

## دراسة عامة لتأثير التبريد على الراحة الملبسية لقائدي السيارات Overview of Cooling Effect on the Thermal Comfort for Car Drivers

ن محمود  
أحمد الشيخ  
بهيرة جبالي

قسم الملابس الجاهزة، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، مصر

### ملخص البحث Abstract:

#### الكلمات الدالة Keywords:

- Cooling Effect
- Thermal Comfort
- Thermophysiological comfort
- Physio-psychological comfort
- Heat transfer
- Thermal equilibrium

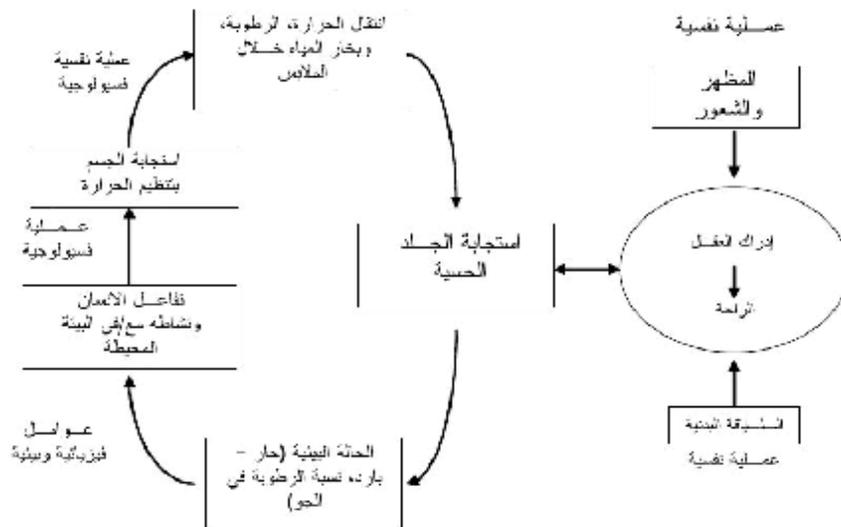
هذا البحث يتضمن، عرض لما جاء بالأبحاث العلمية الحديثة عن كيفية تحسين الراحة الحرارية لقائدي السيارات عن طريق الطرق المختلفة لتأثير التبريد في الملابس وتضمنت الدراسة مسح لنظريات انتقال الحرارة ومفهوم التوازن الحراري للجسم، كما استعرضت درجات الحرارة الأنسب لأجزاء الجسم المختلفة التي يصل عندها الجسم لأفضل درجات الراحة، وأنماط التعرق المختلفة لجسم الانسان أثناء الاسترخاء وأثناء النشاط البدني ثانياً، يتم تفسير الراحة الملبسية لقائدي السيارات وعلاقتها بنوعية مفروشات السيارات. وأخيراً، تأثير التبريد في الملابس وأهم وسائل تحقيقه لزيادة الراحة الحرارية للانسان؛ حيث يتم عرض أكثر من وسيلة متبعة لذلك في أكثر من منتج مثل الملابس الرياضية، والملابس مكيفة الهواء، وملابس التبريد باستخدام السائل تبريد. لتحقيق تأثير التبريد في الملابس، يتم عرض تقنيتين حديثتين هما استخدام المواد متغيرة الطور وأنظمة التبريد الكهروحرارية المعتمدة على الظواهر الكهربائية ومنها تأثير بالتبير. ومما تم عرضه اتضح الفرق بين نظامين لتنفيذ تأثير التبريد للملابس وهما: النظام السلبي والنظام المتفاعل. النظام السلبي يتبين في الملابس الرياضية، والملابس مكيفة الهواء، وملابس التبريد باستخدام سائل تبريد. حيث أن هذه الملابس لا تتأثر بالبيئة الخارجية ولا بدرجة حرارة جسم الانسان، إنما تقوم بعملها من حيث التبريد دون تدخلات من البيئة الخارجية. أما تقنيتي استخدام المواد متغيرة الطور وأنظمة التبريد الكهروحرارية في الملابس؛ تعتبر من الأنظمة التفاعلية التي تتأثر بالبيئة الخارجية وتتفاعل حسب مدخلات هذه البيئة مثل ارتفاع/انخفاض درجة حرارة الجو المحيط أو ارتفاع/انخفاض درجة حرارة الجسم.

Paper received 15<sup>th</sup> November 2015 ,accepted 29<sup>th</sup> December 2015 ,published 1<sup>st</sup> of January 2016

(Das & Alagirusamy 2010). يوضح شكل (1) العوامل المتكاملة في الإحساس بالراحة الملبسية (Das & Alagirusamy 2010).

### مقدمة Introduction:

يمكن تصنيف أنواع الراحة الملبسية إلى أربع أنواع، الراحة الحرارية أو الفسيوحرارية، والراحة الحسية الناتجة عن ملامسة القماش للجلد، وراحة التلبس والضغط، والراحة الفسيوسيكولوجية



شكل (1) العوامل المتكاملة في الإحساس بالراحة الملبسية (Das & Alagirusamy 2010)

ينظم التوازن الحراري للجسم (Tzanov et al. 1999). الراحة الحرارية للانسان تعتمد على معدل الأيض (معدل إنتاج الحرارة الداخلية للجسم)، وفقدان الحرارة من الجسم والظروف المناخية. تغير الملابس معدل فقدان الحرارة والرطوبة من سطح الجلد، لذلك تلعب دوراً حيوياً في الحفاظ على التوازن الحراري (Ogulata 2007). تلعب درجة حرارة الجلد دوراً هاماً لأي إحساس حراري ويشعر الشخص بالراحة في حدود تغيرات طفيفة لدرجات حرارة الجلد؛ يبين شكل (2) أن الأجزاء

أى أن الراحة الحرارية للانسان تعتمد على الملابس والطقس والنشاط البدني (Li 2001). المواصفة رقم 66-55 (1966) الصادرة عن الجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد تعرف الراحة الحرارية للانسان بأنها الحالة التي يشعر فيها الانسان بالرضا عن حرارة البيئة، (Yazidi & Skeikhzadeh 2014). الراحة الفسيوحرارية المختبرة أثناء ارتداء الملابس يحددها الشعور بالدفء أو البرودة الناتج عن اتصال الجسم بالخامة النسيجية، كمل يحددها أيضاً فقدان بخار الماء خلال الملابس الذي

### التوازن الحراري للجسم

بعض التجارب العسكرية التي أجريت على رجال المشاة أثناء ارتداء ملابس الوقاية من الكيماويات أظهرت أن ارتداء الملابس متوسطة الثقل أو الثقيلة أثناء العمل يخفض الحد الأدنى للحرارة التي يلاحظ عندها الإجهاد الحراري للجسم إلى أقل من ٢٠ درجة مئوية. حتى الأشخاص الذين يعملون في الأجواء الباردة، قد يتعرضون للإجهاد الحراري بسبب الملابس، حيث تكون الملابس مصممة لمواجهة أقصى درجة برودة، وهذا يعني أن العزل الحراري للملابس يكون مرتفعاً، عندما يترك العامل المكان البارد مؤقتاً أو عندما يزيد معدل المجهود البدني لسبب ما بشكل غير متوقع. يمكن أن يؤدي العزل الحراري القوي لملابس العمل للتعرق المفرط وبلل الملابس وبالتالي الشعور بعدم الراحة. وعند العودة إلى المكان البارد، أو عند انخفاض معدل العمل مرة أخرى، يمكن أن تؤدي الملابس الرطبة والجلد الرطب إلى الإفراط في التبريد مما يشكل خطراً على الصحة (Havenith 1999).

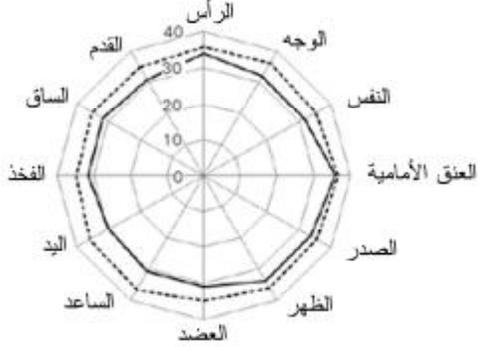
تعتبر درجة حرارة الجسم الطبيعية حوالي ٣٧ درجة مئوية. يتم تحقيق هذه القيمة عن طريق الموازنة بين كميات الحرارة المنتجة في الجسم مع كميات الحرارة التي يفقدها، (شكل ٣). يتم التحكم في إنتاج حرارة الجسم عن طريق النشاط الأيضي (عمليات الهدم والبناء في الجسم). أثناء الثبات، تكون الحرارة الناتجة هي اللازمة للجسم لأداء الوظائف الأساسية، على سبيل المثال التنفس ووظيفة القلب لتوفير الأكسجين والمواد المغذية لخلايا الجسم. لكن أثناء العمل، تزيد احتياجات العضلات النشطة للأكسجين والمواد المغذية مما يزيد بدوره النشاط الأيضي بالجسم. عندما تقوم العضلات بحرق هذه المواد الغذائية لأداء النشاط الميكانيكي، تحرر جزء من الطاقة المنتجة إلى خارج الجسم (الجو الخارجي)، ولكن معظم الطاقة يتم تحريرها في العضلات في شكل حرارة. النسبة بين هذا العمل الخارجي والطاقة المستهلكة تسمى كفاءة الجسم في تنفيذ العمل. يحتاج الجسم إلى التخلص من هذه الحرارة، وإلا تزيد الحرارة لمستويات خطيرة (Havenith 1999).

يتخذ فقد الحرارة من الجسم عدة مسارات متاحة، حيث يفقد الحرارة عن طريق الحمل الحراري عندما يتحرك الهواء عند سطح الجلد تنتقل الحرارة من الجلد إلى الهواء. يمتلك الجسم سبيلاً آخر لفقد الحرارة عن طريق التبخر. نظراً لقدرة الجسم على التعرق، الرطوبة التي تظهر على الجلد يمكن أن تتبخر، مما يؤدي إلى فقد الجسم لكميات كبيرة من الحرارة. يمكن أيضاً للجسم فقد الحرارة عن طريق التنفس، حيث يكون الهواء الخارجي أكثر برودة وجفافاً من السطح الداخلي للرتين فيفقد الجسم هذه الحرارة أثناء الزفير. إن لم يحدث التوازن الحراري بالجسم فإن المحتوى الحراري للجسم يتغير، مما يتسبب في ارتفاع أو انخفاض حرارة الجسم (Havenith 1999).

### أنماط التعرق لجسم الانسان

لجسم الانسان القدرة على إنتاج كميات ملحوظة من العرق أثناء النشاط في البيئة الحارة وذلك للحفاظ على التوازن الحراري للجسم. السيطرة على التعرق تتأثر ببعض العوامل الحرارية وغير الحرارية. يعتقد أن الغدد المفوزة للعرق ينظم عملها بحسب الحرارة الداخلية للجسم أو بحسب مركب متكامل من درجة الحرارة الداخلية والسطحية للجسم، هذا المركب يعتبر متوسط حرارة الجسم. كما يستخدم متوسط درجة حرارة الجسم عادة عند التعبير عن و/أو تقييم استجابات التعرق خلال ممارسة التمارين و/أو عند التعرض للحرارة. ومع ذلك، فقد أظهرت الأدلة الحديثة أن متوسط درجة الحرارة المعتمد على قياسات بموازين الحرارة (الترمومتر) لا تعكس بدقة حجم مخزون الحرارة المتبقي بالجسم، هذه القياسات التي تعتبر غير دقيقة قد تؤدي إلى استنتاجات خاطئة فيما يتعلق بحساب معدل إفراز العرق. يمكن التحقق من هذا الاحتمال، عن طريق التحقق من معدل العرق، بالتزامن مع قياسات المكونات الفردية للتوازن الحراري للجسم باستخدام علم

المختلفة للجسم لها نطاقات عدة من درجات الحرارة المريحة. من الشكل يتضح التفاوت بين درجات الحرارة للأجزاء المختلفة من الجسم والتي يشعر عندها الانسان بالراحة. كمثال: الساعد درجة الحرارة المريحة الصغرى له بين ٣٠ و ٣١ بينما درجة الحرارة المريحة الكبرى له بين ٣٧ و ٣٨، إذا كانت درجة حرارة الساعد أقل من القيمة الصغرى أو أكبر من القيمة الكبرى لا يشعر الانسان بالراحة، حيث يشعر بالبرد الشديد أو بالحرارة الزائدة.



----- درجة الحرارة المريحة الكبرى

— درجة الحرارة المريحة الصغرى

شكل (٢) أجزاء الجسم المختلفة ودرجات الحرارة المريحة Das (& Alagirusamy 2010).

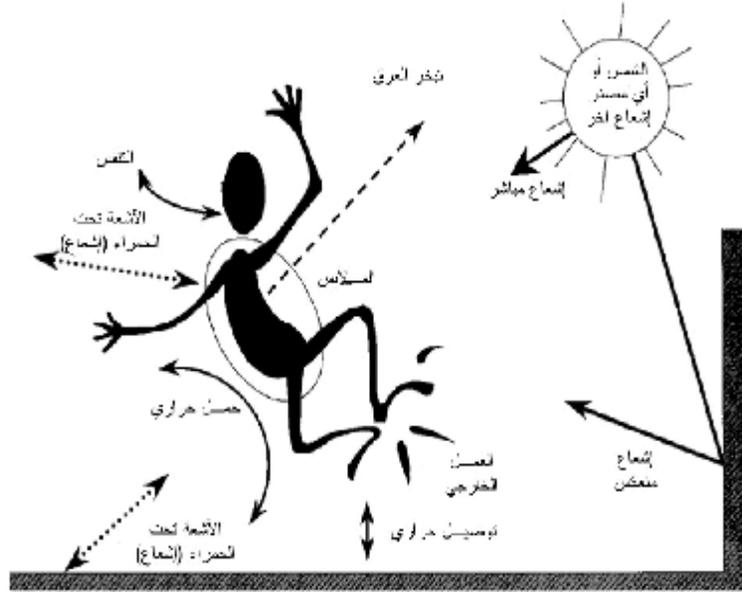
### أولاً، نظريات انتقال الحرارة ومفهوم التوازن الحراري للجسم

تنقسم عملية نقل الحرارة إلى عدد من العمليات البسيطة وهي التوصيل، والحمل، والإشعاع؛ عادة ما يتم نقل الحرارة بطريقتين أو ثلاث طرق في آن واحد (Long & Sayma 2009). يتم التبادل الحراري بين الانسان والبيئة المحيطة من خلال الملابس. خصائص الملابس التي تحدد معدل انتقال الحرارة هي مقاومة فقد الحرارة الجافة ومقاومة فقد الحرارة عن طريق التبخر. يتم استخدام قياسات خصائص الملابس لنقل الحرارة، كما يتم الاستعانة بالنماذج الحسابية للتنبؤ بالإجهاد الفسيولوجي الذي تسببه الملابس ووقت العمل المناسب تحت ظروف قاسية. العزل الحراري للملابس يتم تقديره وفقاً لخصائص الأقمشة، من طبقة ملابس واحدة؛ وذلك من خلال قياسات على جسم صناعي من النحاس. كما يمكن أيضاً قياس مقاومة الملابس لتبخر العرق، باستخدام ملابس داخلية مبللة تحت الملابس الخارجية على الجسم الصناعي من النحاس. على الرغم من فائدة استخدام الجسم الصناعي في قياسات الخواص الحرارية للملابس، إلا أنها لا تمثل خصائص الملابس خلال الارتداء الفعلي. حركة الشخص أثناء ارتداء الملابس تزيد تدفق الهواء بين الطبقات وعلى سطح الملابس، مما يغير خصائص الملابس لكل من العزل الحراري ونفاذية بخار الماء (Holmer & Elnas 1981).

ارتداء الملابس أثناء العمل في أجواء حارة يكون له آثار كبيرة على الإجهاد الحراري لدى العاملين. الأسلوب البسيط للتقييم يتضمن الحكم على التأثير المحتمل للملابس الخفيف جداً، فيكون للعامل حرية لكي يتبخر العرق، ثم تنتقل الحرارة للبيئة المحيطة. بينما الملابس الثقيلة تحد من تبخر العرق وبالتالي تتسبب في رفع درجة حرارة الجسم بسرعة في بيئة حارة. تعتبر خصائص كل من انتقال الحرارة للملابس والبخار (بخار العرق) مهمة عند الارتداء. أيضاً تعتبر خصائص التهوية للملابس ذات أهمية كبيرة، وكيف تتأثر الخواص الحرارية بنشاط وحركة العامل والبيئة المحيطة. إذا تحرك العامل فسيندفع الهواء الدافئ من خلال فتحات وطبقات الملابس اعتماداً على تصميم الملابس ونوعها. إذا كان هناك رياح، سوف تؤثر أيضاً على تبادل الهواء بين المناخ المصغر الذي تخلقه الملابس والجسم والبيئة الخارجية (Parsons et al. 1999).

العرق النشطة التي تعمل أثناء ممارسة الرياضة و/أو التعرض للحرارة (Buono 2000).

الكفاءة الحرارية (قياس السرعات الحرارية). أظهرت الدراسات السابقة لكل من (Araki et al. 1978; Wurster et al. 1969; Sato & Dobson 1970) أن هناك زيادة في العدد المطلق لغدد



شكل (٣) رسم تخطيطي لمسارات فقد واكتساب الحرارة من وإلى الجسم (Havenith 1999).

ممارسة التمرين، شدة التمرين، الملابس أو تقنيات التدفئة المستخدمة. وفقاً لدراسة كل من Smith & Havenith (2011)، والتي أجريت على تسع رياضيين ذكور من السلالة القوقازية أثناء ممارسة الرياضة، وجد أن معدل العرق (جم/م<sup>2</sup> في الساعة) لكل أجزاء الجسم كما هو موضح بالشكل (٥) لأداء بسيط وشكل (٦) لأداء قوي (Smith & Havenith 2011).

#### ثانياً الراحة الملابسية لقائدي السيارات وعلاقتها بمنسوجات السيارات

الجلوس لفترات طويلة، وفي ظروف غير مناسبة للمناخ المصغر في السيارة، مع إمكانية ارتفاع درجة الحرارة، والاهتزازات الميكانيكية، هي عوامل قد تسبب أخطار صحية يتعرض لها قائدي المركبات (Figa-Talamanca et al. 1996). كما أشارت بعض الدراسات إلى بعض حالات الحروق للأطفال بفعل مقاعد السيارات، خاصة ما إذا كانت السيارة قد أوقفت معرضة لضوء الشمس المباشر، وذلك بسبب ملامسة مفروشات السيارة المصنوعة من الفينيل الذي ترتفع حرارته بفعل حرارة الشمس أو ملامسة بعض أجزاء السيارة المعدنية حديثاً، ثم رصد ارتفاع في الحروق التي تسببها مقاعد السيارات بسبب ارتفاع درجة حرارة المقعد (Jagadeesan et al. 2008).

#### المنسوجات في السيارات

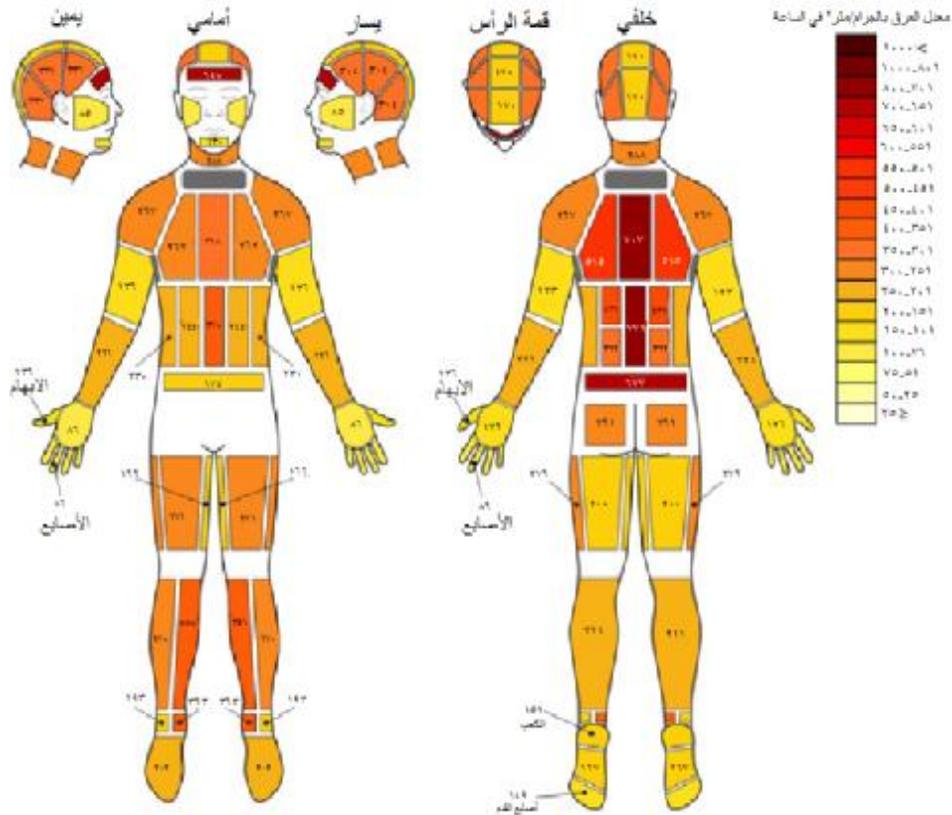
يعتبر تحديد مستوى الراحة الحرارية للإنسان في السيارات مهمة معقدة، لأن الراحة الحرارية تتضمن تفاعل العديد من المتغيرات، والبيئة الحرارية للسيارات عرضة لتقلبات مع امتداد الزمن (Brooks & Parsons 1999). يتفاعل قائدي السيارات مع العديد من المتغيرات في وقت واحد، ولا يمكن عزلهما تماماً عن متغيرات القيادة. شعور قائد السيارة بعدم الراحة هو ظاهرة ديناميكية (Porter et al. 2003)، حيث يمكن لقائد السيارة الشعور بالانزعاج من أكثر من مصدر واحد في وقت واحد (Norin & Wyon 1992). تقييم الشعور بعدم الراحة في مقعد السيارة يمكن أن يتغير بمرور الوقت (Gyi & Porter 1999). التجارب الموسعة التي تمت عن طريق القيادة الفعلية للسيارة تدعم البيانات الصادرة عن اختبارات المقاعد في المعامل (Porter et al. 2003). البيانات التي تم جمعها من تجارب القيادة الفعلية تمثل بشكل أكبر الراحة الحرارية. كان الغرض من الدراسة التي نفذها

ذكر Araki (1978) أن عدد الغدد العرقية النشطة في الصدر للذكور أثناء ممارسة الرياضة هو ٦٢ غدة/سم<sup>2</sup> للأداء البسيط، ٧٦ غدة/سم<sup>2</sup> للأداء المتوسط، و٩٨ غدة/سم<sup>2</sup> للأداء الشاق. يعتمد تعميم هذه النتائج على أجزاء جسم الإنسان الأخرى على سببين؛ أولاً، تختلف كثافة الغدد العرقية بشكل ملحوظ بجسم الإنسان، حيث ترتفع الكثافة عادة في الأطراف عنها بالجذع. ثانياً، قد تبين أن الحد الأدنى لدرجة الحرارة الداخلية للجسم التي يبدأ عندها إفراز العرق أثناء ممارسة الرياضة أقل عند الجذع بالمقارنة مع الأطراف. بالنظر لما سبق، فإنه من المنطقي افتراض أنه خلال ممارسة الرياضة بأداء بسيط يتم تحفيز غدد العرق الموجودة بالجذع على العمل، ومع ذلك، مع الزيادة التدريجية لشدة الأداء يكون تحفيز الغدد العرقية بالأطراف على العمل أكثر بالنسبة للجذع. وقد دعمت دراسة Buono (1999) بوضوح الفرضية السابقة، وأشارت أن العدد المطلق للغدد العرقية النشطة يزيد بمعدل طردي مع زيادة درجة حرارة الجسم أثناء ممارسة الرياضة، مع مراعاة أن كثافة الغدد العرقية أعلى في الأطراف بالنسبة للجذع (Flouris & Cheung 2010).

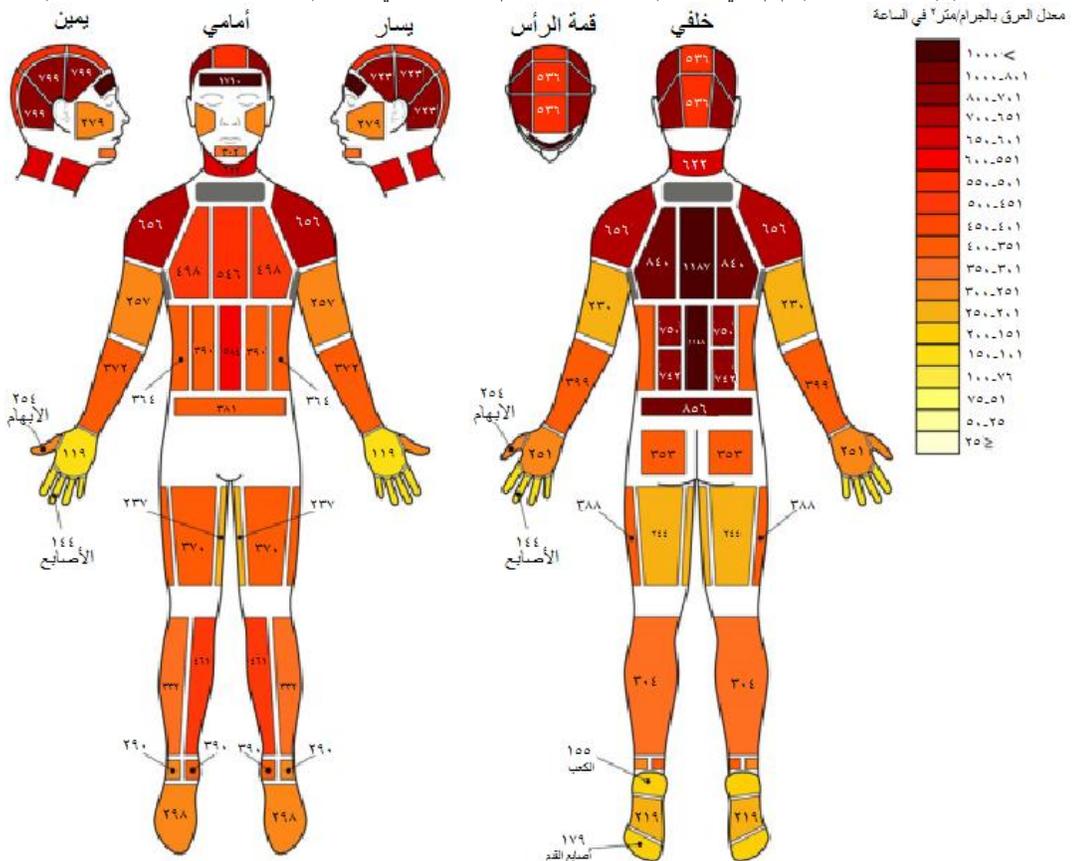
أثبتت الدراسات المعنية وجود اختلاف كبير في معدل العرق الموضوعي من جزء إلى آخر بالجسم (Cotter et al. 1995; Fogarty et al. 2007; Havenith et al. 2008; Hertzman 1957; Kuno 1956; Machado-Moreira et al. 2008; Ogata 1935; Smith et al. 2007; Taylor et al. 2006; Weiner 1945). فقد وجدت هذه الدراسات أن معدل إفراز العرق في المناطق المختبرة يكون أعلى بمنطقة الجذع، خاصة المنطقة القطنية من الجذع الخلفي حيث وجدت واحدة من أكبر معدلات التعرق بالجسم، بالإضافة إلى الجبهة. وقد لوحظت أدنى معدلات العرق في الأطراف، ولا سيما على الوجه الداخلي والخارجي للكفين والقدمين، على التوالي. ومع ذلك، لا يوجد دراسات كافية توفر البيانات الكمية عن معدلات التعرق الموضوعي للغالبية العظمى من مساحة سطح الجسم. ويعتبر من الصعب جمع بيانات من دراسات مختلفة لعمل تحليل كلي بهدف وضع خريطة التعرق لجسم الإنسان. السبب الرئيسي هو صعوبة عقد مقارنة بين الدراسات المختلفة، التي أجريت لأن القيم تتعلق بشكل مباشر بالحالة الحرارية للجسم، وبالتالي النتائج الصادرة عن هذه الدراسات تختلف باختلاف درجات الحرارة المحيطة، أساليب

درجة الحرارة والرطوبة للجهد، باستخدام نظام تقييم ذاتي (غير موضوعي).

كل من (Cengiz & Babalik) عام ٢٠٠٩، تحديد تأثير غطاء مقعد السيارة على الراحة الحرارية للإنسان عن طريق قياس



شكل (٥) معدل العرق (جم/م<sup>2</sup> في الساعة) لكل أجزاء الجسم لأداء رياضي بسيط (Smith & Havenith 2011).



الشكل (٦): معدل العرق (جم/م<sup>2</sup> في الساعة) لكل أجزاء الجسم لأداء رياضي قوي (Smith & Havenith 2011).

على الراحة الحرارية، وقد درس Fan (1989) والعديد من الباحثين هذا عامل. قام McCullough et al. (1983) بمقارنة العزل الحراري بين السراويل الطويلة الضيقة والفضفاضة، ووجد أن العزل الحراري للسراويل الفضفاضة أفضل من السراويل الضيقة عند الثبات (عدم الحركة) وفي عدم وجود رياح. ومع ذلك، فقد ذكر أنه أثناء حركة الجسم أو عند وجود رياح، فالحركة يمكن أن تؤدي إلى دوران الهواء داخل السراويل الفضفاضة، وبالتالي، يزيد فقد الحرارة بالحمل الحراري في هذه الحالة. كما أجرى Hvenith el al. (1990) بحثاً عن تأثير تلبس (ضبط) الملابس على عزلها للحرارة، وذلك باختبار ثلاث مجموعات من الملابس على أربع رجال (اثنتين بملابس فضفاضة واثنتين بملابس ضيقة) أثناء الجلوس والسير وفي وجود رياح، بثلاث سرعات الهواء مختلفة وهي أقل من 0.1 م/ث، 0.7 م/ث، 4.1 م/ث. مما أظهر أن العزل الحراري للملابس الضيقة أقل من العزل الحراري للملابس الفضفاضة بنسبة تتراوح فيما بين 31-37%. وعلاوة على ذلك، كان الفارق أكبر أثناء الجلوس، ولكن أقل في وجود الرياح. أيضاً، قام Chen et al. (2004) بدراسة تأثير تلبس (ضبط) الملابس على عزلها الحراري ومقاومتها لتبخّر العرق، وذلك باستخدام جسم صناعي من قماش يحاكي التعرق لدى الإنسان. تم استخدام ثلاثة أنواع من السترات، وهي بوبلين منسوج، دنيم (جينز) منسوج، وقماش تريكو. بمقاسات مختلف، خمسة مقاسات لكل موديل، واختبارها في عدم وجود رياح وفي وجود رياح بسرعة هواء مساوية  $2 \pm 0.5$  م/ث. أظهرت النتائج أنه في حالة عدم وجود رياح، فالعزل الحراري يزيد بزيادة كثافة الفجوات الهوائية عندما تكون الفجوة صغيرة. تتباطأ معدل زيادة العزل الحراري عندما أصبحت الفجوات الهوائية كبيرة. عندما تجاوزت الفجوات الهوائية 1 سم، انخفض العزل الحراري مع زيادة حجم الفجوات الهوائية. وذلك لأن زيادة حجم الفجوات الهوائية يسمح بانتقال الحرارة عن طريق الحمل الحراري بشكل أكبر. أما في وجود الرياح، كانت قيم العزل الحراري أقل، حيث وصلت إلى أقصى حد عندما كانت فجوة الهواء حوالي 0.6 سم. الملابس الضيقة قدمت أداء أفضل في الاحتفاظ بالدفء أثناء وجود الرياح (Ho et al. 2011).

مما سبق، يمكن استنتاج أنه كلما كبرت فجوة الهواء بين الملابس وسطح الجلد الجسم كلما انخفض العزل الحراري وانخفضت مقاومة تبخر الرطوبة، وذلك أثناء حركة الشخص أو في وجود الرياح. وبالتالي، وجود فجوة هواء كبيرة بين الملابس وسطح الجسم يحسن الراحة الحرارية من خلال تعزيز فقدان الحرارة بالحمل الحراري، لتعويض زيادة حرارة الجسم الناتجة عن الحركة. من الممكن زيادة حجم فجوة الهواء من خلال ارتداء الملابس فضفاضة. ومع ذلك، مع الأساليب التقليدية لمقاسات الملابس، المقاسات الأكبر للملابس تؤدي إلى زيادة الفجوة الهوائية في الجوانب فقط وليس عند الصدر والظهر حيث تكون الحاجة للتهوية أكبر، الملابس عادة ما تتدلى من الكتف وتكون ملائمة للصدر والظهر (Bray 1986, Stanley 1995, Armstrong 2000)؛ هذا يجعل ارتداء الملابس الواسعة أقل كفاءة في التبريد بالتهوية (Ho et al. 2011).

أظهرت دراسة Ho et al. (2001) أن إضافة بعض الاتساع لتصميم تي شيرت يمكن أن يقلل إلى حد كبير من عزله الحراري ومقاومته لتبخّر الرطوبة وذلك أثناء السير أو في وجود رياح، وبالتالي تحسين التبريد بالتهوية. الأشكال (7)، (8) و(9) توضح شكل تي شيرت والتغيرات التي تمت عليه. يمكن زيادة كفاءة التبريد عن طريق عمل فتحات صغيرة في التصميم مع الاتساع المضاف. ذلك لأنه مع هذا التصميم يتم خلق فجوات هوائية في الجزء الأمامي العلوي والجزء الخلفي العلوي من الجسم، ويتغير باستمرار شكل فجوات الهواء أو المناخ المصغر بين الملابس والجسم نتيجة لحركة الجسم الحركة والتقلب الطبيعي لسرعة الهواء (Ho et al. 2011).

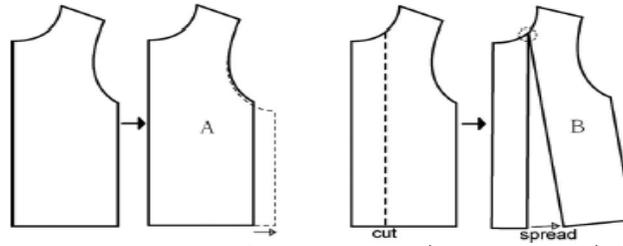
تم جمع بيانات القياس الموضوعية والذاتية على أساس دراسة سابقة قام بها Babalik و Cengiz عام 2007. في هذه الدراسة، أخذت القياسات فقط عند نقاط الاتصال بين السائق ومقعد. خلصت هذه الدراسة إلى الآتي: في هذه الدراسة، تم تقييم الراحة الحرارية لخامة غطاء مقعد السيارة أثناء القيادة في ظروف حركة المرور الحقيقية. تم تقييم الراحة الحرارية للإنسان باستخدام مادتين مختلفتين لغطاء المقعد: غطاء مقعد من ألياف الرامي المخلوطة وغطاء مقعد من البوليستر. تم قياس درجة الحرارة عند أربع نقاط اتصال مباشر بين المقعد وقائد السيارة، كما تم قياس درجة رطوبة الجلد على الجذع الخلفي لمدة ساعة واحدة أيضاً، تم جمع البيانات من خلال استبيان مكون من خمسة أسئلة كل 5 دقائق، أظهرت النتائج أن معظم البيانات عن الشعور بالراحة كانت بين مثالي/محايد ودافئ قليلاً. علاوة على ذلك، سجلت أعلى درجات الحرارة في منطقتي الخصر والظهر. وجد أن هناك علاقة طردية بين نتائج التقييم الذاتي والقياسات الموضوعية. وهذا مؤشر قوي على أن إجراء تجارب القيادة الفعلية على الطريق يمكن أن تعطي قياسات واقعية عن الراحة الحرارية، باستخدام بيانات ذاتية مجمعة بعناية، بالإضافة إلى القياسات الموضوعية. أظهرت كل من القياسات الموضوعية والتقييمات الشخصية، أن قائد السيارة يفضلون غطاء مقعد السيارة المصنوع من ألياف الرامي المخلوطة عن المصنوع من ألياف البوليستر. تعرف ألياف الرامي بقدرتها العالية على امتصاص الرطوبة مما يجعلها مريحة للارتداء، وخاصة في الطقس الحار (Cengiz & Babalik 2009).

### ثالثاً تأثير التبريد في الملابس

تعتبر صناعة الملابس في بحث دائم عن المواد النسيجية التي توفر أكبر قدر من الراحة وأعلى درجات الأداء الوظيفي. ومن شأن تأثير التبريد أن يكون أهم السمات المطلوبه من الملابس. مؤخراً، نجحت التقنيات الحديثة في مجال النسيج في تقديم ملابس توفر تأثير التبريد، دون الاعتماد على مصادر التبريد الخارجية. نظام التبريد المحمول يجب أن يدمج في الملابس، ويتضمن وسط لنقل الحرارة عن طريق امتصاصها من الجسم. عموماً، يمكن تصنيف هذه المواد إلى ثلاث فئات: مواد حَبَبِيَّة، مواد متغيرة الطور، ومواد من ألياف قادرة على الاحتفاظ بالماء. يمكن تصنيف هذه النظم من ناحية أخرى كنظم سلبية أو تفاعلية؛ النظام الأول (السليبي) يتضمن حركة سائل بشكل مستمر خلال أنابيب مثبتة في الملابس، وبناء على اتصال السائل بالجسم تقل حرارة الجسم. هذا الإعداد يتطلب مصدر للطاقة ومضخة ومشتت حراري Heat sink لإمتصاص الحرارة من السائل الدوار. النظام الآخر (التفاعلي) يتضمن استخدام مواد مدمجة في الملابس، تمتص الحرارة من الجسم عن طريق الاتصال المباشر ولا تتطلب تفاعل من يرتديها. هذين النظامين (السليبي والتفاعلي) عادة يشغلان حيزاً كبيراً ويعتبران غير مناسبين للتطبيقات التي تتطلب حركة ووزن خفيف للملابس. علاوة على ذلك، الوزن الإضافي يسبب عمليات أيض إضافية، التي من دورها توليد حرارة زائدة والتي تسبب عمل إضافي لمرتدي الملابس Hu et al. (2005).

تعتبر أنظمة التبريد الشخصية من الطرق الشائعة لزيادة الراحة الحرارية للعاملين، في درجات الحرارة العالية أو في الظروف التي لا توجد فيها فرصة لتبريد حرارة بالشكل الكافي. استخدام نظام تبريد ملبسي يمكن أن يؤدي إلى زيادة إنتاجية العمل والراحة بالإضافة إلى ظروف عمل أكثر أمناً. تستخدم عوامل التبريد مثل الماء، الهواء، الهلام، الثلج، أو المواد متغيرة الطور في أنظمة التبريد الملبسية لمنع تعرض الجسم للإجهاد الحراري (Lango et al. 2009).

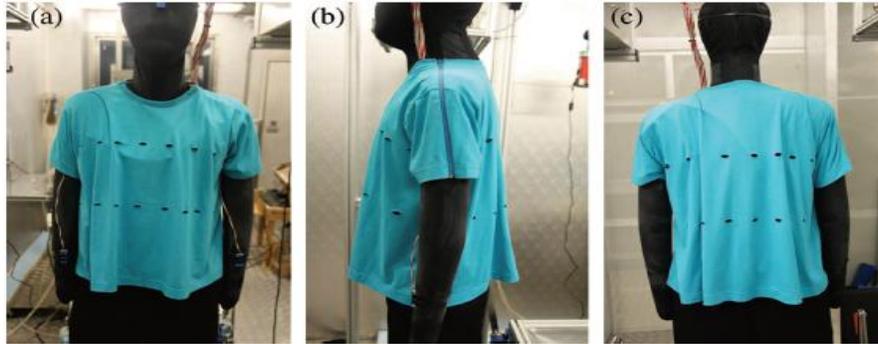
وسائل تحقيق تأثير التبريد في الملابس وزيادة الراحة الحرارية يعتبر ضبط الملابس fitting من أكثر العناصر الهامة التي تؤثر



شكل رقم (٧) يوضح التغيير في نموذج تي شيرت (Ho et al. 2011).



شكل (٨) مظهر انسدادية تي شيرت قبل إضافة الاتساع (A) وبعد الاتساع (B) (Ho et al. 2011).



شكل (٩) مظهر التي شيرت الواقعي بعد إضافة الاتساع عمل الفتحات على الجذع من الأمام والخلف (Ho et al. 2011).

### الملابس الرياضية

أظهرت دراسة سابقة، أن تصميم الملابس يمكن أن يساهم في زيادة الراحة الحرارية، وتوفير التهوية، في المواقع المناسبة من الملابس، يمكن أن يكون هو الحل. هذه الدراسة التي أجريت على تي شيرت مصنوع من ١٠٠% قطن، كانت نتائجها أن التي شيرت المصمم مع إضافة أقمشة شبكية عند الصدر أو الظهر (شكل ١٠) لم يقدم تأثير التهوية والتبريد المطلوب وذلك لأن طبقة القماش الشبكية تلتصق بسطح الجلد وتمنع التهوية. أما وضع أقمشة شبكية عند الإبطين، يساعد في تحرير حرارة الجسم فقط أثناء السير، وليس في وضع الوقوف. من حيث الأداء العام، وجد أن تصميم التي شيرت بفتحات (شكل ١١) طولية في الجانبين على طول الحياكات الجانبية يعتبر مثالياً للتبريد بالتهوية والراحة الحرارية (شكل ١٢) (Ho et al. 2008).



شكل (١٠) التي شيرت بإضافة الفتحات عند الجانبين (Ho et al. 2008).

### الملابس مكيفة الهواء

يتم تعريف ملابس التبريد باستخدام الهواء والسائل بملابس التبريد النشطة. يتم تبريد الهواء أو السائل، في وسط خارجي ثم ضخها وتدويرها، من خلال نظام الملابس بمساعدة الأنابيب. هذه الملابس عادة ما يتم ارتداؤها على مقربة من الجلد، ويتم إزالة الحرارة طريق التوصيل والحمل الحراري بشكل أساسي (Kayacan & Kurbal 2010). تقدم شركة كوشوفوكو اليابانية ملابس (قمصان وسترات) مصممة



شكل (١١) تصميم الفتحات الأفقية عند الصدر (Ho et al. 2008).

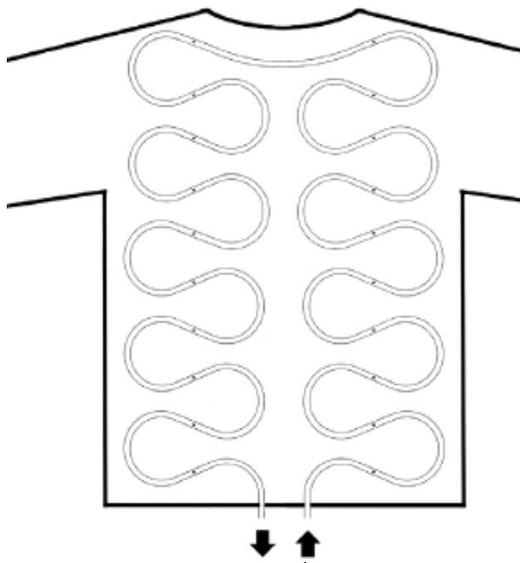
شكل (١٢) تي شيرت بإضافة قماش شبكي عند الصدر (Ho et al. 2008).

(شكل ١٣) (Kuchofuku Products 2010).



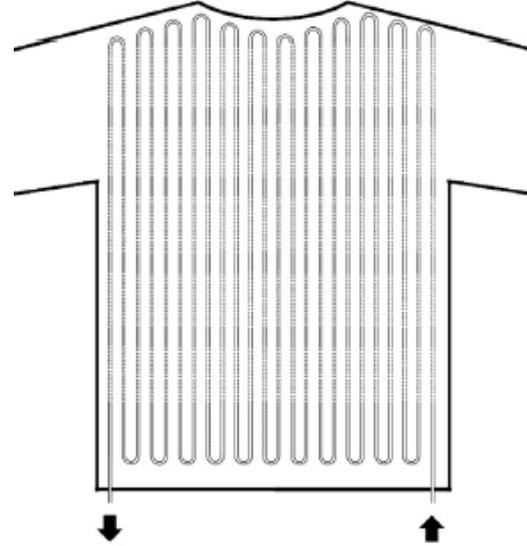
(شكل ١٣) قميص مدمج به مروحة كهربائية للتهوية (Kuchofuku Products 2010).

خصيصاً بدمج مروحة كهربائية صغيرة أو أكثر تعمل بالبطاريات



(شكل ١٥) يوضح توزيع أنابيب تدفق الهواء المثبتة بالملابس، (Tanaka et al. 2014).

يعتبر تخزين الطاقة الحرارية الكامنة باستخدام مواد متغيرة الطور (PCMs) phase change materials من أكثر الوسائل فعالية بسبب ارتفاع كثافة تخزين الطاقة، استقرار الخواص الحرارية أثناء تخزين الحرارة وإطلاقها (استرجاعها). يستخدم عدد كبير من المواد متغيرة الطور في تخزين الطاقة الحرارية الكامنة، مثل: البارافين paraffin، الأحماض العضوية غير البارافينية non-paraffin organic acids، مركبات غير العضوية. تم الكشف عن أكثر من خمسة آلاف نوع من المواد متغيرة الطور، من هذه المواد لأكثر شيوعاً في مجال صناعة المنسوجات هي شموع البارافين حيث تقع درجة انصهارها من ١٨° مئوية إلى ٣٦° مئوية. تستخدم المواد متغيرة الطور في الملابس مثل بدل التزلج، بدل الصيد، والقفازات. لا يمكن وضع المواد متغيرة الطور مثل البارافين مباشرة على المنسوجات، بسبب انخفاض درجة انصهارها؛ وبالتالي يجب أن تكون هذه المواد داخل كبسولات دقيقة microcapsules حتى لا تتسرب عند وجودها في الطور السائل. من ناحية أخرى قدم Sari et al. (٢٠٠٧) طريقتين لإنتاج مركبات المواد متغيرة الطور. الأولى هي الطريقة المباشرة، والثانية هي عن طريق تشريبها impregnation في خامات مسامية؛ الطريقة الثانية هي الأيسر وتعتبر غير مكلفة (موضحة بشكل ١٦) (Khosrojerdi 2013) (& Mortazavi).



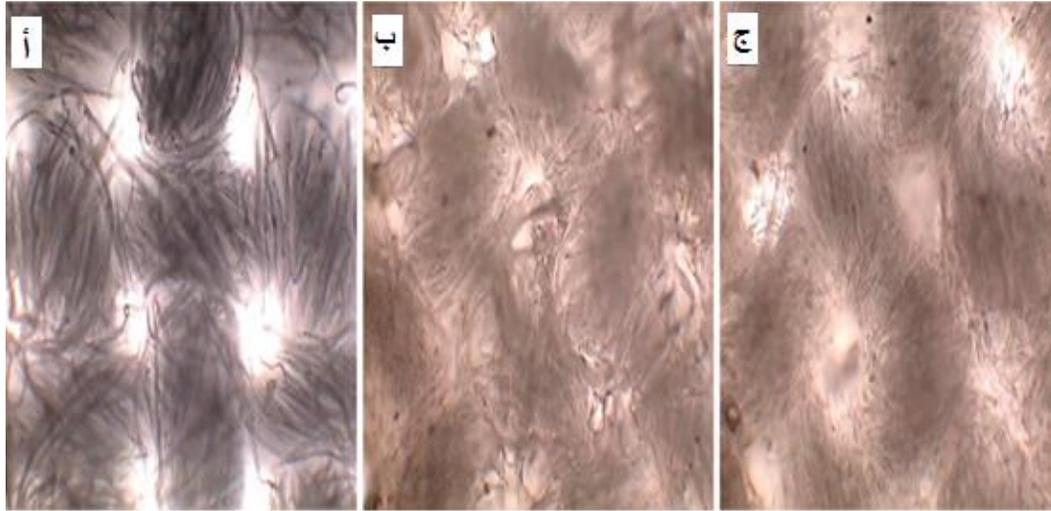
(شكل ١٤) يوضح توزيع أنابيب السائل المثبتة بالملابس (Tanaka et al. 2014).

#### ملابس التبريد باستخدام السائل

تستخدم ملابس التبريد باستخدام السائل والتهوية Liquid Cooling and Ventilation Garments (LCVGs) حالياً من قبل جميع رواد الفضاء، أثناء مهامهم في الفضاء خارج السفن والمركبات الفضائية. تتكون هذه الملابس من عنصرين رئيسيين وهما، وحدة تبريد السائل ووحدة تهوية. ملابس التبريد باستخدام السائل مصنوعة من خامات ذات مرونة ومطاطية وأنابيب من الفينيل المثبتة بالملابس. أنابيب المياه الباردة يتم ضبطها على الجسم عن طريق الملابس المرنة. وحدة التهوية أو قناة تدفق الهواء تحاك على الملابس، حيث تساعد في امتصاص الحرارة. شكل (١٤) يوضح توزيع أنابيب السائل على الملابس وشكل (١٥)

يوضح توزيع أنابيب تدفق الهواء (Tanaka et al. 2014). قامت بعض الدراسات بالبحث في التأثيرات الفسيولوجية والطبية لملابس التبريد باستخدام السائل، منذ ظهور أول ملابس للتبريد باستخدام السائل الذي طورته المؤسسة الملكية للطائرات ببريطانيا عام ١٩٦٤ (Xu et al. 1999). الميزة الأساسية لملابس التبريد السائل هي سعتها الحرارية الكبيرة، مما يضمن مستوى عال من تخفيض الحرارة في ظل ظروف العمل القاسية، في بيئة حارة أثناء ارتداء ملابس وقاية تمنع تبخر العرق (Bartkowiak et al. 2015).

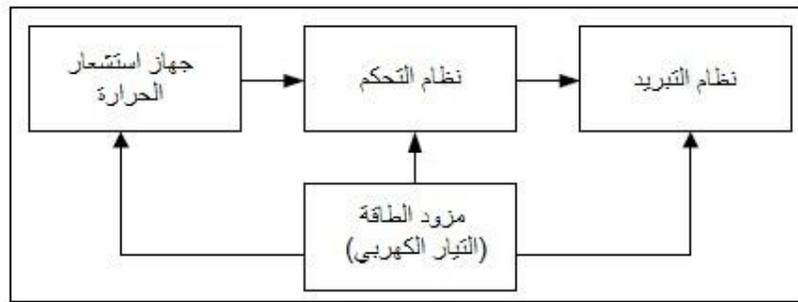
#### المواد متغيرة الطور



شكل (١٦) (أ) القماش الخام بتكبير ١٠ أضعاف (ب) و(ج) القماش بعد إضافة المواد متغيرة الطور عن طريق التشريب (2013) (Khosrojerdi & Mortazavi).

تأثير تومسون Thomson، التأثير المغناطيسي الحراري magnetocaloric، التأثير الكهروحراري electrocaloric، شكل (١٧) يوضح أساس نظام التبريد الكهروحراري (Bansevicius et al. 2007).

**أنظمة التبريد الكهروحرارية (المعتمدة على الظواهر الكهربية)**  
أنظمة تبريد الجسم الكهروحرارية تعتمد بشكل أساسي على اختيار طريقة التبريد التي تتطلب الحد الأدنى من استهلاك الطاقة الكهربائية. يمكن لأنظمة تبريد الجسم التي يتم دمجها في الملابس أن تعتمد على مبادئ التبريد المختلفة مثل: تأثير بالتير Peltier،



شكل (١٧) أساس نظام التبريد الكهروحراري (Bansevicius et al. 2007).

الحاسب الآلي. وقد سمح هذا النموذج بقياس الحرارة في طبقات الملابس المختلفة وحساب وقت التعرق أثناء الارتداء (Barauskas et al. 2012).

### نتائج البحث Results :

الهدف من هذا البحث هو عرض لما جاء بالأبحاث العلمية الحديثة عن كيفية تحسين الراحة الحرارية لفاندي السيارات عن طريق الطرق المختلفة لتأثير التبريد في الملابس. مما تم عرضه يتضح الفرق بين نظامين لتنفيذ تأثير التبريد للملابس وهما: النظام السلبي والنظام المتفاعل. النظام السلبي يتبين في الملابس الرياضية، والملابس مكيفة الهواء، وملابس التبريد باستخدام سائل تبريد. حيث أن هذه الملابس لا تتأثر بالبيئة الخارجية ولا بحرارة جسم الانسان، إنما تقوم بعملها من حيث التبريد دون تدخلات من البيئة الخارجية. أما تقنيتي استخدام المواد متغيرة الطور وأنظمة التبريد الكهروحرارية في الملابس؛ تعتبر من الأنظمة التفاعلية التي تتأثر بالبيئة الخارجية وتتفاعل حسب مدخلات هذه البيئة مثل ارتفاع/انخفاض درجة حرارة الجو المحيط أو ارتفاع/انخفاض درجة حرارة الجسم.

### المراجع References :

- 1- Bansevicius R., Račkienė R., and Virbalis J. A. (2007): "The Body Cooling System Integrated into the Clothes", Electronics And Electrical Engineering, Vol. 5(77).

### تأثير بالتير

يعرف تأثير بالتير Peltier Effect أنه امتصاص وتحرير الحرارة من طرفي مزدوج حراري thermocouple، عندما يتدفق تيار كهربائي عبر اثنين من المعادن مختلفي الخواص موضوعين في دائرة كهربية. أساس تأثير بالتير هو: إذا تم تشغيل مصدر طاقة تيار داخل دائرة كهربية مكونة من طرفين معدنيين مختلفي الخواص، فإنه يقوم بخلق تيار كهربي، يبرد طرف ويولد حرارة بالطرف الأخر، معتمداً على اتجاه التيار (Drebushchak 2008).

قدم Barauskas et al. (٢٠١٣) نظام تهوية تجريبي جديد لسترات الوقاية من الرصاص. تم عمل نموذج محاكي للمناخ المصغر الذي تخلفه ملابس الحماية ضد الرصاص الخاصة بالمقاتلين. وقد تبين أنه لتحقيق أفضل النتائج، يكون عن طريق الجمع بين نظامي التبريد السلبي والإيجابي (التفاعلي). تم دمج طبقة تهوية من نسيج ثلاثية الأبعاد بين طبقة الحماية ضد الرصاص وجسم الانسان، مما يسمح بخلق نظام تبريد يمكن التحكم به، حيث يتم تنظيم درجة حرارة الهواء المدخل عن طريق وحدة كهروحرارية (وحدة بالتير). يتم التخلص من العرق والحرارة الزائدة عن طريق تدفق الهواء. على الرغم من الأبحاث النظرية والحسابية حول المناخ المصغر الذي يتم التحكم به خلال ارتداء الملابس، لا تزال في المراحل الأولية بسبب تعقيد ظاهرة بالتير وطبيعتها متعددة المستويات، وقد بذلت بعض الجهود لشرح ما يحدث في طبقة المناخ المصغر عن طريق نموذج باستخدام

- 9, No. 4, pp. 503-508.
- 14- Ho C., Fan J., Newton E., and Au R. (2011): "The Effect of Added Fullness and Ventilation Holes in T-shirt Design on Thermal Comfort", *Ergonomics*, Vol. 54, No. 4, pp. 403-410.
  - 15- Holmer I. and Elnas S. (1981): "Physiological Evaluation Of The Resistance To Evaporative Heat Transfer By Clothing", *Ergonomics*, Vol. 24, No. 1, p. 63 – 74.
  - 16- Hu E., Kaynak A., and Li Y. (2005): "Development of a Cooling Fabric from Conducting Polymer Coated Fibres: Proof of Concept", *Journal of Synthetic Metals*, Vol. 150, pp. 139-143.
  - 17- Jagadeesan J., Jammadas B., Akthar N., and Ralston D. R. (2008): "An Unusual Case of Car Seat Burn", *Journal of Burns*, Vol. 34, iss. 8, pp. 1208-1209.
  - 18- Kayacan O. and Kurbal A. (2010): "Effect of Garment Design on Liquid Cooling Garments", *Textile Research Journal*, Vol. 80 (14), pp. 1442-1455.
  - 19- Khosrojerdi M. and Mortazavi S. M. (2013): "Impregnation of a Porous Material with a PCM on a Cotton Fabric and the Effect of Vacuum on Thermo-Regulating Textiles", *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 114, Iss. 3.
  - 20- Lango T., Nesbakken R., Faerevik H., Holbo K., Reitan J., Yavuz Y., and Marvik R. (2009): "Cooling Vest for Improving Surgeons Thermal Comfort: A Multidisciplinary Design Project", *Journal of Minimally Invasive Therapy*, Vol. 18:1, pp. 1-10.
  - 21- Long C. and Sayma N. (2009): "Heat Transfer", Ventus Publishing, 2009.
  - 22- Ogulata R. T. (2007): "The Effect of Thermal Insulation of Clothing on Human Thermal Comfort", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 15, No. 2(61).
  - 23- Parsons K. C., Havenith G., Holmer I., Nilsson H., and Malchaire J. (1999): "The Effects of Wind and Human Movement on the Heat and Vapour Transfer Properties of Clothing", *The Annals of Occupational Hygiene*, Vol. 43 iss. 5.
  - 24- Products. (2012). Retrieved November 27, 2014, from "<http://www.kuchofuku-products.com>"
  - 25- Smith C. J. and Havenith G. (2011): "Body Mapping of Sweating Patterns in Male Athletes in Mild Exercise-Induces Hyperthermia", *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 111 iss. 7, pp. 1391-1404.
  - 26- Tanaka K., Nakamura K., and Katafuchi T. (2014): "Self-perspiration Garment for
  - 2- Barauskas R., Baltušnikaitė J., Abraitienė A., and Grinevičiūtė D. (2012): "Experimental Investigations and Finite Element Model of Heat and Moisture Transfer in Multilayer Textile Packages", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 20, Iss. 6A (92), pp. 112-116.
  - 3- Bartkowiak G., Dabrowska A., and Włodarczyk B. (2015): "Construction of a Garment for an Integrated Liquid Cooling System", *Textile Research Journal*, Vol. 85, Iss. 1, pp. 1-8.
  - 4- Brooks J. E. and Parsons K. C. (1999): "An Ergonomics Investigation Into Human Thermal Comfort Using an Automobile Seat Heated with Encapsulated Carbonized Fabric (ECF)", *Ergonomics*, Vol. 42, Iss. 5.
  - 5- Buono M. J. (2000): "Limb Versus Trunk Sweat Gland Recruitment Patterns during Exercise in Humans", *Journal of Thermal Biology*, Vol. 25 iss. 4, pp. 263-266.
  - 6- Cengiz T. G. and Babalik F. C. (2009): "The Effects of Ramie Blended Car Seat Covers on Thermal Comfort during Road Trials", *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 39, pp. 287-294.
  - 7- Das A. and Alagirusamy R. (2010): "Science in Clothing Comfort", Woodhead Publishing India Pvt. Ltd., 2010.
  - 8- Drebushchak V. A. (2008): "The Peltier Effect", *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 91, Iss. 1, pp. 311-315.
  - 9- Figa-Talamanca I., Cini C., Varricchio G. C., Dondero F., Candini L., Lenzi A., Lombardo F., Angelucci L., Di Grezia R., and Patacchioli F. R. (1996): "Effects of Prolonged Autovehicle Driving on Male Reproductive Function: A Study Among Taxi Drivers", *American Journal Of Industrial Medicine*, Vol. 30, pp. 750-758.
  - 10- Flouris A. D. and Cheung S. S. (2010): "Thermometry and Calorimetry Assessment of Sweat Response during Exercise in the Heat", *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 108, iss. 5, pp. 905-9011.
  - 11- Havenith G. (1999): "Heat Balance When Wearing Protective Clothing", *The Annals of Occupational Hygiene*, Vol. 43 iss. 5, pp. 289-296.
  - 12- Havenith G., Holmer I., Den Hartog E. A., and Parsons K. C. (1999): "Clothing Evaporative Heat Resistance – Proposal for Improved Representation in Standards and Models", *The Annals of Occupational Hygiene*, Vol. 43 iss. 5.
  - 13- Ho C., Fan J., Newton E., and Au R. (2008): "Effects of Athletic T-shirt Designs on Thermal Comfort", *Fibers and Polymers*, Vol.

- 28- Xu X., Hexamer M., and Werner J. R. (1999): "Multi-Loop Control Of Liquid Cooling Garment Systems", *Ergonomics*, Vol. 42, No. 2, pp. 282-298.
- 29- Yazidi M. M. and Skeikhzadeh M., (2014): "Personal Cooling Garments: a Review", *The Journal of the Textile Institute*, Vol. 105, No. 12, p. 1231 – 1250.
- 27- Tzanov T., Betcheva R., and Hardalov I., (1999): "Thermophysiological Comfort of Silicone Softeners-Treated Woven Textile Materials", *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 11, Issue 4, p.189 – 197.