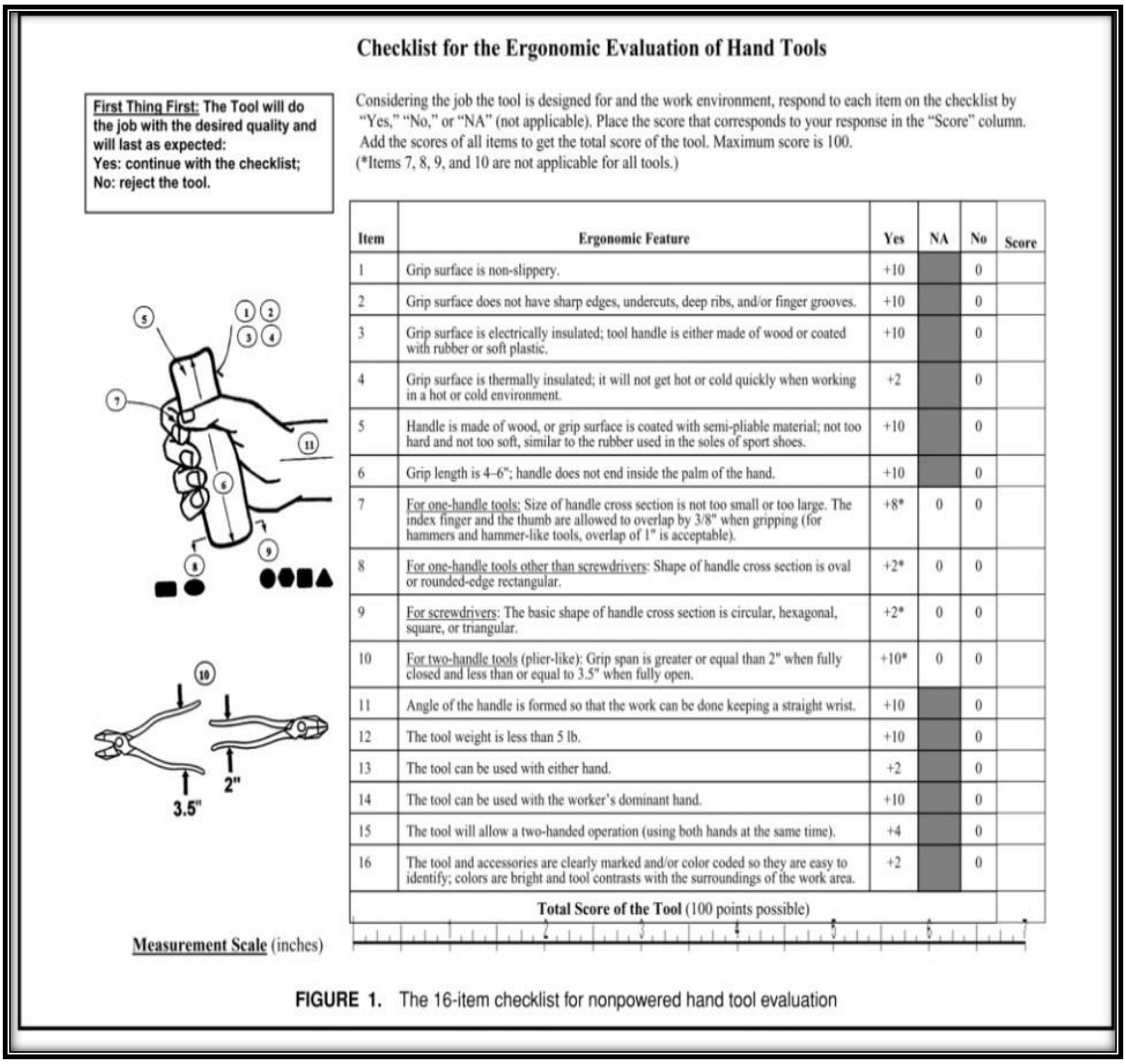
شكل (٤) وضعيات مختلفة ليد المستخدم عند استخدام القلم الرصاص (Selin, 2003)

٢-٨ قائمة الاعتبارات الإرجونوميكية لتصميم المقبض

اهتمت الدراسات والأبحاث منذ ظهور علم الإرجونوميكس بوضع قائمة بالاعتبارات الإرجونوميكية، لتكون بمثابة نقاط إرشادية لمساعدة المصممين على تصميم القبضات الوظيفية بما يلاءم طبيعة المستخدم. ولأن علم الإرجونوميكس من العلوم التراكمية التى تخضع للتعديل والتجريب، يلاحَظ أن الدراسات والأبحاث دائمًا تنظر فى مراجعة المتطلبات التى وضعتها الأبحاث والدراسات السابقة، وتحديثها بما يلاءم الظروف المحيطة وتلافى السلبيات التى تظهر. فعلى سبيل المثال من الدراسات المهمة التى تناولت تحليل وضعية يد المستخدم عند استخدام الأداة، للوصول إلى قائمة مرجعية للاعتبارات التى يجب توافرها عند تصميم المقبض الوظيفى، والتى نُشرت فى سنة ٢٠٠١ تحت عنوان (A Check-List for Handle Design) للباحث مايكل باتكين (Michael Patkin). تعد تلك الدراسة بمثابة مراجعة وتحديث وتطوير للدراسات التى بدأ نشرها فى عام ١٩٦٩ بأستراليا من خلال ورش العمل الجراحية التى عُقدت فى سيدني، ثم أُعيد النظر بها وتطويرها فى عام ١٩٨٥ وعام ١٩٩٧ وأخيرًا عام ٢٠٠١. ولقد تناولت تلك الدراسة الوضعيات المختلفة التى تتخذها يد المستخدم وفق الطاقة المبذولة وشكل الأداة، ثم انتهت إلى وضع قائمة مرجعية يمكن للمصمم الاستعانة بها لتصميم المقابض الوظيفية المختلفة، فقد تم تجميع أكثر من خمسين معيارًا وُضعت تحت ١٣ معيارًا رئيسيًّا هى (الحجم Size– الشكل Shape– السطح Surface– جوانب الأمان Security- الصلابة Stiffness- الموقع Siting- العناصر المحيطة Surroundings- الدلالة الوظيفية Signify function –عوامل الاتصال والاستشعار Sensing Features- أماكن التخزين Storage- عوامل أخرى خاصة Special other features- مهارات خاصة مطلوبة من المستخدم Skill Needed- التأكد من مدى ملائمة التصميم Validating design).

أيضًا من الأبحاث المهمة التى سعت للوصول إلى قائمة مرجعية تساعد المصممين عند تصميم المقابض الوظيفية بحث بعنوان (A Checklist for the Ergonomic Evaluation of Non-powered Hand Tools) للباحث عواد دبابنة من جامعة الأردن، والباحث بريان لوى (Brian Lowe)، والباحث إد كريج (Ed Krieg)، والباحث يونج كو كونج (Yong-Ku Kong)، والباحث توماس ووترز (Thomas Waters)، حيث طُورت قائمة مرجعية لتقييم مقابض الأدوات اليدوية غير المزودة بالطاقة من خلال ١٦ عنصرًا رئيسيًّا، واختير عدد ١٨ أداة يدوية نموذجية وحُددت عينة من المختصين مكونة من مجموعة من المهندسين والفنيين للقيام بعملية التقييم من خلال الفحص والتجريب، فقد اختير عدد ١٤٠

مهنيًا مقسمين إلى ١٤ مهندسًا و١٢٦ نجارًا، وانتهت الدراسة إلى وضع قائمة مرجعية كما هو موضح بالشكل(٥) يمكن من خلالها مساعدة المصممين على الوصول تصميم أكثر راحة وأمان للمستخدم.



Checklist for the Ergonomic Evaluation of Hand Tools

First Thing First: The Tool will do the job with the desired quality and will last as expected:
Yes: continue with the checklist;
No: reject the tool.

Considering the job the tool is designed for and the work environment, respond to each item on the checklist by "Yes," "No," or "NA" (not applicable). Place the score that corresponds to your response in the "Score" column. Add the scores of all items to get the total score of the tool. Maximum score is 100.
(*Items 7, 8, 9, and 10 are not applicable for all tools.)

Item	Ergonomic Feature	Yes	NA	No	Score
1	Grip surface is non-slippery.	+10		0	
2	Grip surface does not have sharp edges, undercuts, deep ribs, and/or finger grooves.	+10		0	
3	Grip surface is electrically insulated; tool handle is either made of wood or coated with rubber or soft plastic.	+10		0	
4	Grip surface is thermally insulated; it will not get hot or cold quickly when working in a hot or cold environment.	+2		0	
5	Handle is made of wood, or grip surface is coated with semi-pliable material; not too hard and not too soft, similar to the rubber used in the soles of sport shoes.	+10		0	
6	Grip length is 4–6"; handle does not end inside the palm of the hand.	+10		0	
7	For one-handle tools: Size of handle cross section is not too small or too large. The index finger and the thumb are allowed to overlap by 3/8" when gripping (for hammers and hammer-like tools, overlap of 1" is acceptable).	+8*	0	0	
8	For one-handle tools other than screwdrivers: Shape of handle cross section is oval or rounded-edge rectangular.	+2*	0	0	
9	For screwdrivers: The basic shape of handle cross section is circular, hexagonal, square, or triangular.	+2*	0	0	
10	For two-handle tools (plier-like): Grip span is greater or equal than 2" when fully closed and less than or equal to 3.5" when fully open.	+10*	0	0	
11	Angle of the handle is formed so that the work can be done keeping a straight wrist.	+10		0	
12	The tool weight is less than 5 lb.	+10		0	
13	The tool can be used with either hand.	+2		0	
14	The tool can be used with the worker's dominant hand.	+10		0	
15	The tool will allow a two-handed operation (using both hands at the same time).	+4		0	
16	The tool and accessories are clearly marked and/or color coded so they are easy to identify; colors are bright and tool contrasts with the surroundings of the work area.	+2		0	
	Total Score of the Tool (100 points possible)				

3.5" 2"

Measurement Scale (inches)

FIGURE 1. The 16-item checklist for nonpowered hand tool evaluation

شكل (٥) قائمة مرجعية لتقييم الادوات اليدوية الغير مزودة بالطاقة (Dababneh, Lowe, Krieg, Kong, & Waters, 2004)

وفيما يلى جدول (١) يستعرض باختصار النقاط الرئيسية التى اعتمدت عليها الدراسات للوصول إلى وضع قائمة مرجعية للاعتبارات الواجب توافرها عند تصميم المقابض الوظيفية بالمنتجات الصناعية.

جدول (١) النقاط الرئيسية التى اعتمدت عليها الدراسات للوصول إلى قائمة مرجعية لتصميم المقابض الوظيفية:

م	عنوان الدراسة	النقاط الرئيسية للوصول إلى قائمة مرجعية لتصميم المقابض الوظيفية
١	A Check-List for Handle Design	• دراسة الوضعيات المختلفة التى تتخذها يد المستخدم وفق الطاقة المبذولة وشكل الأداة. • تحديد ١٣ معيارًا رئيسيًا لا بد للمصمم من مراجعتها للتأكد من مدى ملائمة التصميم المقترح ليد المستخدم، وهى: (الحجم Size– الشكل Shape – السطح Surface – جوانب الأمان

		Security- الصلابة Stiffness- الموقع Sitting- العناصر المحيطة Surroundings- الدلالة الوظيفية Signify function –عوامل الاتصال والاستشعار Sensing Features- أماكن التخزين Storage- عوامل أخرى خاصة Special other features- مهارات خاصة مطلوبة من المستخدم Skill Needed- التأكد من مدى ملائمة التصميم (Validating design
٢	A Checklist for the Ergonomic Evaluation of Non-powered Hand Tools	• تقسيم الأدوات المستخدمة إلى مقبض واحد أو مقبضين. • قُسمت عملية التقييم والمراجعة إلى ١٦ عنصرًا فى صورة أسئلة مرتبة من الأكثر أهمية إلى الأقل، وتتناول تقييم كلٍّ من الملمس والحواف والوزن والطول والعرض وإمكانية الاستخدام بكلتا قبضتى المستخدم... إلخ.

وبمراجعة الدراسات والأبحاث السابقة من قبل الباحث للوصول إلى وضع قائمة مرجعية للاعتبارات الواجب مراعاتها عند تصميم المقابض الوظيفية، استقر الباحث على تحديد خصائص محددة حتى يتمكن من المفاضلة والاختيار بين العديد من الأبحاث، وحُددت النقاط كالتالي:

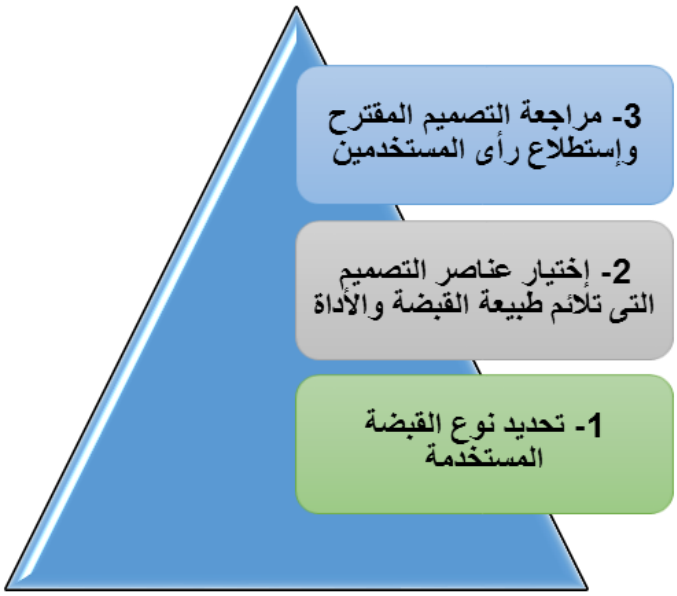
- أن تكون الدراسة حديثة نسبيًا بدايةً من عام ٢٠٠٠ وحتى الآن.
- أن تكون ذات مرجعية علمية موثقة، أى أُجريت من خلال إشراف جهات بحثية مرموقة.
- أن تكون استكمالًا لدراسات وأبحاث سابقة.

وبمراجعة عديد من الدراسات والأبحاث، حدد الباحث أربع دراسات كمرجعية تساعده على تحديد الاعتبارات، وتلك الدراسات هى:

- **الدراسة الأولى** بعنوان (A Checklist for the Ergonomic Evaluation of Non-powered Hand Tools) نُشرت فى سنة ٢٠٠٤ لكلٍّ من الباحث عواد دبابنة من جامعة الأردن، والباحث بريان لوى (Brian Lowe)، والباحث إد كريج (Ed Krieg)، والباحث يونج كو كونج (Yong-Ku Kong)، والباحث توماس ووترز (Thomas Waters)، وراجعها المعهد الوطنى للسلامة والصحة المهنية (The National Institute for Occupational Safety and Health).
- **الدراسة الثانية** بعنوان (Design-In Ergonomic Guidelines) نُشرت فى سنة ٢٠١٧ من خلال شركة دلفى (Delphi) بالمملكة المتحدة كمرجعية علمية يمكن الاعتماد عليها عند تصميم المنتجات الصناعية المختلفة ومنها العدد اليدوية.
- **الدراسة الثالثة** بعنوان (Hand tool handle design based on hand measurements) نُشرت فى عام ٢٠١٧ لكلٍّ من الباحث وانغ تشينغ يى (Wang Ching yi) والباحث كاى دنغ تشوان (Cai Deng Chuan)، وقد أُعدت بالتعاون بين قسم التصميم الصناعى بجامعة تاتونج (Tatung University) وجامعة يونلين الوطنية للعلوم والتكنولوجيا (National Yunlin University of Science and Technology) بتايوان.

○ **الدراسة الرابعة** بعنوان (A Check-List for Handle Design) نُشرت فى سنة ٢٠٠١ للباحث مايكل باتكين (Michael Patkin)، وقد أُجريت بمستشفى رويال اديلايد (The Royal Adelaide Hospital) بجنوب أستراليا. وتعد تلك الدراسة تطويرًا واستكمالًا للدراسات السابقة التى بدأت منذ ١٩٦٩ بسيدنى- أستراليا.

وبدراسة الدراسات والأبحاث السابقة وضع الباحث قائمة مرجعية لتصميم المقابض الوظيفية من قبل الباحث تتكون من (ثلاثة مراحل) كما هو موضح بالشكل(٦)



شكل (٦) شكل مقترح لمراحل عملية التصميم المقترحة لتطبيق معايير تصميم المقابض الوظيفية

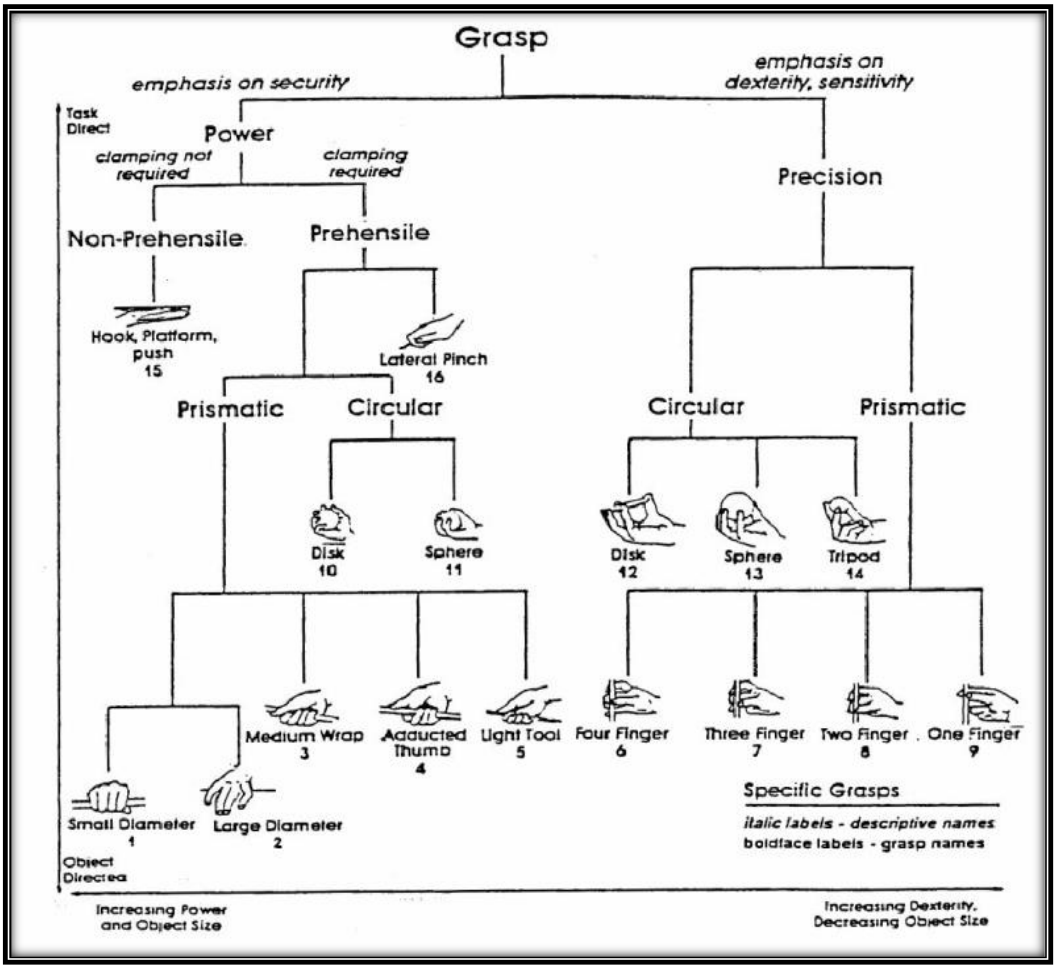
وفيما يلى استعراض لمراحل عملية التصميم المقترحة:

- المرحلة الأولى (تحديد نوع القبضة المستخدمة)

من الضرورى للمصمم تحديد نوع القبضة المستخدمة من قبل المستخدم للأداة، حتى يتسنى له الانتقال إلى المرحلة الثانية والاختيار بين الاشتراطات والمقاسات المقترحة من قبل الباحثين التى تناسب القبضة المستخدمة. ووفق الدراسات السابقة يمكن تقسيم نوع القبضة إلى نوعين أساسيين هما:

- **قبضة القوة (Power grip):** وهى القبضة التى تتجمع أصابع المستخدم بإحكام حول جسم ما وتتداخل مع الإبهام، وتُستخدم عادةً مع الأدوات اليدوية التى تحتاج إلى قوة فى الاستخدام.
- **قبضة الإحكام (precision grip):** وهى القبضة التى يتم استخدام كلٌ من الإبهام والسبابة والوسطى، ولا تتطلب استخدام قوة كبيرة، وتُستخدم عادةً لالتقاط الأشياء الصغيرة أو فى الأعمال الفنية. **(Patkin, 2001)**

ينقسم كلٌ من النوعين السابقين إلى مجموعة من القبضات المختلفة، ولكن الأصل هو إما قبضة قوة وإما قبضة إحكام. ويوضح الشكل رقم (٧) تسلسل أنواع القبضات المختلفة المنبثقة من كل نوع.

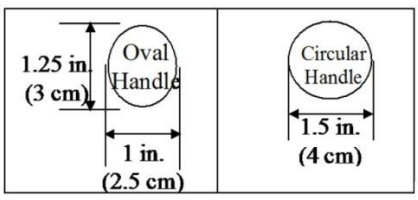
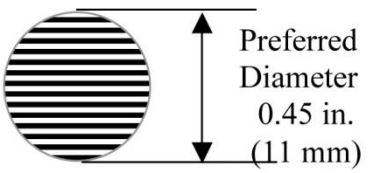


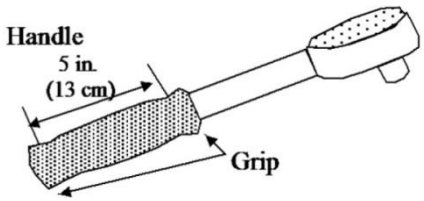
شكل (٧) تصنيف القبضات المختلفة حسب تصنيف كلٍّ من cutkosky and howe's (Controzzi et al., 2014)

- المرحلة الثانية (اختيار عناصر التصميم التى تلاؤم طبيعة القبضة والأداة)

بعد تحديد نوع القبضة المستخدم ينتقل المصمم إلى مجموعة من العناصر التى يجب توافرها فى التصميم، وهي عبارة عن (الشكل– الطول – الوزن- طبيعة السطح – عوامل الأمان- الدلائل الوظيفية وعوامل الاتصال) كما هو موضح بالجدول (٢).

جدول (٢): العناصر التى يجب توافرها فى تصميم المقابض اليدوية

العنصر	قبضة القوة Power grip	قبضة الإحكام precision grip
الشكل	▪ يفضل أن تكون الأداة مصممة بشكل بيضاوى (٣سم * ٢,٥سم). ▪ فى حالة تصميم المقبض بشكل دائرى فإن القطر يجب أن يتراوح بين (٤,٥-٣سم)، وإن كان قطر ٤ سم هو الأفضل. 	▪ يفضل أن يكون تصميم المقبض على شكل دائرى بقطر يتراوح بين (٠,٨-١,٦سم)، وان كان قطر ١,٢سم هو الأفضل فى حالة الأدوات التى تتطلب دقة. 

الطول	▪ الحد الأدنى لطول المقبض للأداة اليدوية يجب ألا يقل عن ١٠ سم، وإن كان طول المقبض ١٥ سم هو الأفضل.  	
الوزن	▪ تشير الدراسات ألا يزيد وزن الأداة التى تتطلب قوة فى الاستخدام بقدر الإمكان على ١,٤ كجم، فكلما زاد الوزن أدى ذلك إلى زيادة الجهد المبذول من قبل المستخدم، ما يؤدى إلى حدوث مشكلات كثيرة على العضلات، مع مراعاة محاذاة مركز ثقل الأداة مع مركز يد المستخدم.	▪ تشير الدراسات ألا يزيد وزن الأداة التى تتطلب دقة فى الاستخدام عن ٠,٥ كجم، فكلما زاد الوزن أدى ذلك إلى انخفاض الدقة بسبب قوة الضغط المؤثرة فى يد المستخدم، مع مراعاة محاذاة مركز ثقل الأداة مع مركز يد المستخدم.
طبيعة السطح	▪ تتم صناعة المقابض أو تكسيتها من مواد غير قابلة للانزلاق وغير موصلة للضغط، بجانب تجنب الأسطح اللامعة والمصقولة للغاية. كما توصى الدراسات بصناعة المقابض من مادة البلاستيك أو المطاط، بجانب تغطية الحواف والخطوط الحادة بشرائط مبطنة لمنع تهيج الجلد وحدوث التهابات وتمزقات.	
عوامل الأمان	▪ توصى الدراسات والأبحاث بزيادة حجم نهاية المقبض كعامل أمان ضد انزلاق يد المستخدم، وخصوصًا فى مقابض القوة، مع إمكانية استخدام إطار بسيط فى تصميم المقبض لتوفير مساحة محكومة لأصابع يد المستخدم لمنع انزلاق الأصابع عند الاستخدام. ▪ توصى الدراسات بأهمية الأشكال البيضاوية عن الأشكال الدائرية، وخصوصًا فى مقابض القوة، فالشكل البيضاوى يمنع انزلاق يد المستخدم عند الاستخدام.	
الدلائل الوظيفية وعوامل الاتصال	▪ تشير الدراسات إلى أهمية دلالة الشكل على الوظيفة والاستخدام، وذلك من خلال استخدام إشارات ورموز تساعد المستخدم على الاستخدام الصحيح للأداة من خلال استخدام المقبض على نحو صحيح، من خلال استخدام خطوط وحواف دائرية وتوفير أماكن لإمكانية السحب والدفع. ▪ أيضًا تشير الدراسات إلى ضرورة وضع الرموز والعلامات والكتابات بصورة واضحة وغير قابلة للطمس بسهولة، من خلال وجود سطح مستوٍ أو غائر قليلًا قابل للكتابة. وفى حالة استخدام الملصقات يفضل الملصقات التى بها حماية ضد التآكل.	

- المرحلة الثالثة (مراجعة التصميم المقترح واستطلاع رأى المستخدمين)

فى هذه المرحلة يتم اختبار التصميم من خلال مرحلتين، فى المرحلة الأولى يتم إجراء اختبار حقيقى بين المستخدم والأداة، ثم يبدى المستخدم الرأى حول التصميم المقترح من خلال استمارة تقييم بسيطة، بينما فى المرحلة الثانية يراجع المصمم التصميم من خلال تحليل لشكل قبضات المستخدم، ومدى توافقها مع الاشتراطات والافتراضات التى وُضعت من قبل.

ومن خلال الدراسات السابقة أعد الباحث استمارة تقييم يمكن من خلالها تقييم التصميم من قبل المستخدمين والتعرف على آرائهم، التى يمكنها أن تساعد المصمم على تحسين وتطوير التصميم المقترح وتلافى المشكلات المختلفة به، حيث تعتمد استمارة التقييم على سؤال المستخدم حول عناصر محددة فى التصميم، والتعرف على إجابة المستخدم بقيمة تتراوح ما بين (١-٥)، حيث تمثل (١) أنه سيئ و(٢) مقبول و(٣) جيد و(٤) جيد جدًّا و(٥) ممتاز. وتعتمد قائمة التقييم على اعتبارات ومتطلبات التصميم التى تم تحديدها والتوصل إليها، والتى تعد من النقاط المهمة والرئيسية عند تصميم مقبض وظيفى لأداة يدوية، وبذلك يمكن للمصمم تحديد أوجه الخطأ فى أى عنصر من العناصر والعمل على تطويره والشكل رقم (٨) يوضح صورة لتصميم استمارة التقييم المستخدمة.

م	السؤال؟	التقييم				
		١	٢	٣	٤	٥
١	هل تشعر بالراحة عند استخدام المقبض؟					
٢	هل طول المقبض يتناسب مع طبيعة يدك؟					
٣	هل وزن المقبض مناسب للاستخدام؟					
٤	هل طبيعة سطح وملمس المقبض تتناسب مع الاستخدام؟					
٥	هل أنت راضى عن جوانب الامان عند استخدام المقبض؟					
٦	هل العلامات الارشادية بالمقبض واضحة وسهلة الفهم؟					

شكل (٨) استمارة تقييم التصميم من قبل المستخدمين والتعرف على ارآنهم

٨-٣ تطبيق قائمة الاعتبارات الإرجونوميكية لتصميم المقبض مع طلبة التصميم الصناعي

درَّب الباحث الطلاب على دراسة الاعتبارات الإرجونوميكية المختلفة عند تصميم القبضات الوظيفية، من خلال مادة تصميم الإرجونوميكس (١)، التى تدرس لطلبة الفرقة الأولى بقسم التصميم الصناعى بكلية الفنون التطبيقية- جامعة بنى سويف، حيث يتناول جزء من توصيف المادة تدريب الطلاب على تصميم مقابض مجموعة متنوعة من الأدوات والعدد اليدوية المتنوعة، ومن خلال الدراسات والنتائج التى توصل إليها الباحث فى دراسته تحددت المعايير والمتطلبات وتدرب الطلاب على كيفية تطبيق تلك المعايير، سواء عند تحليل النماذج للمنتجات المختلفة الموجودة، وكذلك على إجراء عملية تحسين وتطوير التصميم وفقًا للمنهجية المقترحة. وفيما يلى استعراض للمنهجية المقترحة التى طُبقت على الطلاب حيث تتكون المنهجية كما هو موضح بالشكل (٩).

شكل (٩) شكل مقترح لمراحل عملية التصميم المقترحة لتطبيق معايير تصميم المقابض الوظيفية

وفيما يلى استعراض للمراحل، وهى كالتالى:

- مرحلة جمع وتحليل المعلومات والبيانات المختلفة

تم ذلك من خلال جمع مجموعة من المنتجات وتحليل المقابض الوظيفية بها وفق المعايير التى تحددت، وهى كالتالى:

- تحديد نوع القبضة المستخدمة من قبل المستخدم.
- مراجعة للمقاسات الهندسية للمقبض من حيث الطول والحجم والشكل.
- مراجعة جوانب الأمان من خلال التعرف على طبيعة السطح ومدى ملاءمته ليد المستخدم، وعوامل الأمان الأخرى.
- تحديد مجموعة من المميزات والعيوب للمقبض حسب اعتبارات التصميم الأساسية، مثل (الناحية الوظيفية– الاستخدامية– الهندسية– الجمالية– الاقتصادية- البيئية).
- وضع مقترحات للتطوير، وتعد بمثابة نقاط استرشادية للطلاب تمكنه العودة إليها فى حالة تطوير التصميم.

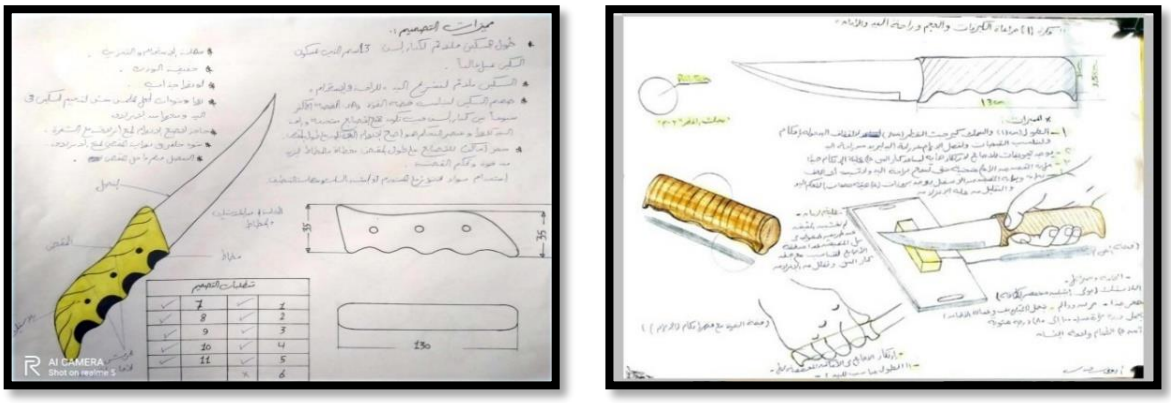
ومن خلال ما سبق حُللت مجموعة متنوعة من المنتجات، لتحديد أوجه القصور وتحديد المشكلات الإرجونوميكية التى يمكن أن تواجه المستخدم، حتى يتمكن الطالب من التطوير والتحسين. والشكل رقم (١٠) يوضح بعضًا من إسكتشات التحليل التى قام بها الطلاب من تحليل لمنتجات قائمة من خلال القائمة المرجعية التى تحددت سابقًا.

الطالبة/ فيروز حسن على **الطالبة/ إيمان محمد إبراهيم**

شكل (١٠) نموذج من إسكتشات تحليل المنتجات من خلال الطلاب

- مرحلة وضع الأفكار

بعد تحليل المنتجات المختلفة وضع الطلاب مجموعة من الأفكار، مع مراعاة المتطلبات الإرجونوميكية التى حُددت سابقًا كما هو موضح بالشكل (١١). فقد اعتمدت تلك الأفكار على مراعاة الجوانب الإرجونوميكية وتلافى السلبيات التى رُصدت بمرحلة تحليل المنتجات المختلفة، بجانب وضع المتطلبات الرئيسية لتصميم المقابض من ضمن الاشتراطات الأساسية فى متطلبات التصميم الواجب تحقيقها فى الفكرة المقترحة.

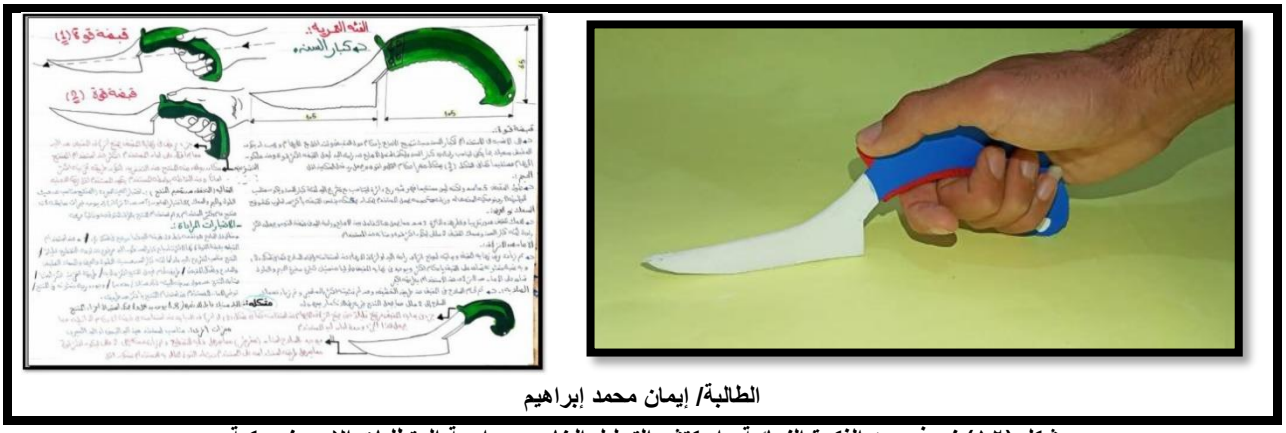


الطالبة/ أروى سعيد سيد الطالبة/ فيروز حسن علي

شكل (١١) نموذج من الأفكار المقترحة للمقابض اليدوية

- مرحلة مراجعة التصميم

فى هذه المرحلة يحول الطالب التصميم إلى نموذج مادى يمكن استخدامه واختباره، حيث يعرض الطالب التصميم على مجموعة من المستخدمين، ثم يصور الأوضاع الاستخدامية المختلفة لكل مستخدم، ثم يحللها وفق التحليل الذى اتُّبع بالمرحلة الأولى، مرحلة تحليل المعلومات والبيانات، كما هو موضح بالشكل (١٢) للتأكد من مدى ملائمة التصميم للمستخدم، وكذلك مدى تحقيق الاعتبارات المختلفة الخاصة بتصميم المقابض الوظيفية، من خلال سؤال كل مستخدم حول طبيعة شعوره فى أثناء الاستخدام وتأثير ملمس السطح عليه... الخ، وفق نموذج التقييم الذى صممه الباحث.



الطالبة/ إيمان محمد إبراهيم

شكل (١٢) نموذج من الفكرة النهائية وإسكتش التحليل الخاص بمراجعة المتطلبات الإرجونوميكية

9. الخلاصة

يهتم علم الإرجونوميكس بتحسين تجربة الأداء بين المستخدم والمنتج، وتحقيق أقصى معايير الراحة والأمان فى أثناء الاستخدام، لذلك أُطلق على هذا العلم "فن التصميم لراحة ورفاهية المستخدمين". وبالنظر إلى طبيعة المنتجات الصناعية المختلفة، يلاحَظ أن مقبض الاستخدام فى كثير منها هو الوسيلة المباشرة للتفاعل بين المستخدم والمنتج، لذلك فإن وجود أى خلل فى طبيعة تصميم المقبض الوظيفى وعدم تحقيق معايير الأمان والراحة فى الاستخدام، ينعكس بصورة مباشرة على نتيجة عملية التفاعل والناحية الوظيفية والاستخدامية للمنتج، سواء من خلال سوء تجربة الاستخدام أو من خلال آثار غير مباشرة، متمثلة فى إحداث مشكلات جسمانية وعضلية للمستخدم على المدى البعيد. لذلك اهتمت المؤسسات والأكاديميات بالبحث عن معايير محددة يمكن للمصمم الاستفادة منها عند تصميم تلك المقابض الوظيفية، وتلافى الآثار المترتبة عن تلك العملية فى المستقبل. ومن خلال هذا البحث اتبع الباحث المنهج الوصفى التحليلى، من خلال تحليل مجموعة من الدراسات

والأبحاث لتحديد مجموعة من المتطلبات الواجب توافرها عند تصميم المقابض الوظيفية، وقد وضع الباحث مجموعة من المعايير لاختيار الأبحاث والدراسات التى تمكن دراستها والاعتماد عليها للوصول إلى تلك المرجعية، وقد تحددت أربع دراسات تحقق المعايير التى حددها الباحث سابقًا واعتُبرت مرجعية أساسية له تُمكنه من تحديد المتطلبات الرئيسية الواجب توافرها عن تصميم المقابض الوظيفية.

وبعد دراسة وتحليل الدراسات السابقة، توصل الباحث إلى قائمة مرجعية أولية تعد بمثابة نواة يمكن الاعتماد عليها والاستفادة منها فى تصميم المقابض الوظيفية، ثم درَّس الباحث تلك القائمة واستفاد منها من خلال دمجها بمادة تصميم الإرجونوميكس (١)، التى تُدرس لطلبة الفرقة الأولى بقسم التصميم الصناعى بكلية الفنون التطبيقية- جامعة بنى سويف، حيث يتناول جزء من توصيف المادة تدريب الطلاب على تصميم مقابض مجموعة متنوعة من الأدوات والعدد اليدوية المتنوعة، وتدريبهم على كيفية تطبيق تلك المنهجية من خلال وضع تصور لعملية التصميم المقترحة من منظور الطابع الإرجونوميكى، وتطبيق المعايير التى تحددت. وتتكون عملية التصميم من ثلاث مراحل: المرحلة الأولى جمع وتحليل المعلومات، وقد تمت من خلال معايير محددة متمثلة فى (تحديد نوع القبضة المستخدمة- مراجعة الجوانب والقياسات الهندسية للمنتج- مراجعة جوانب الأمان– تحديد المميزات وعيوب المنتج حسب اعتبارات التصميم الرئيسية- وضع مقترح للتطوير). ثم تأتى المرحلة الثانية وهى مرحلة وضع الأفكار والاستفادة من المقترحات التى تحددت بالمرحلة السابقة فى التطوير، بجانب تطبيق المعايير والاشتراطات الإرجونوميكية التى حددها الباحث سابقًا فى الأفكار المقترحة. ثم تأتى المرحلة الثالثة مرحلة مراجعة التصميم والتأكد من مدى تحقيقه للمعايير الإرجونوميكية الخاصة بتصميم المقابض الوظيفية، وتأثير ذلك على تجربة المستخدم، من خلال تحويل التصميم المقترح إلى صورة مادية وعرضه على مجموعة من المستخدمين للاستخدام والتقييم من خلال الاستمارة المحددة، بجانب تصوير وتحليل الأوضاع المختلفة لقبضة المستخدم وتحليلها طبقًا للمعايير التى تحددت سابقًا.

ومن التجربة السابقة تمكن الباحث وبمساعدة الطلاب من الوصول إلى تصميمات تراعى الجوانب الإرجونوميكية والاستخدامية، وتحقق المتطلبات الواجب مراعاتها عند تصميم المقابض الوظيفية بالمنتجات المختلفة كتجربة أولية، للتحقق من مدى فاعلية المعايير المقترحة، والتوسع فى التجربة بصورة أشمل وأكبر لتشمل منتجات أكثر صعوبة وتعقيدًا، ولتصبح نواة تساعد الباحثين لاستكمال الدراسات والأبحاث المتعلقة بهذا المجال. وبذلك يكون الباحث قد حقق هدف البحث الرئيسى والمتمثل فى وضع قائمة بالاعتبارات الإرجونوميكية الواجب مراعاتها من قبل المصممين ودارسى التصميم الصناعى عند تصميم المقابض الوظيفية المختلفة بالمنتجات.

10.النتائج

- علم الإرجونوميكس يهدف إلى تحقيق الراحة والأمان عند استخدام المنتجات.
- تصميم المقابض الوظيفية بتلك المنتجات يحتل المرتبة الأولى من حيث العلاقة والتفاعل بين المستخدم والمنتج، حيث تعد تلك القبضات الوسيلة الأولى لمساعدة المستخدم على استخدام المنتج والتحكم فيه.
- عدم ملائمة تصميم المقابض باختلاف صورها يؤثر مباشرةً فى المستخدم، ويُشعره بعدم الراحة وعدم القدرة على استخدام المنتج بصورة مريحة وآمنة، بجانب تأثيره على نحو غير مباشر عليه على المدى الطويل من خلال ظهور مشكلات جسدية وعضلية لديه.
- كلما كان تصميم المقبض أفضل ملائمة للمستخدم، أدى ذلك إلى تقليل الأخطاء والآثار المتعلقة بعملية الاستخدام.
- يُعد التصميم الصحيح للمقبض مهمًّا جدًّا للوقاية من الاضطرابات العضلية المختلفة، التى تحدث فى الأطراف العلوية عند المستخدم بسبب طبيعة الاستخدام.

- يمكن تقسيم نوع القبضة المستخدمة للإمساك بالمقابض الوظيفية إلى نوعين رئيسيين، هما: قبضة القوة (Power grip)، قبضة الإحكام (precision grip).
- القطر المناسب لمقبض الأداة يقدر بـــ ١٩,٧% من الطول الكلى للأداة.
- الشكل البيضاوى للمقبض هو الأفضل فى الاستخدام، بحيث تكون نسبة الطول بالنسبة إلى العرض بمقدار ١:١,٢٥.
- تشير الدراسات بأن طول المقبض المناسب للمستخدم يتراوح ما بين (١٢٥-١٠٠ مليمتر)، فمتوسط عرض اليد للذكور تقريبًا ٨٧ مليمتر والإناث تقريبًا ٧٨ مليمتر.
- يجب ألا يزيد وزن الأداة التى تتطلب قوة فى الاستخدام بقدر الإمكان على ١,٤ كجم، فكلما زاد الوزن أدى ذلك إلى زيادة الجهد المبذول من قبل المستخدم.
- يجب ألا يزيد وزن الأداة التى تتطلب دقة فى الاستخدام على ٠,٥ كجم، فكلما زاد الوزن أدى ذلك إلى انخفاض الدقة بسبب قوة الضغط المؤثرة على يد المستخدم.
- يفضل المستخدمون استخدام الأدوات والعدد ذات المقبض المنحدر بزاوية ١٠ درجات عن القبضات المستقيمة، كما تشير الدراسات إلى أن استخدام زاوية إمالة لتصميم المقبض ما بين زاوية (٤٠-٢٠ درجة) يمكن أن يقلل من الآثار السلبية الناتجة عن الاستخدام بالنسبة إلى معصم المستخدم.

المراجع:

أبو المجد، عبد النبى.(٢٠٠٠). الإرجونوميكس فى التصميم الصناعى،الطبعة الاولى ، ص٥٥-٦٠.

عبد الرحمن، أميرة .(٢٠١٦). هندسة النشاط البشرى (Ergonomics)،تقرير منشور ،مجلة الجودة الصحية، المملكة العربية السعودية.

'Abu Almajd, Eabd Alnabaa.(2000). al'iirjunumiks fa altasmim alsanaeaa,altubeat al'uwlaa , P55-60.

Balasubramanian, R., & Santos, V. J. (2014). *The human hand as an inspiration for robot hand development* (Vol. 95): Springer.

Cochran, D. J., and Riley, M. W. (1986). An evaluation of knife handle guarding. Human factors, 28(3), 295-301 .
DOI: 10.1177/001872088602800305

Controzzi, M., Cipriani, C., and Carrozza, M. C. (2014). Design of artificial hands: A review. The Human Hand as an Inspiration for Robot Hand Development, 219-246 .
DOI: 10.1007/978-3-319-03017-3

Dababneh, A., Lowe, B., Krieg, E., Kong, Y.-K., & Waters, T. (2004). A checklist for the ergonomic evaluation of nonpowered hand tools. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 1(12), D135-D145.
DOI: 10.1080/15459620490883150

Eabd Alruhmun, 'Amira .(2016). handasat alnashat albashari (Ergonomics),taqrir manshur ,mjlat aljawdat alsahyati, almamlakat alearabiat alsaeudiat.

Feix, T., Romero, J., Schmiedmayer, H.-B., Dollar, A. M., and Kragic, D. (2015). The grasp taxonomy of human grasp types. IEEE Transactions on human-machine systems, 46(1), 66-77 .
DOI:10.1109/THMS.2015.2470657

Kong, Y.-K., & Lowe, B. D. (2005). Optimal cylindrical handle diameter for grip force tasks. International Journal of Industrial Ergonomics, 35(6), 495-507 .

DOI: 10.1016/j.ergon.2004.11.003
Schoenmarklin, R. W., & Marras, W. S. (1989). Effects of handle angle and work orientation on hammering: II. Muscle fatigue and subjective ratings of body discomfort. Human factors, 31(4), 413-420 .
DOI: 10.1177/001872088903100405
Patkin, M. (2001). A checklist for handle design. ergonomics australia on-line, 15 (supplement). In.
Schoenmarklin, R. W., & Marras, W. S. (1989). Effects of handle angle and work orientation on hammering: II. Muscle fatigue and subjective ratings of body discomfort. *Human factors, 31*(4), 413-420.
PILOT-FLYING, F. C. P. W. PROCEEDlNGS of the HUMAN FACTORS SOCIETY-26th ANNUAL MEETING-7982.
Selin, A.-S. (2003). Pencil grip: a descriptive model and four empirical studies.
Wang, C.-y., & Cai, D.-c. (2017). Hand tool handle design based on hand measurements. Paper presented at the MATEC Web of Conferences.
DOI:10.1051/matecconf/201711901044
https://hireitdirect.co.uk/wp-content/uploads/2019/05/Hands-Holding-Tools-23602042.jpg (Access 1/11/2020)
http://m-quality.net/?p=8243 (Access 10/11/2020)