# الاهتزاز

# الاهتزاز

# تقديم

استكمالاً للمسيرة التي بدأناها في ترجمة فصول موسوعة الصحة والسلامة المهنية الصادرة عن منظمة العمل الدولية، يسرنا أن نضع بين أيديكم قراءنا الأعزاء ترجمة الفصل 50 من الموسوعة بعنوان «**الاهتزاز**» والذي يسلط الضوء على الاهتزاز بنوعيه، اهتزاز كامل الجسم والاهتزاز المنقول باليد إضافة إلى التأثيرات الناجمة عنه وطرق الوقاية والعلاج.

نجدد شكرنا لمكتب العمل الدولي في جنيف لدعمه المستمر لأنشطة المعهد عموماً وعملية الترجمة على وجه الخصوص مؤكداً اهتمامه وحرصه على تعزيز حماية بيئة العمل في المنطقة العربية. وكلنا أمل أن يحقق هذا المنشور الفائدة المرجوة لجميع المعنيين بمسائل الصحة والسلامة المهنية في مجال الحماية من الاهتزاز.

**د. محمود ابراهيم**
**مدير المعهد**

# المحتويات

تقديم ..... 5
المحتويات ..... 7
1. الاهتزاز «ميشيل ج. غريفين» ..... 9
2. اهتزاز كامل الجسم «هيلموت سيدل وميشيل ج. غريفين» ..... 13
3. الاهتزازات المنقولة باليد «ماسينو بوفينزي» ..... 31
4. مرض الحركة «آلان ج. بنسون» ..... 49
5. المراجع ..... 57

# 1. الاهتزاز

**ميشيل ج. غريفين**

الاهتزاز حركة تذبذبية، ويلخص هذا الفصل ردود الفعل التي يبديها الإنسان تجاه اهتزاز كامل الجسم والاهتزازات التي تنقلها اليد إضافة إلى التطرق إلى أسباب مرض الحركة.

يحدث اهتزاز كامل الجسم عندما يستند الجسم فوق سطح مهتز (مثل: الجلوس فوق مقعد مهتز أو أرض مهتزة داخل غرفة أو الاستلقاء أو الاضطجاع فوق سطح مهتز). يشاهد مثل هذا النوع من الاهتزازات في جميع أشكال وسائط النقل ولدى العمل بجوار الآلات الصناعية.

أما الاهتزازات التي تنقلها اليد فهي تلك التي تدخل إلى جسم الإنسان عن طريق اليد والتي تسببها مختلف آليات العمل في مجال الصناعة والزراعة والتعدين والبناء حيث يقوم الشخص بمسك الأدوات والمعدات المهتزة أو عندما يقوم بدفعها بواسطة اليد أو الأصابع، ويمكن أن يؤدي التعرض للاهتزازات المنتقلة للجسم عبر اليد إلى اضطرابات واعتلالات عديدة لدى الشخص المتعرض.

أما مرض الحركة Motion Sickness فهو ينتج عن تذبذب الجسم وفق تواتر منخفض، أو بعض أنواع دوران الجسم أو حركة أجهزة أو شاشات العرض حركة نسبية مع الجسم.

- **مدى الاهتزاز أو سعته**

تشتمل الانزياحات التذبذبية لجسم ما على السرعة وفق اتجاه ما ومن ثم السرعة وفق الاتجاه المعاكس وبالتناوب، حيث يعني هذا التغير في السرعة أن الجسم في تسارع ثابت مرّة في الاتجاه الأول وأخرى في الاتجاه الثاني. يمكن تعيين مدى الاهتزاز عن طريق مقدار انزياحه أو سرعته أو تسارعه. هذا، ولتحقيق الراحة من الناحية العملية فإنه يتم قياس التسارع عادة بواسطة مقاييس التسارع Accelerometers. إن واحدة قياس التسارع هي م/ثا$^2$ – ومفيد ذكره أن التسارع الذي تسببه الجاذبية الأرضية يُقدر بحوالي ( 9.81م/ثا$^2$).

يمكن التعبير عن مدى أو سعة الاهتزاز بأنه (المسافة مابين نهايتين أعظميتين تبلغهما الحركة (المطال الواقع ما بين ذروتين متتاليتين)، أو المسافة الممتدة من نقطة مركزية إلى نقطة حدوث الانحراف الأعظمي (القيمة الذروية) وغالباً ما

يُعبّر عن مدى الاهتزاز (أو سعته) كقياس لوسطي تسارع الحركة المتذبذبة وهي عادة القيمة المنتجة (r.m.s م/ثا$^2$).

إن القيمة المنتجة للتسارع بالنسبة لحركة وحيدة (جيبية) هي حاصل قسمة القيمة الذروية على ( $\sqrt{2}$ ).

يمكن حساب التسارع (a) مقدّراً بالـ (م/ثا$^2$) بدلالة التردد (f) مقدراً بالدورة في الثانية والإزاحة (d) مقدرة بالمتر وفق العلاقة التالية:

$$a = ( 2 \pi f)^2 d$$

يمكن استخدام هذه العلاقة لتحويل التسارع إلى انزياحات ولكن لا تكون هناك دقة في عملية التحويل ما لم يكن التردد ثابتاً (وحيداً).

تستخدم المقاييس اللوغاريتمية أحياناً لتعييم قيم السعات الاهتزازية مقدرة بالديسيبل Decible، فلدى استخدام السوية المرجعية في سياق المعيار الدولي رقم (1683) يُعبّر عن سوية التسارع (La) من خلال العلاقة التالية:

$$La = 20 \, Log_{10} (a/a_0)$$

بحيث أن:

a = التسارع المقيس وواحدته (r.m.s. م/ثا$^2$)

$a_0$ = القيمة المرجعية لمستوى التسارع وتساوي ($10^{-6}$م/ثا$^2$)، علماً بأنه تُستخدم سويات مرجعية أخرى في بعض الدول.

- **التردد**

يؤثر تردد الاهتزاز مقدراً بعدد الدورات في الثانية (أي بالهرتز $H_z$) في كل من مدى انتقال الاهتزازات إلى داخل الجسم (فهل يتم التعرض لحركات سطح البحر أم تأتي تلك الاهتزازات من مقبض أداة مهتزة مثلاً) وفي مقدار ما يتم انتقاله عبر الجسم (ما يتم انتقاله من المقعد الذي يجلس عليه الشخص إلى رأسه مثلاً) وفي مدى تأثير الاهتزاز على الجسم. إن العلاقة ما بين الانزياح وتسارع الحركة أيضاً تعتمد على تردد الاهتزاز-فانزياح مقداره ميلمتر واحد يوازي تسارعاً منخفضاً جداً عند الترددات المنخفضة ولكن عند الترددات العالية جداً فإن الانزياح الحاصل الذي تشاهده العين لا يكون مؤشراً جيداً لتسارع الاهتزاز.

إن التأثيرات الناجمة عن اهتزاز كامل الجسم تكون أعظمية في المجالات الترددية المنخفضة في المجال [0.5-100هرتز] أما بالنسبة للاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد فإن الترددات العالية من مرتبة (1000هرتز) أو أعلى قد

تترك تأثيرات ضارة على الجسم أما الترددات المنخفضة التي تكون بحدود (0.5 هرتز) فقد تسبب ما يسمى بمرض الحركة Motion Sickness.

يمكن إظهار المحتوى الترددي للاهتزاز على هيئة أطياف، وبالنسبة لكثير من أنواع الاهتزازات التي تغطي كامل الجسم أو التي تنقل إلى الجسم عن طريق اليد فإن مثل تلك الأطياف تكون معقدة حيث يكون هناك حدوث للحركة عند جميع الترددات. ولكن دائماً نجد هناك قيماً ذروية تشير إلى الترددات التي يحدث عندها معظم الاهتزاز.

نظراً لاختلاف درجة استجابة جسم الإنسان تجاه الاهتزاز وفقاً للتردد الذي يقع وفقه الاهتزاز فإنه من الضروري موازنة التردد المقيس وفقاً لمقدار الاهتزاز الذي يحدث عند كل تردد، حيث تعكس عملية الموازنة هذه المدى الذي يُسبب فيه الاهتزاز التأثيرات السلبية عند كل تردد. إن موازنة التردد أمر لا بد منه بالنسبة لكل محور اهتزاز. ونحتاج إلى عوامل موازنة مختلفة بالنسبة لكل من اهتزاز كامل الجسم والاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد ومرض الحركة.

- **الاتجاه**

يمكن أن يحدث الاهتزاز وفق ثلاثة اتجاهات متحولة وفق ثلاثة اتجاهات دورانية، فبالنسبة لشخص جالس تكون محاور الحركة المتحولة (المنتقلة) الثلاثة على الشكل الآتي:

1- محور السينات X-axis ويمثل الاتجاه: أمام - خلف.

2- محور العينات Y-axis ويمثل الاتجاه الجانبي.

3- محاور الصادات Z-axis وتمثل بالترتيب: الدوران أو الرجرجة ($r_x$) والقذف أو التموج ($r_y$) والانحراف ($r_z$)

يتم قياس الاهتزاز (أو الارتجاج) عادة في المنطقة الخُلالية مابين الجسم والاهتزاز ويعرض البحثان القادمان من هذه الموسوعة الأنظمة الرئيسية لقياس الاهتزاز بالنسبة لكامل الجسم وبالنسبة للاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد.

- **الفترة الزمنية**

تعتمد استجابات جسم الإنسان تجاه الاهتزاز على الفترة الإجمالية التي يتم فيها التعرض للاهتزاز، وعندما لا تتغير خصائص الاهتزاز مع الزمن فإن ما يعرف باسم القيمة المنتجة (r.m.s) يقدم مقياساً مناسباً بالنسبة للسعة الوسطية للاهتزاز،و هكذا فإن ساعة عدّ (مثل تلك المستخدمة في السباقات) عادية قد تكون كافية لتقييم زمن التعرض، ويمكن تقييم حدة السعة الوسطية والفترة

الزمنية الإجمالية بالعودة إلى المعايير الواردة في الفقرات المقبلة ضمن سياق هذا الفصل.

إن كثيراً من التعرضات المهنية متقطعة أو متغيرة السعة (المدى) من لحظة لأخرى أو تشتمل على صدمات من حين لآخر، ولكن يمكن تجميع حدة مثل تلك الحركات المعقدة بشكل تراكمي وبحيث يتم اختيار معاملات مناسبة للموازنة (مثال: التعرض لاهتزازات عالية المدى لفترة زمنية قصيرة، والتعرض لاهتزازات منخفضة المدى – أو السعة – لفترة زمنية طويلة). هذا، ولقد تم اتباع طرق مختلفة لحساب الجرعة، ويمكن الرجوع في هذا الصدد إلى الفقرات التالية: (اهتزاز كامل الجسم) و (الاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد) و(مرض الحركة) وذلك في سياق هذا الفصل.

## 2. اهتزاز كامل الجسم

**هيلموت سيدل وَ ميشيل ج . غريفين**

- **التعرض المهني**

تحدث التعرضات المهنية بالنسبة للاهتزازات (أو الارتجاجات) التي تشمل كامل الجسم بشكل رئيسي داخل وسائط النقل وذلك إضافة إلى حصول ذلك أثناء عمل بعض الآليات الصناعية. تستطيع وسائط النقل البرية والبحرية والجوية جميعها توليد اهتزازات تسبب الشعور بعدم الراحة أو تتداخل مع الأنشطة التي يتم القيام بها أو تسبب الأذى. ويبين الجدول رقم (1.50) قائمة ببعض البيئات التي يرجح أن ترافقها المخاطر الصحية:

---

**الجدول رقم (1.50): الأنشطة التي قد يكون من المناسب أن يتم التحذير فيها حول التأثيرات العكسية لاهتزاز كامل الجسم.**

قيادة الجرارات.

المركبات والآليات العسكرية الحربية (مدرعات مثلاً) وما شابه.

الآليات والعربات العاملة خارج الطرقات مثل:

- الآليات المحركة للأرض مثل عربات التحميل والترحيل والبلدزورات ومدرجات (ممهدات) الطرق Graders وآليات الكشط Scrapers والقلابات Dumpers والمدحلات (مفردها مدحلة) Rollers.
- الآلات التي تستخدم في الغابات.
- المعدات والأجهزة المستخدمة في المناجم والمقالع.
- الشاحنات ذات الروافع الشوكية Forkliht tracks

قيادة بعض الشاحنات (المتمفصلة وغير المتمفصلة).

قيادة بعض السيارات والقطارات.

قيادة بعض طائرات الهيلكوبتر وبعض الطائرات المثبتة الأجنحة.

بعض العمال الذين يعملون على آليات إنتاج الإسمنت المسلح.

بعض سائقي السكك الحديدية.

بعض استخدامات السفن البحرية عالية السرعة.

ركوب بعض الدراجات النارية.

قيادة بعض السيارات والعربات.

بعض الأنشطة الرياضية.
بعض الأجهزة والمعدات الصناعية الأخرى.

المصدر: مأخوذ من غريفين، 1990.

---

يمكن أن تحدث أهم التعرضات الشديدة للاهتزاز وللصدمات بواسطة العربات والآليات العاملة خارج الطرقات بما في ذلك الآليات المحركة للأرض والشاحنات الصناعية والجرارات الزراعية.

## • الحركات الحيوية

يمتلك جسم الإنسان ترددات التجاوب مثله مثل جميع البنيات الميكانيكية حيث يبدي الجسم استجابة ميكانيكية أعظمية. لا يمكن تفسير الاستجابات التي يبديها الجسم الإنساني فقط على أساس وجود تردد وحيد للتجاوب (الرنين)، إذ يوجد هناك العديد من التجاوبات (حالات الرنين) ضمن الجسم وكما أن ترددات التجاوب تختلف حسب الشخص وحسب وضعية الجسم. هذا، وتستخدم عادة استجابتان ميكانيكيتان للجسم من أجل وصف الحالة التي يسبب فيها الاهتزاز حركة الجسم ، وهاتان الحالتان هما :

أ- قابلية النّقل Transmissibility

ب- المعاوقة (أو الممانعة) Impedance

إن قابلية النقل تظهر ذلك الجزء من الاهتزاز الذي ينتقل من المقعد إلى الرأس، وهكذا فإن قابلية النقل بالنسبة لجسم الإنسان تعتمد بشكل كبير على تردد الاهتزاز وعلى محور الاهتزاز وعلى وضعية الجسم، فالاهتزاز الشاقولي فوق مقعد مثلاً يسبب الاهتزاز وفق محاور متعددة عند الرأس، ومن أجل الحركة الشاقولية للرأس فإن قابلية النقل تأخذ منحىً أعظمياً في المجال الترددي الذي يقدر بحوالي (3-10 هرتز).

أما المعاوقة الميكانيكية للجسم فتبين القوة المطلوبة لتجعل الجسم يتحرك عند كل تردد، ورغم أن المعاوقة تعتمد على كتلة الجسم، فإن الممانعة (المعاوقة) الشاقولية لجسم الإنسان تبدي تجاوباً عند التردد الذي يقدر بحوالي (5 هرتز). تملك المعاوقة الميكانيكية للجسم - بما في ذلك التجاوب أو الرنين - تأثيراً كبيراً على طبيعة الحالة التي ينتقل فيها الاهتزاز خلال المقعد.

## • التأثيرات الحادة

### 1- الشعور بعد الراحة

يعتمد مثل هذا الشعور الناجم عن الاهتزاز على تردد الاهتزاز وعلى اتجاه ذلك الاهتزاز وعلى نقطة التقائه (تماسه) مع الجسم وأخيراً على طول زمن التعرض، ففي حال الاهتزاز الشاقولي بالنسبة لشخص جالس فإن عدم الشعور

الناجم عن الاهتزاز يزداد طرداً مع سعة الاهتزاز مهما كان التردد : إن تخفيض الاهتزاز إلى النصف سيؤدي إلى تخفيض الشعور بعدم الراحة إلى النصف.

يمكن التنبؤ بمثل هذا الشعور عن طريق إستعمال معاملات وزن مناسب للتردد (انظر أدناه) ويمكن وصفه عن طريق مقياس له دلائل لفظية يشير إلى الشعور بعدم الراحة. على أية حال، لا يوجد هناك حدود مجدبة بالنسبة لمثل هذا الشعور إذ أن المستوى المقبول من عدم الراحة يختلف من بيئة لأخرى.

إن السعات الاهتزازية المقبولة داخل الأبنية قريبة من حدود الشعور بوجود اهتزاز ويعتقد أن تأثيرات الاهتزاز على الإنسان داخل الأبنية تعتمد على استخدام البناء الذي نحن بصدده إضافة إلى تردد الاهتزاز واتجاهه وفترته، ويوجد هناك إرشادات توجيهية حول تقييم اهتزاز الأبنية ضمن معايير متعددة، مثل المعيار البريطاني (6472) لعام (1992) الذي يعرف طريقة لتقييم كل من الاهتزاز والصدمة داخل الأبنية.

**2- تداخل الأنشطة**

يستطيع الاهتزاز إضعاف تحصيل المعلومات (عن طريق العين مثلاً)، كما يستطيع إضعاف خرج المعلومات (عن طريق حركات اليدين أو القدمين مثلاً) أو إضعاف الآليات المركزية المعقدة التي تربط ما بين الدخل والخرج (مثل: التعلم- التذكر- اتخاذ القرار). تكون التأثيرات الأعظمية الناجمة عن اهتزاز كامل الجسم على آليات أو عمليات الدخل (وبشكل رئيسي الرؤية) وعلى آليات أو عمليات الخرج (وبشكل رئيسي الضبط المستمر لليد).

إن تأثيرات الاهتزاز على كل من الرؤية وضبط الحركة اليدوية تنجم بشكل أساسي عن حركة المنطقة المتأثرة من الجسم (أي اليد أو العين) وبالتالي يمكن تخفيف التأثير عن طريق تخفيض انتقال الاهتزاز إلى اليد أو إلى العين أو عن طريق جعل مهمة العمل أقل تأثراً بالاضطراب كأن نزيد في حجم شاشة العرض أو نقوم بتخفيض حساسية المراقبة مثلاً، وغالباً ما يمكن تخفيض تأثيرات الاهتزاز على العين كثيراً عن طريقة إعادة تصميم مهمة العمل.

تبدو مهام العمل البسيطة التي يمكن إدراكها بسهولة على أنها لا تتأثر بالاهتزاز (مثال: الزمن الخاص برد فعل بسيط) ولكنها تتأثر بتبدلات الحث والتحريض وكذلك بالتأثيرات المباشرة الأخرى الحاصلة على آليتي الدخل والخرج، وقد يكون ذلك صحيحاً في حالة المهام المعقّدة التي يراد فهمها وإدراكها. بالنظر لضآلة الدراسات التجريبية وتنوعها لا يمكن الجزم بعدم وجود تأثيرات حقيقية وملحوظة للاهتزاز على إدراك وفهم الأشياء. هذا، ويمكن أن يؤثر الاهتزاز على حالة الإنهاك التي يعاني منها شخص ولكن لا يوجد إلا أدلة قليلة حول ذلك، كما لا يوجد هناك دليل يدعم الشكل المعقد لما يعرف باسم (حد البراعة لتخفيض

الإنهاك Fatigue - Decreased Proficiency Limit) الذي يعرضه المعيار الدولي (2631)-[ISO (1974),(1985)].

### 3- التغيرات الوظيفية الفيزيولوجية

تحدث التغيرات في الوظائف الفيزيولوجية عندما تتعرض الأجسام لبيئة جديدة تعرض كامل الجسم للاهتزاز تحت الشروط المخبرية. إن التغيرات التي تمثل حالة إجفال startle نموذجية (ازدياد معدل ضربات القلب مثلاً) تعود إلى وضعها الطبيعي بسرعة نتيجة للتعرض المستمر في حين نجد أن الاستجابات الأخرى إمّا تستمر أو تتطور تدريجياً، ويمكن لمثل هذه الحالة الأخيرة أن تقوم على أساس جميع خصائص الاهتزاز بما في ذلك المحور الذي ينتشر عليه الاهتزاز ومدى التسارع وطبيعة الاهتزاز (هل هو جيبي أم عشوائي) وغيرها من المتغيرات مثل تواتر حدوثها وخصائص الأجسام [Hasan (1970), Seidel (1975), Dapuis and Zerlett (1986) . لا نستطيع ربط تغير الوظائف الفيزيولوجية في الظروف الحقلية بالاهتزاز مباشرة طالما أن الاهتزاز غالباً ما يعمل إلى جانب عوامل أخرى مثل الإجهاد الذهني الكبير والضجيج والمواد السامة. وجدير بالذكر أن التغيرات الفيزيولوجية تكون عادة أقل حساسية من ردود الفعل الفيزيولوجية (الشعور بعدم الراحة مثلاً)، وعندما نُلخص كافة المعطيات المتوفرة حول التغيرات الفيزيولوجية المستعصية من حيث ظهورها الملحوظ في المرة الأولى اعتماداً على سعة وتردد الاهتزاز الذي يتعرض له كامل الجسم فإنه تكون هناك حدود بقيمة دنيا تقدر بحوالي (0.7 r.m.s م/ثا$^2$) عندما يتراوح التردد ما بين (1هرتز) إلى (10هرتز) بينما ترتفع تلك القيمة إلى (r.m.s 30م/ثا$^2$) عند التردد (100هرتز). وأخيراً يُشار إلى أنه أجريت حتى الآن دراسات حيوانية عديدة ولكن يشك بصحة تطبيقها على الإنسان.

### 4- التغيرات العضلية العصبية

خلال الحركة الطبيعية النشطة تعمل آليات التحكم في الحركة كأداة للسيطرة على ما سيأتي، الأمر الذي يتم ضبطه والتحكم به بشكل مستمر عن طريق ما يعرف باسم التغذية الاسترجاعية Feeback القادمة من الحساسات Sensors الموجودة في العضلات والأوتار والمفاصل. إن اهتزاز كامل الجسم الإنساني يؤدي إلى حركة إصطناعية له وبالتالي وضعه في حالة مختلفة بشكل أساسي عن الاهتزاز المتحرض ذاتياً في الجسم إثر التنقل أو التحرك. على أية حال، إن فقد السيطرة على التغذية الأمامية Feed-forword خلال اهتزاز كامل الجسم يعتبر من أهم التغيرات التي تحصل على الوظيفة الفيزيولوجية الطبيعية للجهاز العصبي العضلي في الجسم، أما الاختلاف الآخر الذي يساعد على شرح آليات التحكم العصبي العضلي عند الترددات المنخفضة جداً وعند الترددات العالية هو المجال الترددي الواسع (0.5-100Hz) الذي يرافق اهتزاز كامل الجسم مقارنة مع المجال الترددي المرافق للحركة الطبيعية للجسم بالنسبة للحركات الإرادية (2-8هرتز).

إن كلاً من اهتزاز كامل الجسم والتسارع المتحول يتسببان في حدوث نشاط متغير مع تغير التسارع في عمليات التخطيط العضلي الكهربائي Electromyogram (EMG) للعضلات الظهرية السطحية بالنسبة للأشخاص الجالسين، الأمر الذي يستلزم حدوث تقلص متوتر. ويعتقد أن هذا النشاط ذو طبيعة شبيهة بالخاصية الانعكاسية حيث يختفي تماماً عندما يجلس الجسم المهتز بشكل مريح وباسترخاء في وضعية الانحناء. هذا، ويعتمد توقيت النشاط العضلي على تردد الاهتزاز وعلى مداه، وتقترح المعطيات التي يتم الحصول عليها من خلال التخطيط العضلي الكهربائي أنه يمكن حدوث حمل زائد على العمود الفقري عندما يكون الاستقرار العضلي في هذه المنطقة ضعيفاً عند المجال الترددي (0.5-8 هرتز) وكذلك خلال الطور الابتدائي لحركة انزياحية فُجائية نحو الأعلى. وجدير بالذكر أنه رغم النشاط الضعيف الذي يشاهد على المخططات العضلية الكهربائية والناجم عن اهتزاز كامل الجسم فإن الوهن العضلي الظهري الذي نلاحظه خلال التعرض للاهتزاز قد يتجاوز ما نلاحظه في وضعية الجلوس العادية دون أن يكون هناك مثل ذلك الاهتزاز.

قد تتلاشى أو تختفي الإنعكاسات الوترية مؤقتاً أثناء تعرض كامل الجسم لاهتزاز جيبي عند التردد (10Hz)، وإن التغيرات الطفيفة لضبط الوضعية بعيد التعرض لاهتزاز يغطي كامل الجسم تكون مختلفة تماماً ولا يوجد هناك معلومات مؤكدة حول آلية حدوثها أو حول أهميتها العملية.

### 5- التغيرات القلبية الوعائية والتنفسية والغُدِّية والاستقلابية

لقد تمت مقارنة التبدلات المستمرة خلال التعرض للاهتزاز مع تلك التبدلات الحاصلة أثناء عمل جسدي معتدل الشدة (مثل: ارتفاع معدل ضربات القلب-ضغط الدم-استهلاك الأوكسجين) حتى عند سعة اهتزازية قريبة من حد التحمل الإرادي، وهكذا يلاحظ أن سبب التهوية الزائدة جزئياً هو اهتزاز الهواء داخل الجهاز التنفسي وقد يكون هناك توافق بين التبدلات الاستقلابية والتنفسية، وهذا ربما يقترح وجود اضطراب في آليات التحكم بالتنفس. ومن ناحية ثانية تدل الدراسات إلى وجود تبدلات مختلفة ومتناقضة بعض الشيء في الهرمونات المنبهة لقشر الكظر Adrenocorticotropic Hormones (ACTH) وفي الكاتيكولامينات Catecholamines.

### 6- التغيرات الحسية والعصبية المركزية

تشير الدراسات إلى تغيرات في الوظيفة الدهليزية Vestibular ناجمة عن اهتزاز كامل الجسم وذلك على أساس ترتيب يتأثر بوضعية الجسم رغم أنه يتم السيطرة على الوضعية عن طريق نظام معقد للغاية يتم فيه استعاضة الوظيفة الدهليزية المضطربة بآليات أخرى، وعلى ما يبدو فإن تغيرات الوظيفة الدهليزية تكتسب أهمية خاصة بالنسبة للتعرضات الحاوية على ترددات منخفضة جداً أو عند تلك الترددات القريبة من التردد الذي يحدث عنده التجاوب في الجسم،

ويُعتقد أن عدم التوافق حسياً مابين المعلومات الدهليزية (السمعية) والبصرية والتقبل الذاتي Proprioceptive (الذي هو عبارة عن المنبهات المتلقاة ضمن النسج) بمثابة آلية هامة تؤكد على الاستجابات الفيزيولوجية تجاه بعض البيئات الحركية الاصطناعية.

تقترح التجارب المجراة على التعرضات القصيرة الأمد والتعرضات المُدمجة المطولة للضجيج واهتزاز كامل الجسم أن الاهتزاز ذو تأثير تضافري ثانوي على السمع، ولكن هناك نزعة مفادها أن الشدات الاهتزازية العالية لكامل الجسم عند التردد (4 هرتز) أو (5 هرتز) كانت قد رافقتها انزياحات عتبية مؤقتة (TTS) إضافية، ولكن لم تكن هناك علاقة واضحة ما بين (TTS) وزمن التعرض وعلى ما يبدو فإن ذلك الانزياح الإضافي يتزايد مع الجرعات الاهتزازية الأعلى لكامل الجسم. تقوم الحركات النبضية الشاقولية منها والأفقية بتحريض كمونات دماغية، ولقد تم الكشف عن وجود تغيرات في وظائف الجملة العصبية المركزية وذلك باستخدام كمونات دماغية متحرضة عن طريق السمع [Seidel et at.(1992)].

إن مثل تلك التأثيرات كانت قد خضعت لعوامل بيئية أخرى (الضجيج مثلاً) ولمدى صعوبة مهمة العمل وللحالة الداخلية للجسم أيضاً (مثل: التيقظ ودرجة الانتباه للمنبه).

## • التأثيرات طويلة الأمد

### الخطر الصحي على العمود الفقري

تشير الدراسات الوبائية مراراً وتكراراً ومنذ سنوات إلى وجود ارتفاع احتمالات حدوث المخاطر الصحية في منطقة العمود الفقري بالنسبة للعاملين الذين يتعرضون لاهتزاز قوي يغطي كامل الجسم (ارتجاج) مثلما هو عليه الحال لدى العمل على الجرارات والآلات التي تحرك الأرض، ولقد تم تقديم دراسات نقدية حول الأدبيات المكتوبة في هذا المجال وذلك من قبل كل من Seidel and Heide-عام (1986) و Dupuis and Zerlett (1986) و Bongers and Boshuizen (1990)، ولقد توصلت تلك الدراسات النقدية إلى نتيجة مفادها أنه «يستطيع اهتزاز كامل الجسم على المدى الطويل التأثير سلبياً على العمود الفقري كما يزيد من احتمالات خطر الإصابة بآلام المنطقة السفلية من العمود الفقري» يمكن أن تكون الحالة الأخيرة بمثابة إحدى العواقب الثانوية لتغير تنكسي Degenerative أولي في الفقرات أو في الأقراص الفقرية، ولقد وجد أن المنطقة القطنية من العمود الفقري هي الجزء الأكثر عرضة للإصابة ثم تليها المنطقة الظهرية، أما بالنسبة للإصابات الحاصلة في القسم الرقبي من العمود الفقري فيبدو (حسب رأي عدد من المؤلفين) أنها تنجم عن وضعية ثابتة غير محبذة لهذه المنطقة لا عن الاهتزاز - رغم أنه لا يوجد دليل قاطع بشأن هذه الفرضية.

أمـا الدراسـات الـتي أخـذت وظـائف عضـلات الظهـر بعـين الاعتبـار فهـي معدودة ودلت على وجود عوز عضلي، وكما تشير بعض التقارير إلى وجود احتمال حدوث خلع أو إزاحة Dislocation للأقراص الفقرية القطنية بشكل ملحوظ. وفي كثير من الدراسات التي قام العالمان بونغرز Bongers وبوشويزن Boshuizon معاً بتقاطع المعلومات الواردة فيها عام (1990) تبين أن نسبة الإصابات بالآلام الظهرية للمنطقة السفلية من العمود الفقري تكون أكثر لدى السائقين والطيارين الذين يقودون طائرات الهيلوكوبتر وذلك مقارنة مع ما يسمى بالعمال المرجعيين Reference Workers. وهكذا استنتج هذا العالمان أن القيادة المهنية المحترفة للعربات والمركبات والطائرات الهيلوكوبتر تعتبر بمثابة عامل هام من العوامل المسببة لآلام المنطقة السفلية من العمود الفقري والاعتلالات والإصابات الظهرية، ويلاحظ وجود زيادة في حالات التقاعد الناجم عن العجز وفي الإجازات المرضية الطويلة بين سائقي الجرارات والقائمين بالعمل على الرافعات، وتعزى هذه الظاهرة إلى الاعتلالات والإصابات الحاصلة ما بين الأقراص الفقرية.

لم يتم إيجاد علاقة دقيقة ما بين التعرض والتأثير من خلال الدراسات الوبائية بسبب عدم كفاية المعلومات أو بسبب المعطيات الناقصة حول شروط التعرض، ولا تستطيع المعطيات المتوفرة حالياً إيجاد سوية من التعرض ليس لها تأثيرات عكسية (الحد الآمن) ويعتمد عليها في تجنب أمراض العمود الفقري. إن التعرض على مدى العديد من السنوات لقيم قريبة من الحدود الواردة في المعيار الدولي الحالي ذي الرقم (2631)-[ISO (1985)] لا يكون خالياً من احتمالات حدوث المخاطر، وتدل نتائج بعض الدراسات إلى المخاطر الصحية المتزايدة بازدياد فترة التعرض رغم أن آليات الانتقاء جعلت من الصعب كشف وجود علاقة في أغلب الدراسات، وهكذا يتعذر حالياً إيجاد علاقة صحيحة ما بين الجرعة والتأثير من خلال الدراسات الوبائية. تقترح الاعتبارات النظرية وجود تأثيرات صحية ملحوظة للحمولات الذروية العالية المؤثرة على العمود الفقري خلال التعرضات عالية التحول أو التنقل، وبالتالي هناك جدل حول استخدام طريقة (مكافئ الطاقة Energy Equivalent) لحساب الجرعة-كما هو عليه الحال في المعيار الدولي رقم(2631) [ISO (1985)]- وذلك بالنسبة لاهتزاز كامل الجسم الذي يحتوي على تسارعات ذروية عالية، كما لم يتم أيضاً من خلال الدراسات الوبائية اشتقاق التأثيرات المختلفة الطويلة الأمد لاهتزاز كامل الجسم اعتماداً على تردد الاهتزاز. إن اهتزاز كامل الجسم بتأثير المجال التردد(Hz 40-50) الذي تم تطبيقه على العاملين من خلال القدمين وهم بوضعية الوقوف أدى إلى تبدلات تنكسية في عظام القدمين لدى أولئك العمال

بشكل عام، تهمل معظم الفروقات بين الأجسام رغم أن ظاهرة الإنتقاء Selection Phenomenon تقترح مالتلك الفروقات من أهمية كبرى، ولا توجد هناك

معطيات واضحة تدل على ما إذا كانت التأثيرات الناجمة عن اهتزاز كامل الجسم تعتمد على الجنس.

إن القبول العام حول اعتبار الاضطرابات والاعتلالات التنكسية من الأمراض المهنية أمرٌ قيد النقاش، إذ أن الملامح والخصائص التشخيصية النوعية غير معروفة لكي تسمح بتشخيص مثل تلك الاضطرابات على أنها تنتج عن تعرض كامل الجسم للاهتزاز. إن هيمنة الاضطرابات التنكسية الفقرية لدى المجموعات البشرية غير المعرضة يعوق الفرضية القائلة بأن السبب المهني هو الأساسي عند الأشخاص المعرضين لاهتزاز كامل الجسم، كما أن العوامل الشخصية المسببة للمخاطر والتي تستطيع أن تعدل أو تغير الإجهاد المتحرض بفعل الاهتزاز غير معروفة. ومن جهة ثانية فإن استخدام شدة أصغرية و/أو فترة أصغرية للتعرض إلى اهتزاز يشمل كامل الجسم كشرط أساسي للتعرف على مرض مهني لا يأخذ بعين الاعتبار الفروقات الكبيرة المتوقعة في مدى حساسية الأشخاص.

مخاطر صحية أخرى:

تقترح الدراسات الخاصة بعلم أسباب الأمراض أن اهتزاز كامل الجسم هو عامل من بين العوامل الأخرى المسببة للمخاطر الصحية، فالضجيج والإجهاد الذهني الكبير والعمل وفق ورديات كلها أمثلة على العوامل التي ترافقها اعتلالات صحية. إن نتائج الدراسات التي تبحث في اعتلالات أجهزة الجسم الأخرى كانت دائماً مختلفة أو كانت تشير إلى إرتباط متناقص بين الحالة المرضية السائدة وبين مدى اهتزاز كامل الجسم (أي: هيمنة أكبر للتأثيرات الصحية السلبية في ظل شدات أخفض من التعرض!!). على أية حال، لقد لوحظ وجود مركبة مميزة من الأعراض والتغيرات المرضية في كل من الجهاز العصبي المركزي والجهاز العضلي العظمي الهيكلي والجهاز الدوراني وذلك لدى العاملين الذين يقفون على الآلات التي تقوم بكبس أو ضغط الأسمنت المسلح بطريقة الاهتزاز والمعرضين لاهتزاز كامل الجسم بجرعة تفوق الحد الوارد في المعيار ISO-2631)مع ترددات أعلى من (40 هرتز) -[Rumjancev (1966)]-ولقد سميت تلك المركبة بمرض الاهتزاز Vibration Disease، ورغم رفض هذا المصطلح من قبل العديد من الاختصاصيين فإنه لا يزال يستخدم لوصف الحالات السريرية الغامضة الناجمة عن التعرض الطويل لاهتزازات منخفضة التوتر تشمل كامل الجسم، والتي تظهر في البداية على هيئة اعتلالات وعائية محيطية ونباتية دماغية ليس لها صفة وظيفية نوعية معينة. هذا، وبناءً على المعطيات والمعلومات المتوفرة يمكن الاستنتاج أن الأنظمة الفيزيولوجية المختلفة تستجيب بشكل مستقل، كما أنه لا توجد هناك أعراض تفيد كمؤشر لحالة مرضية تسببت عن اهتزاز كامل الجسم، وسيتم إلقاء الضوء فيما يلي على بعض أجهزة الجسم:

**أ- الجهاز العصبي والعضو الدهليزي والسمع:**

يستطيع اهتزاز شديد لكامل الجسم يحدث عند ترددات تزيد عن (40 هرتز) أن يسبب أذية أو اضطرابات في الجهاز العصبي المركزي،وهناك تضارب في المعطيات والمعلومات حول التأثيرات الناجمة عن اهتزاز كامل الجسم وفق ترددات تقل عن (20 هرتز)، إذ تشير بعض الدراسات فقط إلى زيادة الشكايات غير النوعية مثل الصداع والتهيج، أما الاضطرابات التي لوحظت عبر التخطيط الكهربائي للدماغ (EEG) بعد التعرض الطويل الأمد لاهتزاز كامل الجسم فمذكورة من قبل باحث واحد فقط حيث ينكر الآخرون ذلك، ومن جهة ثانية نجد أن بعض النتائج المنشورة تشير إلى انخفاض التهيج الدهليزي وإلى عدد أكبر من حالات الاضطراب الدهليزي بما في ذلك الدوخة، ولكن يبقى الشك قائماً حول وجود علاقة عرضية بين اهتزاز كامل الجسم والتغيرات التي تحصل في الجهاز العصبي المركزي أو في الجهاز الدهليزي، ويعود ذلك إلى وجود تناقص في العلاقات التي تربط ما بين شدة التعرض والتأثير.

وتشير بعض الدراسات الأخرى إلى وجود زيادة في حالات الانزياح الدائم للعتبة السمية (PTS) إثر التعرض الطويل الأمد لاهتزاز كامل الجسم والضجيج في نفس الوقت. لقد قام « شنيدت Schnidt» عام (1987) بإجراء دراسة حول السائقين والفنيين في مجال الزراعة وقام بمقارنة الانزياحات الدائمة في العتبة السمعية بعد العمل لمدة (3) سنوات ولمدة (25) سنة، وهكذا استنتج أنه يستطيع اهتزاز كامل الجسم تحريض انزياح إضافي ملحوظ في العتبة السمعية عند الترددات التالية: (3 و 4 و 6 و 8) كيلوهرتز وذلك عندما يكون التسارع الموازن (المعدل) وفق المعيار الدولي «2631» (ISO 1985) أكبر من «r.m.s 1.2م/ثا$^2$» في نفس الوقت الذي يتم فيه تعرض الشخص لضجيج تزيد سويته عن (80 dBA).

**ب - الجهاز الدوراني والجهاز الهضمي:**

يلاحظ وجود أربع مجموعات رئيسية من الاضطرابات الحاصلة في الجهاز الدوراني، ويكون عدد الحالات أكبر بين العاملين الذين يتعرضون لاهتزاز كامل الجسم، وهذه المجموعات هي:

1- اضطرابات محيطية مثل تناذر رينود Raynaud-Syndrome حيث تكون الإصابة في المنطقة التي يطبق عليها اهتزاز كامل الجسم (مثل: أقدام العاملين الواقفين، أو-بشكل أقل-أيدي السائقين).

2- أوردة الدوالي Varicose Veins في الساقين و البواسير Haemorrhoids و القيلة الدوالية Varicocele.

3- مرض قلبي إقفاري Ischemic Disease وارتفاع الضغط Hypertension.

4- تغيرات وعائية عصبية.

إن الأسباب المرضية المؤدية إلى مثل هذه التغيرات الدورانية لا ترتبط دائماً بمدى التعرض أو طول فترة التعرض، ورغم ملاحظة اعتلالات واضطرابات مختلفة في الجهاز العصبي يتفق جميع المؤلفين تقريباً على حقيقة أن «اهتزاز كامل الجسم هو سبب من جملة أسباب ولعله أقل أهمية منها».

**جـ - أعضاء التكاثر لدى المرأة والحمل والجهاز البولي التناسلي لدى الرجل:**

كان ولا يزال يعتقد أن ارتفاع احتمالات خطر حدوث الإجهاض والاضطرابات الطمثية والاعتلالات الخاصة بمواضع أعضاء الجسم (مثل انزياح أو هبوط الرحم) من الحالات المرضية المرافقة للتعرض طويل الأمد لاهتزاز كامل الجسم [انظر: Seidel and Heide (1986)]، ولا يمكن إيجاد حد آمن عبر الأدبيات المتوفرة حالياً من أجل تجنب حدوث مخاطر صحية أقوى من تلك المذكورة أعلاه، ويحتمل أن الحساسية الفردية وتغيرها مع الزمن عاملان متضافران في إحداث التأثيرات الحيوية، إذ ليس هناك في الأدبيات المكتوبة حالياً ما يشير إلى وجود تأثير ضارٍ مباشر لاهتزاز كامل الجسم على الأجنة البشرية رغم ما تقترحه بعض الدراسات المجراة على الحيوان أن اهتزاز كامل الجسم يستطيع أن يؤثر على الجنين. إن القيمة العتبية المجهولة بالنسبة للتأثيرات العكسية على الحمل تقترح «تحديد التعرض المهني للاهتزاز إلى أدنى مستوى معقول».

لقد نشرت نتائج مختلفة بالنسبة لحدوث أمراض الجهاز البولي التناسلي لدى الرجال، وتدل بعض الدراسات على ارتفاع حالات الإصابة بالتهاب البروستات، في حين لم تتمكن دراسات أخرى من إثبات ذلك.

- **المعايير**

لا يمكن عرض حدٍّ دقيق لتجنب الاعتلالات والاضطرابات التي يسببها اهتزاز كامل الجسم، ولكن المعايير هنا تحدد الطرق المفيدة في تعيين مقدار درجة شدة الاهتزاز، فالمعيار الدولي رقم «2631»-[(1985) و ISO (1974)] يعرف حدود التعرض - انظر إلى الشكل رقم (1.50).

لقد وضعت هذه الحدود على أساس أنها تمثل تقريباً نصف مقدار سوية ما يعرف باسم عتبة الألم (أو حدّ التحمل الإرادي) وذلك بالنسبة لأجسام أشخاص أصحاء.

هذا، ويبين الشكل رقم (1.50) المذكور أعلاه سوية من سويات التصرف بالنسبة لقيمة جرعة الاهتزاز Vibration Dose Value Action Level في حال الاهتزاز الشاقولي، علماً بأن هذه السوية مشتقة من المعيار البريطاني ذي الرقم «6841»-[876 وَ BSI]- الذي تشبه مسودة مراجعة المعيار الدولي.

يمكن اعتبار قيمة جرعة الاهتزاز على أنها سعة اهتزازية تدوم ثانية واحدة وتكون مماثلة في شدتها وخطورتها الاهتزاز المقيس، وتستخدم في قيمة جرعة الاهتزاز المعادلة المبينة أدناه للحصول على الشدة والخطورة التراكمية على مدى طول زمني بدءاً من أقصر صدمة ممكنة وانتهاءً بيوم مليء بالاهتزاز (مثال: «BSE6841» ).

$$\text{قيمة جرعة الاهتزاز} = \left[\int_{t=0}^{t=\infty} a(t)^4 dt\right]^{\frac{1}{4}}$$

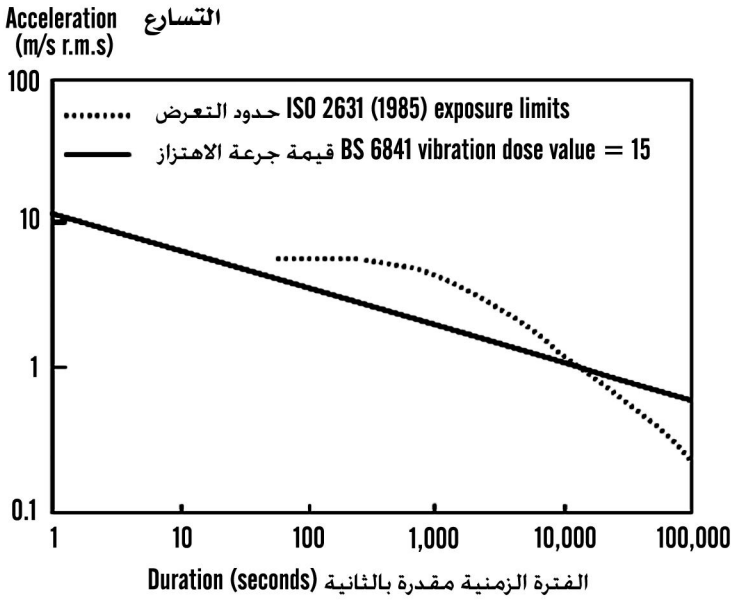
بحيث أن:

a= الشدة أو الخطورة التراكمية للاهتزاز

t= الزمن

يمكن استخدام هذه الطريقة لتقييم درجة خطورة كل من الاهتزاز الذي نحن بصدده والصدمات المتكررة. إن هذه المعادلة العاملة تحت القوة الأسية الرابعة أبسط من تلك المستخدمة من قبل «ISO-2631»-[انظر الشكل «2.50»].

الشكل رقم (2.50): علاقة الزمن باستجابة جسم الإنسان تجاه اهتزاز كامل الجسم




هذا، ويقدم المعيار البريطاني «6841» التوجيه التالي:

تسبب الجرعات العالية من الاهتزاز شعوراً قوياً بعدم الراحة والألم والإصابة بأذى، كما أن مثل تلك الجرعات العالية تشير أيضاً بشكل عام إلى مدى حدة وشدة التعرضات الحاصلة، ولكن لا يوجد حالياً إجماع في الرأي حول العلاقة الدقيقة التي تربط قيم الجرعات تلك واحتمالات حدوث الإصابة أو الضرر، ومن المعروف الآن أن السعات الاهتزازية والفترات الزمنية التي تحصل فيها التعرضات لجرعات تقدر بحوالي «$15$م/ثا$^{1.75}$» ستسبب شعوراً قوياً بعدم الراحة، ومن المنطقي الافتراض بأن زيادة التعرض للاهتزاز ستترافق مع زيادة في احتمالات حدوث الإصابة بالأذى [BSI (1987b)].

في حالات التعرض لقيم عالية من جرع الاهتزاز فإنه قد يشترط أن نأخذ بعين الاعتبار كلاً من اللياقة البدنية للأشخاص وتصميم احتياطات أمان كافية، كما قد نأخذ بعين الاعتبار مسألة الحاجة إلى إجراء الفحوص الطبية بشكل منتظم بالنسبة للأشخاص الذين يتعرضون للاهتزاز بشكل روتيني.

إن قيمة جرعة الاهتزاز تزودنا بوسيلة نستطيع من خلالها مقارنة التعرضات المتغيرة والمعقدة، ويمكن للمنظمات والهيئات القيام بتعيين الحدود أو سويات

التأثير باستخدام قيمة جرعة الاهتزاز تلك، فقد تم استخدام القيمة «15م/ثا$^{1.7}$ في بعض الدول كسوية تجريبية مؤقتة للتأثير ولكن قد تكون هناك قيم أعلى أو أدنى حسب الحالة، وحسب ما هو مفهوم حالياً فإن سوية التأثير لا تفيد كمؤشر فقط للقيم التقريبية التي قد تكون قيماً مفرطة، ويبين الشكل رقم (2.50) التسارعات المنتجة r.m.s.accelerations الموافقة لقيمة جرعة الاهتزاز المساوية «15م/ثا$^{1.75}$ بالنسبة للتعرضات الحاصلة في المجال الزمني من »1« ثانية إلى 24 ساعة. هذا، ويجب مقارنة أي تعرض للاهتزاز- سواءً كان مستمراً أو متقطعاً أو على شكل صدمات متكررة - مع سوية التأثير عن طريق حساب قيمة جرعة الاهتزاز، ومن غير الحكمة تجاوز السويات المناسبة للتأثير (أو حد التعرض الوارد في المعيار «ISO-2631» دون اعتبار إمكانية حدوث تأثيرات صحية ناجمة عن التعرض لاهتزاز أو للصدمة.

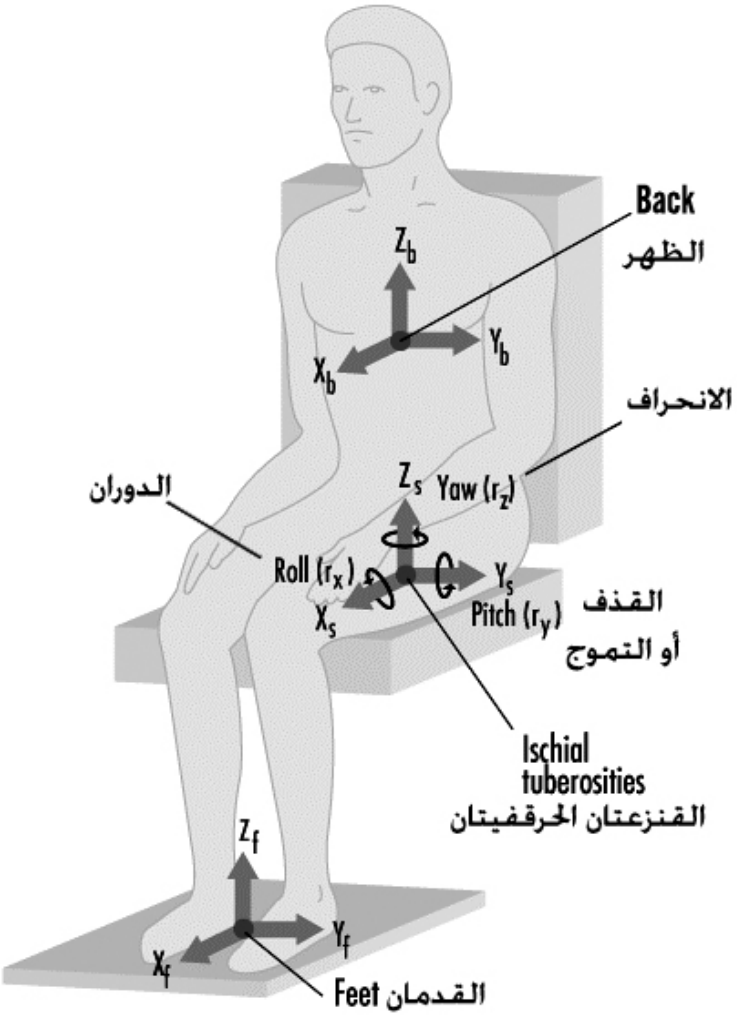
إن التعليمات والتوجيهات الصادرة عن المجموعة الاقتصادية الأوربية حول أمان وسلامة الآلات تبين أنه يجب تصميم وتشييد الأجهزة والآلات بشكل يتم فيه التقليل من المخاطر الناجمة عن اهتزاز تلك الأجهزة والآلات إلى أدنى سوية يمكن تحقيقها من الناحية العملية، آخذين بعين الاعتبار التطور التقني ومدى توفر الوسائل الكفيلة بتخفيض الاهتزاز. إن التعليمات والتوجيهات الخاصة بأمان الأجهزة والآلات [المجموعة الاقتصادية الأوربية-عام (1986)] تشجع العمل باتجاه تخفيض الاهتزاز بوسائل أخرى إضافة إلى التخفيض عند المصدر (الجلوس الجيد مثلاً).

- **قياس وتقييم التعرض**

ينبغي قياس اهتزاز كامل الجسم في المنطقة الخلالية بين الجسم ومصدر الاهتزاز، بالنسبة لشخص جالس يشتمل ذلك على وضع مقاييس التسارع Accelerometers فوق سطح المقعد وأسفل الحدبتين الوركيتين Ischial Tuberosities للجسم المدروس، كما يقاس الاهتزاز أحياناً في المنطقة الظهرية الخلفية من المقعد (بين الظهر ومسنده) وأيضاً عند منطقة القدمين واليدين- ويبين الشكل رقم (3.50) ذلك.

إن المعطيات الوبائية وحدها غير كافية لتحديد طريقة تقييم اهتزاز كامل الجسم من أجل التنبؤ باحتمالات حدوث المخاطر الصحية النسبية الناجمة عن مختلف أنواع التعرض للاهتزاز، وبالتالي يتم الدمج ما بين المعطيات الوبائية ومعرفة الاستجابات الحيوية الحركية للجسم والاستجابة الذاتية التي يتمتع بها كل فرد وذلك لتأمين التوجيهات والإرشادات الحديثة.

الشكل رقم (3.50): المحاور التي يتم وفقها قياس تعرضات الاهتزاز بالنسبة لشخص جالس:




إن الأسلوب الذي تعتمد فيه التأثيرات الصحية للحركات الاهتزازية على تردد واتجاه وفترة الحركة هو نفسه المتبع بشأن الشعور بعدم الراحة الناجم عن التعرض للاهتزاز (أو هو أسلوب مشابه لذلك). على أية حال، يعتقد أن التعرض الإجمالي هو المهم وليس التعرض الوسطي وبالتالي فإنه من المناسب قياس الجرعة.

إضافة إلى تقييم الاهتزاز المقيس وفقاً للمعايير المعاصرة فإنه ينصح أيضاً بتسجيل أطياف التردد والسعات الاهتزازية على مختلف المحاور إضافة إلى خصائص أخرى للتعرض بما في ذلك التعرضات التي تدوم طوال العمر. ومن ناحية أخرى فإنه يجب أن نأخذ بعين الاعتبار وجود عوامل بيئية سلبية أخرى (خاصة وضعية الجلوس).

- **الوقاية**

يفضل تخفيض الاهتزاز عند المصدر كلما كان ذلك ممكناً، وقد يشتمل ذلك على تسوية الأرض وتخفيض سرعة سير العربات والمركبات، ولكن الطرق الأخرى التي يمكن أن يتم فيها تخفيض انتقال الاهتزاز إلى القائمين على تشغيل الآليات وغيرها تتطلب معرفة خصائص بيئة الاهتزاز ومعرفة المسلك الذي يمر عبره الاهتزاز إلى الجسم- فسعة الاهتزاز مثلاً تتغير في غالب الأحيان مع الموضع أو المكان حيث تواجه سعات أخفض من غيرها في بعض المناطق ويضم الجدول رقم (2.50) قائمة ببعض الإجراءات الوقائية التي يمكن أخذها بعين الاعتبار.

**الجدول رقم (2.50): خلاصة حول الإجراءات الوقائية التي تؤخذ بعين الاعتبار لدى تعرض الأشخاص لاهتزاز كامل الجسم**

| المجموعة | الفعل الواجب القيام به |
|---|---|
| الإدارة | البحث عن النصيحة الفنية |
| | البحث عن النصيحة الطبية |
| | تحذير وتنبيه الأشخاص المتعرضين |
| | تدريب الأشخاص المتعرضين |
| | مراجعة أزمنة التعرض |
| | وضع سياسة بشأن تجنب التعرض |
| الجهات الصانعة للآلات والتجهيزات | قياس الاهتزاز |
| | إجراء التصحيحات اللازمة للتقليل من اهتزاز كامل الجسم |
| | أمثلة التصاميم المعلقة |
| | استخدام التصاميم الإرغونومية لتحقيق وضعية جيدة |
| | تقديم الإرشادات والتوجيهات حول صيانة الآلات والأجهزة |
| | إعطاء التنبيهات والتحذيرات حول الاهتزازات الخطرة |
| المجموعات الفنية في | قياس التعرض الناجم عن الاهتزاز |
| | تأمين الآلات والتجهيزات المناسبة |

| | |
|---|---|
| مكان العمل | اختبار المقاعد بعناية فائقة |
| | إجراء الصيانة اللازمة للآلات والتجهيزات |
| | إعلام الإدارة بما يلزم |
| المجموعة الطبية | الفحص الشامل ما قبل التوظيف |
| | الفحوص الطبية الروتينية |
| | تسجيل جميع الأعراض والعلامات المرضية التي يتم ملاحظتها |
| | إعلام العاملين عن أي تعرض أو استعداد سابق Predeposition |
| | إعطاء الإرشادات والنصائح حول عواقب التعرض |
| | إعلام الإدارة بما يلزم |
| الأشخاص المتعرضون | الاستخدام السليم للآلات والأجهزة |
| | تجنب التعرض غير الضروري للاهتزاز |
| | ضبط مقعد الصد (الزنق) Check Seat بشكل مناسب |
| | اعتماد وضعية جلوس مناسبة |
| | فحص حالة الآلات والتجهيزات |
| | إعلام المشرف بشأن مسائل التعرض |
| | طلب النصيحة الطبية عند ظهور الأعراض |
| | إعلام صاحب العمل عن الاعتلالات أو الاضطرابات ذات الصلة |

المصدر: مأخوذ عن غريفين 1990

يمكن تصميم المقاعد بطريقة يتم فيها توهين الاهتزاز، ومعلوم أن معظم أنواع المقاعد تبدي تجاوباً عند الترددات المنخفضة الأمر الذي يؤدي إلى سعات عالية من الاهتزاز الشاقولي الذي يحدث على المقاعد عندما يكون التردد بحدود (4 هرتز) يتحدد التضخيم عند حدوث التجاوب بشكل خاص عن طريق توهين الاهتزاز في المقعد، وهكذا فإن زيادة التوهين في وسادة المقعد تؤدي إلى التقليل من التضخيم لدى حدوث التجاوب ولكن تؤدي من طرف آخر إلى زيادة الانتقالية ما بين المقاعد وهذا ما يؤدي إلى فروقات ملحوظة في الاهتزازات التي يعاني منها الأشخاص.

ويتم الحصول على مؤشر عددي بسيط لمردود عازلية المقعد من أجل تطبيق نوعي معين عن طريق ما يسمى بانتقالية السعة الفعالة للمقعد Seat Effective Amplitucle Transmissibility– (SEAT)– [انظر: Griffin-(1990)] إذا كانت قيمة (SEAT) أعلى من (100%) فإن ذلك يشير إلى أن إجمالي الاهتزاز فوق المقعد أسوأ

مما هو عليه الحال فوق الأرض، أما إذا كانت تلك القيم أقل من (100%) فإن ذلك مؤشر على أن المقعد قد حقق توهيناً جيداً. على أية حال، يجب تصميم المقاعد بحيث تكون فيه قيم (SEAT) أصغرية بشكل منسجم مع غيرها من القيود.

يتم تزويد المقاعد المعلقة بآلية معلقة مستقلة في أسفل الكفة الحاملة للمقعد، إذ تتصف المقاعد المستخدمة في بعض المركبات والعربات والشاحنات خارج الطرقات بأن تردد التجاوب فيها يكون منخفضاً (بحدود 2 هرتز) وبالتالي يستطيع توهين الاهتزاز الذي يزيد تردده عن (3 هرتز)، وتتحدد الانتقالية في مثل هذه المقاعد عادة من قبل الشركة الصانعة للمقعد ولكن يختلف مردود العازلية فيها حسب ظروف التشغيل.

# 3. الاهتزازات المنقولة باليد

ماسينو بوفينزي

- **التعرض المهني:**

تسمى الاهتزازات الميكانيكية الناجمة عن الأدوات والأجهزة وآليات العمل الكهربائية والتي تدخل إلى جسم الإنسان عن طريق الأصابع أو عن طريق راحتي اليدين بالاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد، ولعل أكثر الأعراض المرافقة لمثل هذه الحالة هي «اهتزاز اليد - ذراع» أو «اهتزاز موضعي أو قطاعي». إن الآلات والأدوات والعمليات التي تعرض يدي العاملين للاهتزاز كثيرة الانتشار وموجودة في العديد من الأنشطة الصناعية والمهنية. فالتعرض المهني في هذا المجال ينتج عن الأدوات الكهربائية التي تحمل بواسطة اليد وتستخدم في مجال الصناعة (مثل: الأدوات المعدنية التي تعمل بطريقة الصدم-وأجهزة الطحن أو السحق وغيرها من الأدوات والأجهزة الدورانية- المفاتيح الصدمية) وفي مجال مقالع الحجارة والتعدين والمناجم والبناء (مثل: آلات حفر الصخور-المطارق والممهدات الخاصة بتكسير الحجارة-مطارق النقر-والمدمجات التراصية الاهتزازية Vibrocompactors) وفي مجال الزراعة والأحراج (مثل: المنشار السلسلي Chain saw- والمنشار الهلبي- غير المسنن-Brush saw وآلات التقشير Barking Machines والمنافع العامة (مثل: الكسارات المستخدمة في أعمال الطرق وفي مجال الإسمنت المسلح-ومطارق الحفر-وأدوات الطحن التي تحمل باليد). هذا، ويمكن أن يحدث التعرض لمثل هذه الاهتزازات التي تنتقل إلى الجسم عن طريق اليد بواسطة قطع الشغل Norkpieces المهتزة التي يحملها الشخص في يديه مثل الجلخ القاعدي Pedestal Grinding أو بواسطة أدوات التحكم المهتزة التي يتم استعمالها بواسطة اليد مثلما هو عليه الحال أثناء تشغيل جزّازة العشب Lawn Mower أو أثناء التحكم بالمدمجات التراصية المهتزة للطرق Vibrating Road Compactors وتدل التقارير أن عدد الأشخاص الذين يتعرضون للاهتزاز المنتقل إلى الجسم عن طريق اليد يتجاوز (150000) فرداً في هولندا و(0.5) مليون فرد في بريطانيا و(1.45) مليون شخص في الولايات المتحدة.

إن التعرض الزائد لمثل هذه الاهتزازات قد يؤدي إلى حدوث اعتلالات واضطرابات في الأوعية الدموية وفي الأعصاب والعضلات وكذلك عظام ومفاصل الطرفين العلويين، ويقدر بأن حوالي (1.7-3.6 %) من العاملين في الدول الأوربية والولايات المتحدة الأمريكية يتعرضون للاهتزازات الخطرة المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليدين [ISSA International Section for Research (1989)].

يستخدم المصطلح «متلازمة اهتزاز اليد- ذراع H.A.V Syndrome» للإشارة إلى العلامات والأعراض المترافقة مع التعرض للاهتزاز الذي ينتقل إلى الجسم عن طريق اليد، ويشتمل ذلك على الاعتلالات أو الاضطرابات التالية:

1- الوعائية
2- العصبية المحيطية
3- العظمية والمفصلية
4- العضلية
5- واضطرابات أخرى (كامل الجسم-الجملة العصبية المركزية)

تستطيع الأنشطة الترفيهية كقيادة الدراجات النارية واستخدام الأدوات المنزلية المهتزة تعريض اليدين لاهتزازات ذات سعات عالية من حين لآخر، دون أن يؤدي ذلك إلى ظهور مشاكل صحية إلا عندما تكون التعرضات لفترات زمنية طويلة يومياً [Griffin (1990)].

إن العلاقة مابين التعرض المهني للاهتزاز المنتقل إلى الجسم عن طريق اليد وما بين التأثيرات الصحية العكسية ليست بسيطة، ويبين الجدول رقم (3.50) بعض العوامل الهامة التي تعمل معاً لإحداث الإصابات في الأطراف العلوية للعاملين المتعرضين للاهتزاز:

**الجدول رقم (3.50): بعض العوامل التي لها علاقة قوية بالتأثيرات الضارة الناجمة عن التعرض للاهتزازات التي تنتقل إلى الجسم عن طريق اليد:**

**خصائص الاهتزاز**

- السعة (القيمة المتنجة- r.m.s - والذروة، معدلة أو غير معدلة).
- التردد (أطيافه، والترددات السائدة).
- الاتجاه (المحاور الثلاثة: س،ع،ص.

**الأدوات أو آليات العمل**

- تصميم الأدوات (قابلة للحمل، مثبتة).
- نوع الأدوات (صدمية، دورانية، صدمية ودورانية بآن واحد).
- حالة الأدوات.
- تشغيل الأدوات.
- المادة التي يتم العمل عليها.

**ظروف وشروط التعرض**

- فترة التعرض (تعرضات يومية، سنوية).
- نمط التعرض (مستمر، متقطع، فترات راحة).
- فترة التعرض التراكمي.

**الظروف البيئية**

- درجة الحرارة المحيطة.
- تدفق أو جريان الهواء.
- الرطوبة النسبية.
- الضجيج.
- الاستجابة الحركية للجملة «أصابع - يد - ذراع».
- الإعاقة أو الممانعة الميكانيكية.
- الانتقالية الاهتزازية.
- الطاقة الممتصة.

**الخصائص الشخصية (الفردية)**

- طريقة أو نهج العمل (قوة مسك، قوة دفع، وضعية اليد مع الذراع، وضعية الجسم).
- الصحة.
- التدريب.
- المهارة.
- استخدام القفازات.
- الحساسية الشخصية (الاستعداد الفردي) للإصابة بالأذية.

---

## • الديناميكا الأحيائية

يمكن الافتراض بأن العوامل المؤثرة في انتقال الاهتزاز. إلى الجسم عن طريق ما يعرف بنظام «أصبع - يد - ذراع» قد تلعب دوراً في الإصابة بالأذيات الناجمة عن الاهتزاز. إن إنتقال الاهتزاز يعتمد على كل من الخصائص الفيزيائية للاهتزاز (السعة أو المدى - التردد - الاتجاه) وعلى الاستجابة الحركية لليد [Griffin 1990].

### 1- الانتقالية والإعاقة (الممانعة)

تشير نتائج الدراسات التجريبية إلى أن السلوك الطبي للطرف العلوي معقد، إذ أن معاوقة النظام «يد - ذراع»- أي مقاومته تجاه الاهتزاز - تبدي تغيرات كبيرة مع تغير سعة الاهتزاز والتردد والاتجاه ومع القوى المطبقة ومع اتجاه اليد والذراع بالنسبة لمحور العامل المنبه (أي الاهتزاز) كما تتأثر المعاوقة (الممانعة) ببنية وتركيب ومحتويات مختلف أجزاء الطرف العلوي (فنجد على سبيل المثال أن الممانعة الميكانيكية للأصابع أقل بكثير من مثل تلك الممانعة في منطقة راحة اليد).

بشكل عام، يمكن القول أن «السويات الاهتزازية العالية إلى جانب عمليات المسك المحكمة بواسطة اليد تؤدي إلى معاوقة أكبر». على أية حال يلاحظ أن تغير المعاوقة يعتمد بشكل كبير على تردد واتجاه المنبه الاهتزازي وعلى مختلف الفروقات التي نجدها ما بين الأجسام من جهة وداخل الجسم من جهة أخرى، وتشير العديد من الدراسات إلى أن المجال الترددي الذي يحدث فيه التجاوب في النظام «إصبع - يد - ذراع» هو (80-300 هرتز).

إن القياسات الخاصة بانتقال الاهتزاز عبر الذراع تدل على أن الترددات الأخفض من المجال المذكور (أقل من 50 هرتز) تنتقل عبر اليد والذراع بقليل من التوهين، أما التوهين (التخامد) الاهتزازي في منطقة المرفق فهو يعتمد على وضعية الذراع لأن انتقال الاهتزاز يميل نحو الإنخفاض لدى زيادة مقدار زاوية الانثناء في مفصل المرفق، أما بالنسبة للترددات التي تزيد عن (50 هرتز) فإن انتقال الاهتزاز يتناقص بشدة كلما زاد التردد، وهكذا فإنه في المجال (150-200 هرتز) تتوضع غالبية طاقة التردد في نسج الأصابع واليد، كما استنتج من خلال قياسات الانتقالية أنه في المجالات الترددية العالية قد يكون الاهتزاز مسؤولاً عن تخريب التراكيب الرخوة في منطقتي الأصابع واليدين، في حين يلاحظ أنه قد ترافق الاهتزازات المنخفضة التردد وذات السعة العالية (مثل تلك التي تنتجها أدوات الطرق أو النقر أو الصدم Percussive Tools) إصابات وأذيات في المعصم وفي المرفق وفي الكتف.

### 2- العوامل التي تؤثر على حركة الأصابع واليدين

يمكن الافتراض بأن التأثيرات السلبية الناجمة عن التعرض للاهتزاز تكون ذات علاقة بتوضع الطاقة في الطرف العلوي، ويعتمد امتصاص الطاقة تلك بشكل كبير على العوامل التي تؤثر في اقتران نظام «الأصابع-يد» مع مصدر الاهتزاز. إن الفروقات في شدة وقوة المسك وفي القوة الساكنة وفي الوضعية تؤدي إلى تكييف استجابة الأصابع واليد والذراع وبالتالي إلى تعديل كمية الطاقة التي يتم انتقالها وتلك التي يتم امتصاصها. فعلى سبيل المثال نجد أن الشدة وقوة المسك باليد لها تأثير كبير على امتصاص الطاقة - وبشكل عام نقول:

«كلما كانت مسكة اليد خفيفة كلما كانت القوة المنتقلة إلى نظام «اليد - ذراع» أعلى » تستطيع المعطيات والبيانات المتوفرة حول الاستجابة الحركية أن

تزودنا بمعلومات تساعدنا في تقييم احتمال الإصابة بالأذى ودرجة الخطورة نتيجة اهتزاز الأدوات وبالتالي في تطوير أدوات وأجهزة مضادة للاهتزاز (مقاومة له) مثل قفازات ومسكات اليد.

## • التأثيرات الحادة للاهتزاز

### 1- الشعور الذاتي بعدم الراحة:

يتم الشعور بالاهتزاز عن طريق مختلف المستقبلات الميكانيكية في الجلد التي تكون متوضعة في نسج الطبقة الخارجية من الجلد وفي الطبقة السفلية منه في المناطق الملساء والجرداء من الأصابع واليدين، وتصنف تلك المستقبلات الميكانيكية ضمن نوعين «بطيئة التكيف» و «سريعة التكيف» وذلك حسب خصائصها من حيث مجال الاستقبال ومن حيث سرعة التأقلم، ففي أقراص ميركيل Merkel Discs ونهايات روفيني Ruffini Endings نجد وحدات الاستقبال البطيئة التكيف التي تستجيب للضغط الساكن (الشدة الساكنة) وتبطئ التغيرات في الضغط والتي تتهيج عند الترددات المنخفضة التي تقل عن (16 هرتز)، أما الوحدات سريعة التكيف فتحتوي على كريات ميسنر Meinssner's Corpuscler وكريات باسينيان Pacinian Corpuscles التي تستجيب للتغيرات السريعة في العامل المنبه والتي تكون مسؤولة عن الإحساس بالاهتزاز في المجال الترددي (8-400 هرتز). لقد تم استخدام الاستجابة الذاتية (الشخصية) للاهتزازات التي تنتقل إلى الجسم عن طريق اليد في عدد من الدراسات للحصول على القيم العتبية والحدود الكونتورية Contours للإحساس المكافئ وحدود الشعور بالإزعاج أو حدود التحمل للمنبهات الاهتزازية عند ترددات مختلفة [Griffin-(1990)]. تشير نتائج الدراسات التجريبية أن حساسية جسم الإنسان تجاه الاهتزازات تنخفض مع زيادة التردد بالنسبة لكل من سويات الاهتزاز الخاصة بالانزعاج وبالشعور بعدم الراحة، وعلى ما يبدو فإن الاهتزاز الشاقولي يسبب شعوراً بعدم الراحة يزيد عما يفعله الاهتزاز الحاصل في أي اتجاه آخر. ومن جانب آخر، وجد أن الشعور الذاتي بعدم الراحة يتبع أيضاً للمركبات الطيفية للاهتزاز ولقوة المسك المطبقة أو المبذولة فوق المقبض المهتز.

### 2- تداخل الأنشطة

يمكن أن يسبب الاهتزاز الذي ينتقل إلى الجسم عن طريق اليد زيادة مؤقتة في العتبات اللمسية للاهتزاز Vibrotactile Threshold وذلك بسبب انخفاض depression excitability تهيجية المستقبلات الميكانيكية في الجلد. إن كلاً من درجة الانزياح المؤقت وزمن الشفاء يتأثران بعدد من المتغيرات مثل خصائص الاهتزاز المنبه (التردد - السعة - الزمن والفترة الزمنية) ودرجة الحرارة إضافة إلى عمر العامل وتعرضه السابق للاهتزاز. إن التعرض للبرد يؤدي إلى تفاقم الضغط الحسي الذي يسببه الاهتزاز لأن الدرجات المنخفضة من الحرارة تتميز

بأن لها تأثيراً قابضاً للأوعية الدموية على الدوران الرقمي Digital Cireulation ولأنها تسبب تخفيضاً في درجة حرارة جلد الأصابع فبالنسبة للعاملين المتعرضين للاهتزاز الذين يعملون في بيئة باردة فإن حدوث الضعف في حساسية اللمس بشكل متكرر يستطيع أو يؤدي إلى تخفيض دائم في الاستقبال الحسي وإلى فقد قوة المهارة التي يتمتع بها الشخص الأمر الذي يؤدي بدوره إلى التداخل مع أنشطة العمل مسبباً زيادة في احتمالات حدوث المخاطر والإصابات والأذيات الحادة بسبب وقوع الحوادث.

## • التأثيرات اللاوعائية

### 1- التأثيرات الحاصلة على الهيكل العظمي:

إن الإصابات والأذيات التي تحرض الاهتزازات حدوثها في العظام والمفاصل مثار جدل، إذ أن العديد من المؤلفين يعتبرون أن الاعتلالات والاضطرابات العظمية والعضلية لدى العاملين الذين يستخدمون أجهزة أو أدوات مهتزة محمولة باليد ليست ذات مواصفات نوعية وهي شبيهة بتلك الناجمة عن التقدم في السن وعن الأعمال اليدوية الثقيلة، ولكن يشير بعض الباحثين في كتاباتهم إلى حدوث تغيرات هيكلية عظمية مميزة في مناطق اليدين والمعصمين والمرفقين لدى التعرض المديد للاهتزازات التي تنتقل إلى الجسم عن طريق اليد، فقد أظهرت التحريات التي استخدمت فيها الأشعة السينية وجود كبير للحويصلات Vacuoles والكيسات Cysts في أيدي ومعاصم العاملين المتعرضين للاهتزاز، إلا أن الدراسات التي تمت مؤخراً لا تعتقد بوجود ارتفاع ملحوظ في مثل تلك الحالات مقارنة مع المجموعات التي استخدمت كشواهد والتي شكلت من الأشخاص الذين يقومون بأعمال يدوية. تدل الدراسات على وجود عدد زائد من حالات العضال العظمي (داء مفصلي غير التهابي) في منطقتي المعصم والمرفق ووجود حالة التنبت العظمي (تكثر الزوائد العظمية) بين العاملين في المناجم وفي مجال شق الطرق وأولئك الذين يقومون بأعمال لها علاقة بالمعادن وهم يتعرضون للصدمات وللاهتزازات المنخفضة التردد ذات السعة العالية الناتجة عن أدوات الطرق العاملة على ضغط الهواء. هذا، وبالمقابل يوجد هناك القليل الذي يثبت وجود زائد لنخر العظام وللاعتلالات والإصابات المفصلية في الأطراف العلوية للعاملين الذين يتعرضون لاهتزازات متوسطة أو عالية التردد كتلك الناجمة عن المنشار السلسلي أو آلات الطحن أو السحق. إن الجهد الجسدي الكبير والمسك القوي بالأشياء وغيرها من العوامل الميكانيكية الحيوية قد تلعب دوراً في الإصابات التي تحدث في الهيكل العظمي بالنسبة للعاملين الذين يقومون بتشغيل أدوات الطرق، ويمكن أن تترافق مع ما نشاهده على الصور الشعاعية من نخر مفصلي أو عظمي حالات من الألم الموضعي والتورم والتشوه والتصلب المفصليين. ومفيد أن نذكر أنه فقط في عدد قليل من الدول (بما في ذلك فرنسا وألمانيا وإيطاليا) تعتبر الاعتلالات المفصلية

التي تحدث للعاملين الذين يستخدمون الأدوات المهتزة والمحمولة يدوياً على أنها أمراض مهنية ينال العامل المصاب تعويضاً عليها.

### 2- التأثيرات العصبية

قد يعاني العاملون على أدوات مهتزة من النخر Tingling ومن الخدر (تنميل) Numbness في أصابعهم وفي أيديهم، وعندما يستمر التعرض للاهتزاز فإن هذه الأعراض على ما يبدو تسوء وتتفاقم ويمكنها أن تتداخل مع الأنشطة الحياتية ومع المقدرة على أداء العمل. قد يبدي العاملون المتعرضون للاهتزاز عتبات لمسية وحرارية واهتزازية عالية أثناء إجراء الفحوص الطبية السريرية، ويقترح بأن التعرض المستمر للاهتزاز لا يخفض فقط قدرة المستقبلات الجلدية على التهيج وإنما يستطيع أن يتسبب في إحداث تغيرات مرضية أيضاً في الأعصاب الإصبعية Digital Nerves مثل الوذمة المحيطة بالعصب التي يتبعها تليف ثم ضياع الليف العصبي.

تدل الدراسات الوبائية الإحصائية على العاملين الذين يتعرضون للاهتزاز أن نسبة وجود الاعتلالات العصبية المحيطية تتراوح بين نسبة مئوية صغيرة إلى ثمانين بالمائة، كما تدل على أن الفقد الحسي يصيب مستخدمي أنواع كثيرة من الأدوات، ويبدو أن الاهتزاز العصبي الناتج عن التعرض للاهتزاز يظهر ويتطور بشكل مستقل عن الاعتلالات الأخرى التي تنجم عن التعرض للاهتزاز. في عام (1987) ومن خلال ورشة عمل ستوكهولم Stockholm Workshop-85 تم اقتراح مقياس للمحتوى العصبي لمتلازمة هاف HAV Syndrome، ويشتمل ذلك على ثلاثة مراحل حسب الأعراض وحسب نتائج الفحص الطبي السريري وحسب الفحوص الموضوعية كما هو مبين في الجدول التالي رقم (4.50):

**الجدول رقم (4.50): المراحل العصبية الحسية لمقياس ورشة عمل ستوكهولم بشأن متلازمة اهتزاز «اليد - ذراع»**

| المرحلة | العلامات والأعراض |
|---|---|
| 0SN | متعرض للاهتزاز ولكن دون ظهور أعراض |
| 1SN | خدر متقطع مع وجود نخر أو بدون وجود نخر |
| 2SN | خدر متقطع أو مستعصٍ ، انخفاض الإدراك الحسي |
| 3SN | خدر متقطع أو مستعصٍ ، انخفاض قدرة التمييز باللمس و/أو ضعف البراعة اليدوية |

المصدر: ورشة عمل ستوكهولم - 86 (1987)

وللتمييز بين الاعتلالات العصبية الناجمة عن التعرض للاهتزاز وتلك الناجمة عن مسببات أخرى، فإن الأمر يحتاج إلى تشخيص تفريقي دقيق كما هو عليه الحال بالنسبة لمتلازمة النفق الرسغي Carpal Tunnel Syndrome (CTS) مثلاً- حيث تنجم هذه الإصابة عن ضغط العصب الأنسي لدى مروره خلال النفق التشريحي الموجود في المعصم.

على ما يبدو فإن متلازمة نفق الرسغ (CTS) إصابة شائعة الحدوث لدى بعض المجموعات المهنية المستخدمة للأدوات المهتزة مثل حفَّاري الصخور Rock-Drillers والمصفحين Platers وعمال الغابات Forestry Workers. هذا، ويعتقد أن المجهدات الإرغونومية العاملة على اليد والمعصم (حركات متكررة - مسك قوي باليد - وضعيات رديئة) إلى جانب الاهتزاز تستطيع أن تسبب متلازمة (CTS) لدى العاملين الذين يتداولون أدوات مهتزة. وقد ثبتت فائدة التخطيط العضلي العصبي الكهربائي الذي يقيس سرعات العصب الحسي والحركي في مجال تفريق هذه المتلازمة عن الاعتلالات والاضطرابات العصبية الأخرى.

### 3- التأثيرات العضلية

قد يشكو العاملون الذين يتعرضون للاهتزاز من ضعف عضلي ومن آلام في اليدين والذراعين، ويمكن أن يسبب الإنهاك العضلي لدى بعض الأشخاص عجزاً، حيث شوهدت هناك حالات تدل على انخفاض قوة المسك اليدوية في الدراسات التي تتابع حالة الخشابين Lumberjacks، ولقد تم اقتراح الإصابة الميكانيكية المباشرة أو تضرر العصب المحيطي كعوامل يمكنها أن تسبب ظهور الأعراض العضلية، كما شوهدت اعتلالات واضطرابات أخرى ذات علاقة بالعمل لدى العاملين المتعرضين للاهتزاز، ونذكر منها على سبيل المثال «التهاب الوتر Tendinitis» و «التهاب غمد الوتر Tenosynovitis» في الأطراف العلوية، و «تقفع دوبوترين Duputren's Contracture» وهو مرض يصيب النسيج اللفافي Fascial Tissue الموجود في راحة اليد.

على ما يبدو فإن لهذه الاعتلالات علاقة بعوامل الشدة الإرغونومية الناتجة عن الأعمال اليدوية الشديدة ولا يعتبر الاهتزاز الذي ينتقل إلى الجسم عبر اليد عاملاً حاسماً في هذا المجال.

## • الاعتلالات الوعائية

ظاهرة رينود Raynaud's Phenomenon:

لعل الطبيب الإيطالي «جيوفاني لوريغا Giovanni Loriga» هو أول من سجل حقيقة أن الأشخاص القائمين بقطع الحجارة عن طريق استخدام مطارق تعمل بالضغط الهوائي في مقالع الحجارة والرخام بالقرب من مدينة روما قد كانوا يعانون من هجمات من ابيضاض (شحوب) الأصابع بشكل مماثل للاستجابة القابضة للأوعية في منطقة الأصابع تجاه البرد أو تجاه الشدة العاطفية - تلك

الحالة التي وضعت من قبل «موريس رينود Maurice Raynaud» عام (1982). ومن ناحية أخرى، شوهدت ملاحظات مشابهة من قبل «أليس هاميلتون Alice Hamilton» عام (1918) لدى بعض العاملين في مجال قطع الحجارة بالولايات المتحدة الأمريكية، ومن ثم شوهدت نفس الملاحظات من قبل باحثين آخرين. تستخدم مفردات ومسميات مختلفة لوصف الاعتلالات الوعائية المتحرضة بفعل الاهتزاز مثل: «الأصبع الميتة» أو «الأصبع البيضاء» و «ظاهرة رينود المهنية المنشأ» و «مرض الانقباض الوعائي الرضي» وما سمي في الآونة الأخيرة «الأصبع البيضاء المتحرضة بفعل الاهتزاز (VWF)» حيث يتصف هذا المرض بسلسلة من الحالات التي تصبح فيها الأصابع بيضاء أو شاحبة بسبب انغلاق الشرايين في منطقة الأصابع. إن مثل هذه الهجمات تحدث عادة نتيجة البرد وتستمر من (5) دقائق إلى (30-40) دقيقة وقد يحدث فقدان كامل لحساسية اللمس خلال إحدى الهجمات، ولكن في طور استرداد تلك الحساسية (هذه المرحلة التي يتم تسريعها على العموم بواسطة الحرارة - الدفء - أو التدليك الموضعي) يمكن ظهور احمرار في الأصابع المتأثرة نتيجة تنشيط تدفق الدم في الأوعية الدموية الجلدية، في الحالات المتقدمة النادرة فإن الهجمات المتكررة الشديدة من الانقباضات الوعائية للأصابع قد تؤدي إلى تغيرات غذائية (تقرح أو تكزز) في الجلد المغطي لرؤوس الأصابع. هذا، ولتفسير ظاهرة «ربنود» الناجمة عن البرد لدى العاملين المتعرضين للاهتزاز فإن بعض الباحثين يبرهنون أن سبب ذلك هو انعكاس مُقبِّض وعائي ودي مركزي كبير ناجم عن التعرض المديد للاهتزازات الضارة، في حين يتجه الآخرون نحو التأكيد على دور التغيرات الموضعية التي يسببها الاهتزاز في الأوعية الدموية لمنطقة الأصابع (مثل تثخن الجدار العضلي - تخرب الطبقة المبطنة للأوعية الدموية - التبدلات الحاصلة في المستقبلات الوظيفية). لقد تم خلال ورشة عمل ستوكهولم Stockholm Workshop-(86) عام (1987) اقتراح مقياس يرتب تصنيف (VWF) حسب ما هو وارد في الجدول رقم (5.50).

**الجدول رقم (5.50): مقياس ورشة عمل ستوكهولم الذي يبين مراحل ظاهرة رينو التي يسببها البرد في متلازمة اهتزاز اليد - ذراع.**

| المرحلة | التصنيف | الأعراض |
|---|---|---|
| 0 | - | لا يوجد هجمات |
| 1 | خفيفة | هجمات تصيب إصبعاً أو أكثر من حين لآخر. |
| 2 | معتدلة / متوسطة | هجمات تصيب السلاميات البعيدة والمتوسطة (نادراً القريبة) لأصبع أو أكثر من حين لآخر |
| 3 | شديدة | هجمات متكررة تصيب جميع السلاميات في معظم الأصابع |
| 4 | شديدة جداً | كما في المرحلة الثالثة إضافة إلى وجود تبدلات جلدية غذائية في رؤوس الأصابع |

يوجد هناك أيضاً نظام رقمي حول أعراض (VWF) قام بتطويره «غريفين Griffin» عام (1990) ويقوم هذا النظام على أساس العلامات البيضاء التي تشاهد فوق مختلف السلاميات [Grifin (1990)]. يستخدم عدد من الاختبارات المخبرية لتشخيص (VWF) تشخيصاً موضوعياً، تعتمد معظم هذه الفحوص المخبرية على أساس التحريض بالبرد وقياس درجة حرارة جلد الإصبع أو قياس تدفق الدم في منطقة أصابع اليد أو قياس الضغط وذلك قبل وبعد تبريد أصابع اليد.

تشير الدراسات الوبائية إلى أن انتشار (VWF) واسع جداً يقع في المجال (1-100%)، حيث وجد أن هذا المرض يرافق استخدام أدوات العمل المعدنية العاملة على أساس الطرق وأدوات الطحن أو السحق وغيرها من الأدوات الدورانية والمطارق وأدوات الحفر الرجاجة والأجهزة والآلات المهتزة التي تستخدم في مجال الحراج وغيرها من الآليات والمعالجات العاملة على أساس القدرة الكهربائية.

يعتبر (VWF) مرضاً مهنياً في كثير من البلدان، ومنذ (1975-1980) يدون وجود انخفاض في الحالات الجديدة لهذا المرض بين العاملين في مجال الأعمال الحراجية في كل من أوروبا واليابان وذلك بعد إدخال المنشار السلسلي المقاوم للاهتزاز وبعد اتخاذ الإجراءات الإدارية التي من شأنها اختصار زمن استعمال المنشار، وجدير بالذكر أنه لم يتم التوصل حتى الآن إلى نتائج مماثلة فيما يخص أدوات الأنواع الأخرى.

- **اعتلالات (أو اضطرابات) أخرى**

تشير بعض الدراسات إلى أن نسبة فقدان السمع لدى العاملين الذين يعانون من (VWF) هي من النسب المتوقعة على أساس التقدم في السن وعلى أساس الضجيج الناتج عن استخدام الأدوات المهتزة، حيث يقترح أن الأجسام التي تعاني من (VWF) قد تكون معرضة لاحتمالات خطر إضافي للإصابة بضعف السمع نتيجة لانقباض الأوعية الدموية المغذية للأذن الوسطى والناجم عن الانعكاس الودي الذي يسببه الاهتزاز، هذا، وقد سجلت بعض مدارس الطب المهني في كل من روسيا واليابان تأثيرات صحية أخرى إضافة إلى التأثيرات المحيطية، بما في ذلك تلك الحاصلة في الغدد الصم وفي الجهاز العصبي المركزي لدى العاملين المتعرضين للاهتزاز [Griffin (1990)]. إن الحالة السريرية المعروفة باسم «مرض الاهتزاز Vibration Disease» تتضمن العلامات والأعراض التي لها علاقة بعجز المراكز الودية في الدماغ عن القيام بوظائفها (مثل: الإنهاك أو التعب المستعصي – الصداع – الانفعالية – اضطرابات النوم – العنّة* – تبدلات في التخطيط الكهربائي للدماغ). على أية حال، يجب تفسير هذه النتائج بحذر وعن طريق إجراء المزيد من الدراسات السريرية والوبائية بدقة وانتباه، وذلك لتأكيد الفرضية التي تعتبر وجود علاقة ما بين اضطرابات الجهاز العصبي المركزي والتعرض للاهتزازات التي تنتقل إلى الجسم عن طريق اليد.

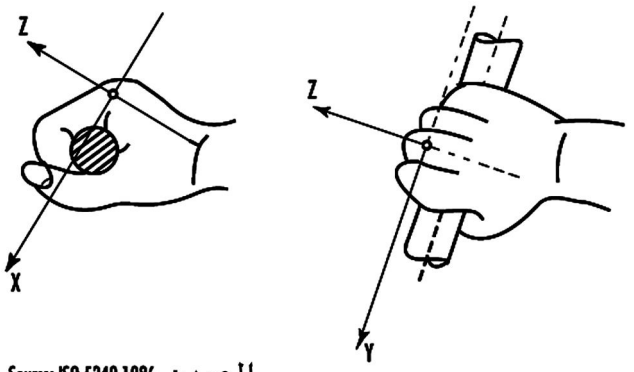
- **المعايير**

لقد اعتمدت دول متعددة معايير أو إرشادات توجيهية خاصة بالتعرض للاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عبر اليد، وتقوم معظم تلك المعايير والإرشادات على أساس المعيار الدولي «5349» – [ISO (1986)].

ولقياس الاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عبر اليد ينصح المعيار الدولي (ISO-5349) باستخدام منحن خاص بموازنة (معادلة) التردد حيث يقرب درجة الاستجابة الترددية لليد تجاه المنبهات الاهتزازية. يتم الحصول على التسارع الترددي الموازن (المعدل) للاهتزاز (ah,w) باستعمال مرشح مناسب للموازنة أو عن طريق جمع القيم الموازنة (المعدلة) للتسارع والتي يتم الحصول عليها في نطاق جواب النغمة أو في ثلث نطاق جواب النغمة عبر جملة من الإحداثيات المتعامدة (xh, yh,zh)– انظر الشكل (4.50)

* العنة: Impotence العجز أو الضعف الجنسي.

**الشكل رقم (4.50): جملة إحداثيات أساسية المركز لقياس الاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد**




المصدر: Source: ISO 5349 1986.

في المعيار الدولي (ISO-5349)، يعبر عن التعرض اليومي للاهتزاز عن طريق التسارع الترددي الموازن (المعدل) المكافئ للطاقة لفترة أربع ساعات [$(a_{h,w})_{eqc4}$] مقدراً بالـ «م/ثا$^2$» كقيمة منتجة (r.m.s) وذلك وفقاً للمعادلة الآتية:

$$(a_{h,w})_{aq(4)} = (T / 4)^{1/2} (a_{h,w})_{aq(T)}$$

بحيث أن:

T= زمن التعرض اليومي مقدراً بالساعة

و[$(a_{h,w})_{aqcT}$] = التسارع الترددي الموازن المكافئ للطاقة لزمن التعرض اليومي (T).

إن هذا المعيار يقدم التوجيه لحساب [$(a_{h,w})_{aqcT}$] عندما يتصف يوم عمل نموذجي بوجود عدة تعرضات مختلفة المقدار والفترة الزمنية. إن الملحق (A) التابع للآيزو (5349)- والذي لا يمثل جزءاً من المعيار - يقترح علاقة الجرعة بالتأثير ما بين [$(a_{h,w})_{aqc4}$] وما بين (VWF) وفق المعادلة التقريبية التالية:

$$C = [(a_{h,w})_{aq(4)} \quad T_f / 95]^2 \times 100$$

بحيث أن:

C= النسبة المئوية للعاملين المتعرضين الذين يتوقع إصابتهم بـ (VWF) وتقع هذه النسبة في المجال (10-50%).

$T_F$= زمن التعرض قبل ظهور ابيضاض (شحوب) الأصابع بين العاملين المصابين وتتراوح هذه الفترة ما بين (1-25) سنة.

تستخدم المركبة السائدة الوحيدة المحور للاهتزاز الموجه إلى داخل اليد لحساب [$(a_{h,w})_{aqc4}$] والتي يجب ألا تزيد عن (50 م/ثا$^2$). ويذكر أنه ووفقاً لعلاقة الآيزو بين الجرعة والتأثير فإنه من المتوقع حدوث (VWF) حوالي (10%) من العاملين الذين يتعرضون يومياً للاهتزاز بمعدل (3 م/ثا$^2$) على مدى عشر سنوات.

هذا، ولتخفيض التأثيرات الصحية الضارة الناجمة عن التعرض للاهتزاز تم اقتراح ما يسمى بسويات التدخل Action Levels والقيم العتبية الحدية ($TLV_s$) الخاصة بالتعرض للاهتزاز وذلك من قبل لجان وهيئات ومنظمات أخرى، حيث نشر المؤتمر الأمريكي لاختصاصيي الإصحاح الصناعي الحكوميين (ACGIH) القيم العتبية الحدية بالنسبة للاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد والمقيسة حسب طريقة الآيزو ISO الموازنة (المعدلة) من حيث التردد [ACGIH (1992)] - الجدول رقم (6.50):

**الجدول رقم (6.50): القيم الحدية العتبية الخاصة بالاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد**

| زمن التعرض اليومي الإجمالي (ساعة) | التسارع المنتج الموازن ترددياً في الاتجاه السائد يجب ألا يزيد عن: التسارع (م/ثا$^2$) | الجاذبية (g)★ |
|---|---|---|
| 8-4 | 4 | 0.4 |
| 4-2 | 6 | 0.61 |
| 2-1 | 8 | 0.81 |
| 1 | 12 | 1.22 |

★ g1 = 9.81 م/ثا$^2$

المصدر: وفقاً للمؤتمر الأمريكي لاختصاصيي الإصحاح الصناعي الحكوميين (ACGIH، 1992)

تبعاً لـ (ACGIH) فإن القيم العتبية الحدية الخاصة بالتعرض للاهتزاز والتي قد يتعرض لها جميع العاملين تقريباً بشكل متكرر دون تفاقم تتجاوز المرحلة 1 لنظام تصنيف ورشة عمل ستوكهولم بالنسبة لـ(VWF).

أما هيئة المجموعة الأوروبية فقد قدمت مؤخراً سويات التعرض الخاصة بالاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد وذلك في سياق اقتراح توجيه حول حماية العاملين ضد المخاطر الناجمة عن العوامل والوسائط الفيزيائية [حسب مجلس الاتحاد الأوروبي – (1994)]- انظر الجدول رقم (7.50).

**الجدول رقم (7.50): اقتراح مجلس الاتحاد الأوربي المتضمن توجيه المجلس حول العوامل agents: الملحق II-A- الاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد – لعام (1994).**

| السويات | A(8★) (م/ثا$^2$) | تعاريف |
|---|---|---|
| العتبة | 1 | يمكن الاستمرار في التعرض ضمن القيم التي تقل عن هذه السوية أو/و حيث لا يوجد تأثير سلبي ضار على صحة وسلامة العاملين |
| التصرف | 2.5 | وهي القيمة التي إذا ما تم تجاوزها لا بد من اتخاذ إجراء **أو أكثر من تلك المحددة وذات الصلة بالموضوع في الملحقات الخاصة بهذا الشأن |
| قيمة حد التعرض | 5 | وتمثل قيمة التعرض التي يكون بعدها الشخص غير المحمي معرضاً لمخاطر غير متوقعة، وهكذا يمنع تجاوز هذا الحد ويجب تجنب ذلك خلال تنفيذ تقديم التوجيهات*** |

ملاحظات خاصة بالجدول:

★ : A(8) = التسارع الترددي الموازن المكافئ للطاقة لفترة تدوم ثماني ساعات

★★ : معلومات – تدريب – إجراءات فنية – مراقبة صحية

★★★ : الإجراءات المناسبة لوقاية الصحة وتأمين السلامة

يعبر عن الكمية المستخدمة في تقييم مخاطر الاهتزاز ضمن سياق التوجيهات المقترحة بواسطة التسارع الترددي الموازن المكافئ للطاقة على مدى ثماني ساعات [أي: $A(8) = (T/8)^{1/2} (a_{h,w})_{eq(T)}$] عن طريق استخدام المجموع الشعاعي للتسارعات الموازنة المحددة في الإحداثيات المتعاقدة (asum).

وبحيث أن:

$$a_{sum} = (a_{x,h,w}{}^2 + a_{y,h,w}{}^2 + a_{z,h,w}{}^2)^{½}$$

وذلك فوق مقبض الأداة المهتزة أو فوق قطعة الشغل Work piece. إن طرق القياس وطرق التقييم المذكورة في التوجيهات المذكورة مشتقة بشكل رئيسي من المعيار البريطاني « BS-6842 – [BSI (1987a)]» ولكن لا ينصح هذا المعيار البريطاني بحدود التعرض وإنما يقدم ملحقاً مليئاً بالمعلومات الحديثة بشأن علاقة الجرعة بالتأثير من أجل الاهتزازات التي تنتقل إلى الجسم عن طريق اليد،

ويقدم الجدول التالي رقم (8.50) مقادير التسرعات الترددية الموازنة التي يمكن لها أن تسبب الإصابة بـ (VWF) بنسبة (10 %) لدى العاملين المتعرضين للاهتزاز وذلك حسب المعيار البريطاني.

**الجدول رقم (8.50) مقادير التسرعات الاهتزازية الموازنة ترددياً (r.m.s م/ثا2) التي من المتوقع لها أن تسبب الإصابة بابيضاض (شحوب) الأصابع لدى (10 %) من الأشخاص المتعرضين*.**

| التعرض اليومي | التعرض مدى العمر | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدراً بالساعة | 0.5 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| 0.25 | 256.0 | 128.0 | 64.0 | 32.0 | 16.0 | 8.0 |
| 0.5 | 179.2 | 89.6 | 44.8 | 22.4 | 11.2 | 5.6 |
| 1 | 128.0 | 64.0 | 32.0 | 16.0 | 8.0 | 4.0 |
| 2 | 89.0 | 44.8 | 22.4 | 11.2 | 5.6 | 2.8 |
| 4 | 64.0 | 32.0 | 16.0 | 8.0 | 4.0 | 2.0 |
| 8 | 44.8 | 22.4 | 11.2 | 5.6 | 2.8 | 1.4 |

* عندما تكون فترة التعريض قصيرة تكون المقادير عالية وبالتالي قد لا تكون الاعتلالات أو الاضطرابات الوعائية هي الأعراض السلبية التي تظهر في بداية الامر.

المصدر: وفقاً للمعيار البريطاني BSI 6842, 1987

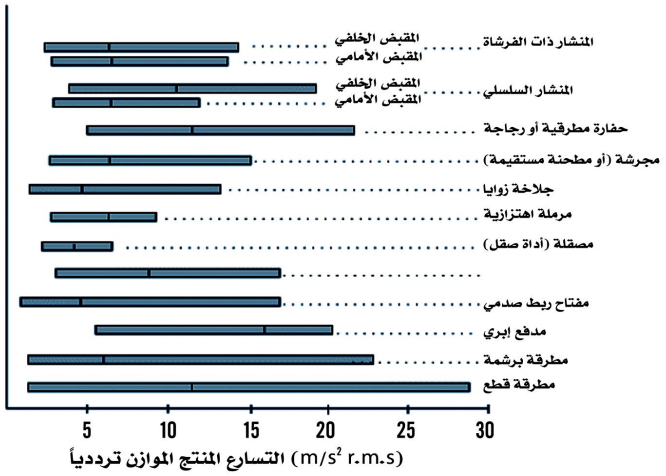
## • قياس وتقييم التعرض:

تجرى القياسات الخاصة بالاهتزاز لتأمين المساعدة اللازمة لتطوير أدوات جديدة ولفحص اهتزاز الأدوات أثناء شرائها ولتأكيد شروط وظروف الصيانة ولتقييم التعرض البشري (تعرض الأشخاص) في مكان العمل. تتألف أجهزة قياس الاهتزاز، بشكل عام، من محول للطاقة Transducer (عادة مقياس للتسارع) ومن أداة تضخيم ومن مرشح (مرشح إمرار نطاقي Band-Pass Filter و/أو شبكة خاصة لموازنة التردد Frequency weighing Network) ومن مؤشر للسعة أو للسوية أو جهاز تسجيل، يجب إجراء القياسات الخاصة بالاهتزاز فوق مقبض الأداة أو فوق قطعة الشغل في المنطقة القريبة من سطح اليد (أو اليدين) حيث تمر من خلاله الاهتزازات إلى الجسم، وللحصول على نتائج دقيقة لا بد من الإختيار السليم الدقيق لمقاييس التسارع (مثل النوع والكتلة والحساسية) و اتباع الطرق المناسبة لوضع أو تثبيت مقياس التسارع فوق السطح المهتز. يجب قياس وتسجيل

الاهتزازات المنتقلة إلى اليد في الاتجاهات المناسبة الصحيحة لجملة الإحداثيات المتعامدة حسب الشكل (4.50).

يجب إجراء القياسات على الأقل لتغطية المجال الترددي (5 - 1500 هرتز) ويمكن تمثيل المحتوى الترددي للتسارع بالنسبة للاهتزاز ضمن محور أو أكثر في حزم نطاق التجاوب التي يكون فيها تردد المركز في المجال (8-1000 هرتز) أو في ثلث حزم نطاق التجاوب حيث يقع تردد المركز في المجال (6.3-1250 هرتز)، كما يمكن التعبير عن التسارع عن طريق التسارع الموازن ترددياً وذلك باستخدام شبكة للموازنة تنسجم مع المواصفات المحددة في الآيزو (ISO-5349) أو في المعيار البريطاني (BS-6842). تدل القياسات المجراة في مكان العمل على أنه يمكن حدوث مقادير شدات اهتزازية مختلفة وأطياف ترددية مختلفة أيضاً على الأدوات والمعدات التي تنتمي إلى نفس النوع أو عندما تستخدم نفس تلك الأدوات والمعدات بشكل مختلف، ويبين الشكل رقم (5.50) القيمة الوسطية ومجال التوزع للتسارعات الموازنة المقيسة في المحور السائد للأدوات العاملة بالطاقة الكهربائية والمستخدمة في المجال الحراجي وفي المجال الصناعي [ISSA International Section for Research (1989)]

**الشكل (5.50) القيم الوسطية ومجالات توزيع التسارع المنتج الموازن ترددياً في المحور السائد والمقيسة فوق مقبض (أو مقابض) بعض الأدوات التي تعمل على الكهرباء في المجالين: الحراجي والصناعي.**




المصدر: ISSA International Section for Research 1989

يتم تقييم التعرض للاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد في العديد من المعايير على أساس حساب التسارع الموازن ترددياً والمكافئ للطاقة على مدى أربع أو ثمان ساعات وذلك باستخدام المعادلة المذكورة أعلاه، ويفترض في طريقة الحصول على التسارع المكافئ للطاقة أن زمن التعرض اليومي اللازم لإحداث تأثيرات صحية ضارة يتناسب عكساً مع مربع التسارع الموازن ترددياً (مثال: عندما ينخفض مقدار أو مدى الاهتزاز إلى النصف فإنه يمكن زيادة زمن التعرض بعامل قدره أربع مرات)، ويعتبر هذا الارتباط الزمني معقولاً لأغراض وضع المعايير كما أنه يلائم أجهزة القياس، لكن يجب ملاحظة أنه لم يتم اعتماده في المعطيات والبيانات الوبائية بعد[(1990) Griffin].

- **الوقاية:**

إن منع حدوث الإصابات والاعتلالات أو الاضطرابات التي تسببها الاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد يتطلب اتباع وتنفيذ إجراءات إدارية وفنية وطبية [(1986)-ISO; BSI (1987a)] إضافة إلى ضرورة إعطاء النصائح المناسبة للشركات الصانعة ولمستخدمي الأدوات المهتزة، ويجب أن تتضمن الإجراءات الإدارية المعلومات الدقيقة والتدريب وذلك لتزويد القائمين بالعمل على مثل تلك الأجهزة والأدوات المهتزة بالتعليمات اللازمة لتبني واتباع ممارسات عمل آمنة وصحيحة. هذا، ونظراً لأنه يعتقد بأن التعرض المستمر للاهتزاز يزيد من المخاطر الناجمة عن الاهتزاز فإنه من الضروري تنظيم وترتيب برامج العمل بشكل تحتوي فيه على فترات من الراحة، أما الإجراءات الفنية فيجب أن تشتمل على اختيار الأدوات التي يكون فيها الاهتزاز أقل. ما يمكن والتي تكون ذات تصاميم إرغونومية Ergonomic مناسبة. وهكذا نجد أنه وفقاً لتوجيهات المجموعة االأوروبية الخاصة بأمان وسلامة الآلات [(1989) .C.E.C] فإنه ينبغي على الشركة الصانعة توضيح ما إذا كان التسارع الموازن ترددياً الخاص بالاهتزازات المنتقلة إلى الجسم عن طريق اليد تزيد عن ($2.5$ م/ثا$^2$) كما هو محدد من قبل دساتير الاختبار المناسبة مثلما هو موجود في المعيار الدولي [(1988) ISO]. ومن جهة ثانية فإنه يجب فحص شروط وظروف صيانة الأدوات بدقة عن طريق إجراء القياسات الدورية للاهتزاز، وفوق كل ذلك فإنه يجب إجراء الفحوص الطبية اللازمة لانتقاء العاملين في هذا المجال قبل توظيفهم، كما يجب إجراء الفحوص الطبية السريرية الدورية لهم بعد ذلك، وتهدف المراقبة الطبية إلى إعلام العاملين بوجود خطر محتمل مرافق للتعرض للاهتزاز، وإلى تقييم الحالة الصحية وأخيراً لتشخيص الاعتلالات والاضطرابات التي يسببها الاهتزاز في مرحلة مبكرة. يجب إيلاء إهتمام خاص لأية حالة يحتمل تفاقمها لدى تعرضها للاهتزاز وذلك أثناء الفحوص الطبية التي تجرى للأشخاص قبيل توظيفهم، ومن الأمثلة على تلك الحالات نذكر الاستعداد البنيوي للإصابة بمرض ابيضاض الأصابع وبعض أشكال ظاهرة رينود الثانوية

Secondary Raymond's Phenomenon والإصابات السابقة التي كان قد تعرض لها الطرف العلوي والاعتلالات أو الاضطرابات العصبية.

يجب اتخاذ القرار حول تجنب التعرض للاهتزاز أو تخفيضه بالنسبة للعامل المتضرر بعد الأخذ بعين الاعتبار شدة الأعراض وخصائص كامل آلية العمل. يجب إعطاء النصائح للعاملين حول ارتداء اللباس المناسب والقادر على المحافظة على جسم العامل دافئاً، كما يجب إعطاؤهم النصائح حول تجنب التدخين أو التقليل منه ما أمكن وحول تجنب أخذ بعض العقاقير التي من شأنها التأثير في الدوران المحيطي. قد تكون القفازات مناسبة لوقاية اليدين والأصابع من الكدمات وللمحافظة عليها دافئة، كما أن القفازات التي تدعى «بالقفازات المقاومة للاهتزاز» قد تؤمن بعض العازلية تجاه مركبات التردد العالي للاهتزاز الناجمة عن بعض الأدوات.

## 4. مرض الحركة

**آلان . ج - بنسون**

إن مرض أو داء الحركة Kinetosis ليس حالة باثولوجية مرضية وإنما يشكل الرد الفعل الطبيعي لمنبهات حركية معينة غير مألوفة لدى الشخص وبالتالي لا يتأقلم معها، أما الأشخاص المنيعون حقاً هم فقط أولئك الذين لا يعمل لديهم الجهاز الدهليزي في الأذن الداخلية.

### • الحركات التي تسبب المرض

يوجد هناك أنواع مختلفة وكثيرة من الحركات التي تحرض حدوث تناذر الدوار الحركي ومعظم تلك الحركات مرافقة لوسائط النقل – بشكل خاص: السفن والحوامات والطائرات والسيارات والقطارات وفي قليل من الحالات الفيلة والجمال – كما يمكن أن تكون التسارعات المعقدة التي تولدها أدوات التسلية المقامة على الأرض (مثل المراجيح والطرق الملتوية والأفعوانية* وغيرها) ذات تأثير تحريضي عال. وجدير بالذكر أيضاً أن كثيراً من رواد الفضاء يعانون من مرض الحركة (دوار الحركة في الفضاء) وذلك عندما يقومون بحركات الرأس في البيئة غير العادية القوة (حالة اللاوزن) للطيران المداري، كما ينتج ما يسمى بتناذر مرض الحركة عن طريق منبهات مرئية متحركة معينة (دون أية حركة جسدية للمراقب) ومن الأمثلة على ذلك نذكر العرض المرئي الخارجي للأشياء عبر وسائل المحاكاة المثبتة القاعدة Fixed-base Simulator المؤدي إلى حدوث دوار المحاكاة Simulator Sickness ونذكر أيضاً الإسقاطات الكبيرة على الشاشة للمشاهد المأخوذة من مركبة متحركة حيث تؤدي تلك الإسقاطات إلى حدوث ما يسمى بدوار السينما Cinema Sickness أو بدوار IMAX.

### • أسباب المرض

إن الخصائص الأساسية للمنبهات التي تحرض داء الحركة هي أنها تولد معلومات متضاربة متناقصة عن أنظمة الاستشعار التي تزود الدماغ بالمعلومات حول التوجه الفراغي والحركة لدى الجسم. إن الصفة الرئيسية لهذا التنافر هو عدم التوافق ما بين الإرشادات الآتية للدماغ (بشكل رئيسي عن طريق العين والأذن الداخلية) وبين تلك التي يتوقع الجهاز العصبي المركزي استقبالها وربطها معاً.

---

* الأفعوانية Roller – Coaster: سكة حديدية مرتفعة في مدينة الملاهي تتلوى وتنخفض وتجرى فوق قضبانها عربات.

يمكن تمييز أصناف عدة من أشكال عدم التوافق ولكن أهمها هو ذلك الخاص بالإرشادات الآتية من الجهاز الدهليزي (التيه) للأذن الداخلية حيث لا تقدم كل من القنوات شبه الدائرية (وهي بمثابة المستقبلات الخاصة للتسارعات الزاوية) وأعضاء حصية الأذن Otolith (وهي بمثابة المستقبلات الخاصة للتسارعات المتحولة) معلومات منسجمة متوافقة، فعندما يتم إجراء حركة الرأس داخل سيارة أو داخل طائرة تدور أو تلف فإن كلاً من العضوين المذكورين أعلاه يتنبهان بشكل غير نموذجي ويقدمان معلومات مغلوطة وغير منسجمة – تلك المعلومات التي تختلف بشكل رئيسي عن المعلومات التي تتولد عن نفس حركة الرأس في بيئة مستقرة تخضع لجاذبية ثابتة قدرها (1-G). وهكذا، وبشكل مماثل فإن التسارعات الخطية المنخفضة التردد (أقل من 0.5 هرتز) مثل تلك التي نواجهها على متن السفن في البحار القاصية أو داخل الطائرات أثناء طيرانها خلال هواء إعصاري، إن مثل هذه التسارعات تستطيع توليد إشارات متناقضة في الدهليز الأذني وهي بالتالي تعتبر مسبباً قوية لداء (دوار) الحركة.

ومن ناحية أخرى، فإن عدم التوافق ما بين المعلومات البصرية والدهليزية يمكن أن يكون سبباً هاماً في حدوث هذا الداء، فالشخص الذي يستقل مركبة متحركة ولا يستطيع رؤية الأشياء داخل تلك المركبة معرض للإصابة بذلك الداء مقارنة مع شخص آخر يتمتع بمرجع بصري خارجي جيد، وكذلك فإن المسافر الموجود أسفل ظهر المركب أو داخل قمرة الطائرة يشعر بحركة واسطة النقل التي يركبها عن طريق المستشعرات الدهليزية ولكنه يستقبل المعلومات البصرية المرتبطة بحركة النسبية فقط دخل المكان الذي يتواجد فيه. يعتبر غياب إشارات متوقعة ومنسجمة ضمن نمط (نموذج) حسي معين أيضاً من الصفات الرئيسية لداء الحركة الناجم عن الرؤية، ذلك لأن المستشعرات الحركية البصرية لا تكون مترافقة مع الإشارات الدهليزية التي يتوقع الشخص حدوثها عندما يتعرض للحركة المشارة إليها عبر العرض أو الإظهار المرئي.

## • علامات وأعراض المرض

لدى التعرض لحركة محرضة فإن علامات وأعراض داء الحركة تتطور وفق تسلسل معين، حيث يعتمد مقياس الزمن على شدة المنبهات الحركية وعلى درجة حساسية الشخص، إذ يوجد هناك فروق كبيرة بين الأشخاص ليس فقط من حيث الحساسية ولكن أيضاً في الترتيب الذي تظهر وتتطور فيه علامات وأعراض المرض، وما إذا كانوا قد مروا بتجربة مماثلة. بشكل مثالي فإن أبكر عرض هو الشعور بعدم الراحة في المنطقة الشرسوفية Epigastric Discomfort (أو ما يعرف باسم استيقاظ المعدة Stomach awareness) ويحتمل أن يرافق ذلك الإحساس شعور بالدفء الجسدي وزيادة في إفراز اللعاب وحدوث تجشؤ Belching. إن هذه الأعراض بشكل عام تتطور ببطء، ولكن إثر التعرض المتواصل للحركة يحدث هناك تدهور سريع للحالة العامة للشخص، حيث تزداد شدة الغثيان وينتهي الأمر

بالإقياء أو محاولة الإقياء Vomiting or Retching. قد يتبع الإقياء شعور بالراحة ولكن لا يدوم هذا الشعور طويلاً ما لم تتوقف الحركة.

يوجد هناك مواصفات مختلفة أخرى لداء الحركة، فتغير إيقاع وتيرة التنفس الذي يرافقه التنهد والتثاوب يمكن أن يكون من الأعراض المبكرة له وكما يمكن حدوث فرط التهوية Hyperventilation – خاصة لدى أولئك الأشخاص القلقين حول الأمر أو حول عواقب ذلك على عدم مقدرتهم ... فمن الأعراض المسجلة نذكر الطنين Tinnitus والدوخة Dizziness في حين يلاحظ لدى الأشخاص الذين يعانون من وعكة صحية شديدة البلادة (الخمول) Apathy والاكتئاب Depression وقد تكون الوعكة شديدة لدرجة إهمال السلامة الشخصية والنجاة، وقد تكون هذه هي الأعراض الوحيدة في الحالات التي يحدث فيها التأقلم مع حركة غير مألوفة عندما لا تكون هناك وعكة صحية.

- **التكيف (التأقلم)**

إثر التعرض المستمر أو المتكرر لحركة محرضة معينة يبدي معظم الأشخاص انخفاضاً في درجة شدة الأعراض – بشكل نموذجي بعد مضي ثلاثة أو أربعة أيام من التعرض المستمر ( كما هو عليه الحال على متن سفينة أو عربة فضاء) – إذ أنهم يكونون قد تكيفوا مع الحركة ويمكنهم القيام بواجباتهم العادية دون عجز، فمن جهة ما يعرف بنمط عدم التوافق يمثل هذا التكيف أو التعود إنشاء مجموعة جديدة من «التوقعات» في الجملة العصبية المركزية، ولكن لدى العودة إلى البيئة المألوفة لا يبقى مثل ذلك التأقلم مجدياً ويمكن حدوث أعراض داء الحركة من جديد(mal de debarquement) حتى تحدث إعادة التأقلم من جديد. يختلف الأشخاص من حيث سرعة أو معدل التكيف ومن حيث أسلوب الاحتفاظ بالتكيف الحاصل ودرجة تعميم التكيف (أو التأقلم) الوقائي تجاه بيئة حركية إلى أخرى، ولكن لسوء الحظ لا تستطيع نسبة صغيرة من الناس (ربما حوالي 5 %) التكيف مع الحركة أو يكون تكيفهم بطيئاً لدرجة أنهم يستمرون في المعاناة من الإصابة بأعراض داء الحركة طوال فترة التعرض للحركة المؤثرة Provocative Motion.

- **معدل الإصابة بالمرض**

إن معدل الإصابة بداء الحركة في بيئة حركية معينة يتبع لعدد من العوامل، أهمها :

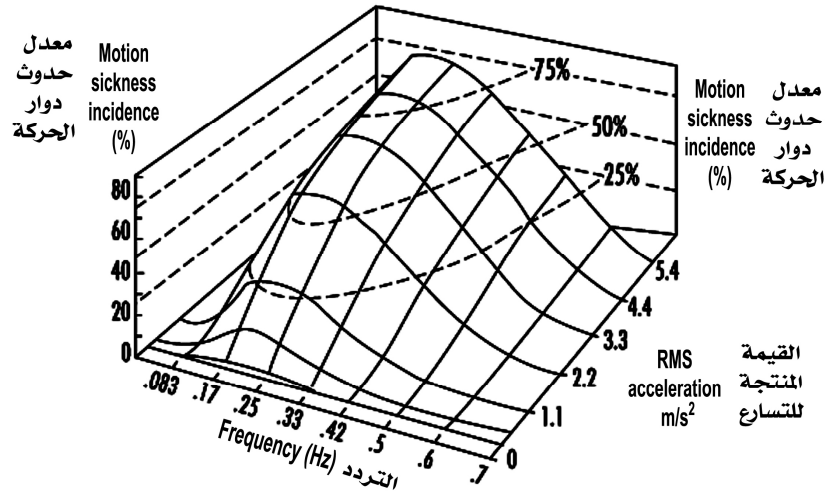
1- الخصائص الفيزيائية للحركة (شدتها – ترددها – اتجاه التأثير).
2- فترة التعرض.
3- الحساسية الداخلية المنشأ لكل شخص.
4- المهمة التي يتم القيام بها.

5- عوامل بيئية أخرى (مثل الرائحة).

ليس بالأمر الغريب أن نجد أن حدوث الدوار يختلف بشكل كبير في مختلف بيئات الحركة، فعلى سبيل المثال سيحدث الإقياء لدى جميع ركاب قوارب النجاة تقريباً، في حين أن (60 %) من الطلبة أعضاء طاقم الطيران يعانون من دوار الهواء في وقت من الأوقات أثناء التدريب وإن (15 %) من تلك الحالات تكون شديدة لدرجة تداخلها مع التدريب، ولكن بالمقابل نجد أن أقل من (0.5 %) من المسافرين بطائرات النقل المرئية يتأثرون فقط رغم أن النسبة أعلى من ذلك لدى ركاب الطائرات الصغيرة الناقلة للعاملين من وإلى أماكن عملهم والتي تطير على ارتفاع منخفض عبر هواء عاصف.

لقد أثبتت الدراسات المخبرية والحقلية أنه من أجل الحركة الاهتزازية الانتقالية الشاقولية (التي يطلق عليها الجيشان) فإن التذبذب عند تردد يقدر بحوالي (0.2 هرتز) هو الأشد تأثيراً كما هو مبين في الشكل رقم (6.50).

**الشكل رقم (6.50): معدل حدوث دوار الحركة كتابع لتردد الموجة وللتسارع لدى التعرض لحركة شاقولية جيبية لمدة ساعتين.**




المصدر: Source: McCauley et al. 1976

يلاحظ أنه من أجل شدة معينة (التسارع الذروي) للاهتزاز فإن معدل حدوث الدوار ينخفض بشدة مع زيادة التردد بعد القيمة (0.2 هرتز)، وهكذا فإن الحركة المهتزة بتردد قدره (1 هرتز) أقل تأثيراً على تحريض الدوار بعشر مرات من الحركات المهتزة بترددات تقل عن (0.2 هرتز) رغم أن العلاقة ما بين التردد

ومعدل حدوث الإصابة غير محددة تماماً حتى الآن بسبب نقص المعطيات والبيانات التجريبية في هذا المجال. على أية حال، إن أية بيئة مستقرة معدومة التردد قيمة الجاذبية فيها (1-G) لا تكون محرضة للإصابة بهذا الداء.

إن العلاقات التي تم إيجادها ما بين معدل حدوث أعراض مرض الحركة وما بين التردد والمدى والمقدار وفترة حركة الجيشان (المحور – Z) أدت إلى تطوير صيغة رياضية بسيطة يمكن استخدامها للتنبؤ بمعدل حدوث هذا الداء عندما تكون المتغيرات والعوامل الفيزيائية معلومة، إن المقصود بهذا المفهوم الموجود ضمناً في المعيار البريطاني «6841» – [BSI-1987] وفي مسودة المعيار الدولي للأيزو «2631-1» هو أن معدل حدوث الأعراض يتناسب طرداً مع ما يعرف باسم «قيمة جرعة دوار الحركة $MSDV_z$» تقاس هذه القيمة بالواحدة «م/ثا$^{1.5}$» وتعرف كما يلي:

$$MSDV_Z = (a^2\ t)^{½}$$

بحيث أن:

a = القيمة المنتجة (r.m.s) للتسارع الموازن ترددياً وواحداته «م/ثا$^2$» ويتم تحديدها عبر التكامل الخطي على مدى زمن التعرض للحركة (t) مقدراً بالثانية (s).

إن المعامل الموازن للتردد (المعدل له) الذي يتم تطبيقه مع تسارع التنبيه هو مرشح فيه تردد المركز وخصائص التوهين يشبهان ما هو مرسوم في الشكل رقم (6.50). إن التابع الخاص بمعامل الوزن معرف بدقة في المعايير.

تعطى النسبة المئوية للأشخاص الذين يتعذر تكيفهم (P) والذين يحتمل أن يتقيؤوا بفضل العلاقة الرياضية التالية:

$$P = 1/3\ MSDV_z$$

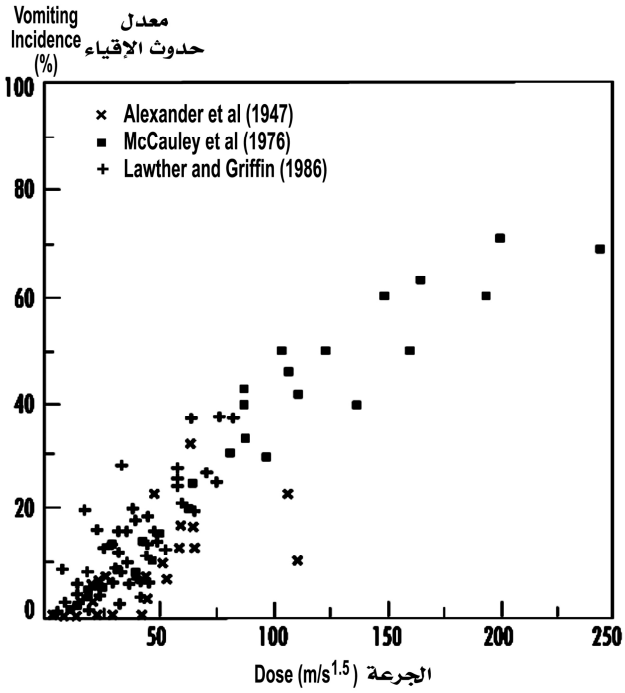
إضافة إلى ذلك، فإنه يمكن استخدام ($MSDV_z$) أيضاً للتنبؤ بسوية الوعكة الصحية (مدى التدهور الصحي)، فعلى مقياس مقسم وفق أربع تدريجات حيث تمثل التدريجة «صفر» شعور الشخص «بأن الأمر مقبول وجيد» بينما تمثل التدريجة «الثالثة» شعوره «بأن الأمر مروع وبغيض للغاية». وفق هذا المقياس فإن ما يسمى بمعدل المرض Illness Rating والذي يرمز له بالرمز (I) يعطى بالعلاقة التالية:

$$I = 0.02\ MSDV_z$$

وبإعطاء فروقات كبيرة بين الأشخاص من حيث درجة حساسيتهم لداء الحركة تكون العلاقة ما بين ($MSDV_z$) وحدوث الإقياء في كل من التجارب المخبرية

والرحلات البحرية الواردة في الشكل رقم (7.50) علاقة مقبولة، ويجب ملاحظة أن الصيغ والعلاقات الرياضية قد طورت انطلاقاً من المعطيات والبيانات التي تم الحصول عليها إثر تعرضات تراوحت ما بين (20) دقيقة إلى (6) ساعات حيث حدثت حالة الإقياء لدى ما يقارب (70 %) من الأشخاص (معظمهم في وضعية الجلوس) الذين تعرضوا لحركة شاقولية جيشائية Vertical Heave Motion.

**الشكل رقم (7.50) العلاقة ما بين معدل حدوث حالة الإقياء والجرعة المنبهة ($MSDV_z$) حيث تمت الحسابات على أساس الطريقة المذكورة في هذا النص. إن الرمز(x) يمثل المعطيات المأخوذة من التجارب المخبرية المتضمنة للاهتزاز الشاقولي، بينما يمثل الرمز (+) تلك المأخوذة من الرحلات البحرية**




إن المعلومات المتوفرة حول تأثير الاهتزازات المنتقلة العاملة وفق محاور أخرى للجسم غير الاتجاه الشاقولي مشتتة، فهناك بعض المعطيات التجريبية المخبرية حول مجموعات صغيرة من الأجسام تثبت أن الاهتزاز المنتقل إلى الجسم عبر مستوى أفقي يملك قوة تحريضية أشد (بحوالي مرتين) من القوة التحريضية

الناجمة عن اهتزاز شاقولي له نفس الشدة والتردد وذلك في حال الأجسام وهي بوضعية الجلوس، لكن يكون الاهتزاز الأفقي أقل شدة تحريضية (أيضاً بمرتين) عندما يكون الجسم في وضعية الاستلقاء الظهري ويعمل المنبه وفق المحور الطولاني للجسم (z)، لذلك يجب الحيطة والحذر لدى تطبيق العلاقات الرياضية ومعاملات الوزن الموجودة في المعايير لدى التنبؤ بمعدلات حدوث داء الحركة وذلك بسبب القيود المذكورة أعلاه.

يعتبر الاختلاف الملحوظ ما بين الأشخاص من حيث استجابتهم تجاه الحركة المتحرضة أحد أهم ميزات داء الحركة، ويمكن أن تعزى الفروق الخاصة بالحساسية الفردية جزئياً إلى عوامل لها علاقة ببنية الجسم، فالرضع الذين تقل أعمارهم كثيراً عن السنتين نادراً ما يتأثرون بالحركة ولكن مع مرور الزمن تزداد الحساسية بسرعة لتصل ذروتها في الفترة من أربع إلى عشر سنوات ولكن بعد ذلك تنخفض الحساسية بشكل مستمر حيث نجد أن المتقدمين في السن قلما يتأثرون بالحركة ولكنهم ليسو منيعين، وجدير بالذكر أن الإناث - مهما تكن الفئة العمرية - أكثر حساسية من الذكور حيث تشير المعطيات الخاصة بمعدلات حدوث هذا الداء أن حساسية الإناث تزيد عن حساسية الذكور في هذا السياق بمعامل قدره (1.7) تقريباً. هذا، ويلاحظ أن أبعاداً أخرى للشخصية (مثل الحالة العصبية والانطوائية ومدى الإدراك الحسي) تؤثر ولو بشكل قليل على مدى قابلية الشخص للإصابة بداء الحركة، وأخيراً يمكن أن يكون هذا الداء بمثابة استجابة مشروطة وعرضاً للقلق الرهابي Phobic Anxiety.

- **الإجراءات الوقائية**

إن الإجراءات والطرق التي تخفف المنبه المحرض للداء أو التي تزيد من قوة التحمل موجودة، وتستطيع مثل تلك الإجراءات منع حدوث الداء لدى نسبة معنية من الناس ولكن الإجراء الوحيد الذي يتمتع بفعالية تامة تؤمن الحماية للجميع هو الانسحاب من بيئة الحركة.

لدى تصميم المركبات فإنه من المفيد الانتباه إلى العوامل التي ترفع التردد وتخفض درجة ومقدرا الاهتزاز (انظر الشكل 6.50) التي يواجهها الركاب خلال عمليات التشغيل الطبيعية، من المفيد مثلاً تزويد المقاعد بمساند للرأس وبوسائل تثبيت مناسبة للجسم تمكن من التقليل من الحركات غير الضرورية للرأس، وتكون الفائدة أكثر عندما يصبح الراكب في وضعية منحرفة (مائلة) أو في وضعية الاستلقاء الظهري. تخف الدوخة عندما نتمكن من إعطاء الراكب منظراً للأفق، فبالنسبة لأولئك الأشخاص المجردين من إمكانية الرؤية الخارجية يمكن تخفيض التضارب البصري/الدهليزي عن طريق إغلاق العينين، ومن الأشياء المفيدة الأخرى الانشغال بمهمة عمل – خاصة مهمة السيطرة أو التحكم بالمركبة، يمكن أن تكون هذه الإجراءات ذات فائدة مباشرة، ولكن الأهم على المدى الطويل هو

تطوير تأقلم وقائي عبر التعرض المستمر والمتكرر لبيئة الحركة، ويمكن تسهيل هذا الأمر عن طريق القيام بتمارين على الأرض حيث يتم عبرها توليد المنبهات المحرضة بتحريك الرأس أثناء الدوران فوق طاولة سريعة الدوران (وهذا ما يسمى بالمعالجة النازعة للإحساسDesensitization Therapy).

هذا، ويوجد هناك عدد من الأدوية التي ترفع من قوة التحمل، لكن لجميعها تأثيرات جانبية (خاصة تأثيرها المسكن) لذلك يجب عدم تناولها من قبل أولئك الأشخاص المسؤولين عن التحكم الأساسي بالمركبة أو عندما يكون المطلوب هو أداء المهام بشكل مثالي. على أية حال، ينصح من أجل الوقاية القصيرة الأمد التي تقل عن أربع ساعات استخدام «سكوبولامين Scopolamine – وهو مركب من هيدروبروم الهايوسين Hyoscine Hydrobromide» بمقدار يتراوح ما بين (0.3 مغ) إلى (0.6 مغ)، أما الأدوية ذات التأثيرات الأطول فهي المضادات الهيستامينية، «برميثازين هيدروكلورايد (25 مغ) Promethazine Hydrochloride» و «ميكلوزين هيدروكلورايد (50 مغ) Meclozine Hydrochloride) و «ديمنهيدرينيت Dimenhydrinate» و «سيناريزين (30 مغ) Cinnarizine»

إن دمج «الهايوسين» أو «البرميثازين» مع (25 مغ) من سلفات الإيفدرين Ephedrine Sulphate يزيد من التأثير الوقائي إلى جانب تخفيض التأثيرات الجانبية بعض الشيء.

بالنسبة للحالات التي تحتاج إلى استمرار القدرة الوقائية لمدة (48) ساعة فإنه يمكن تحقيق ذلك عن طريق ما يسمى برقعة سكوبولامين Scopolamine Patch التي تسمح بامتصاص الدواء بشكل بطيء وبمعدل ثابت مضبوط عبر الجلد، حيث لا تصل تراكيز الدواء في الجسم إلى القيم الفعالة قبل مرور ست أو ثمان ساعات من تطبيق الرقعة المذكورة لذلك لا بد من إدراك الحاجة لمثل هذه المعالجة سلفاً.

- **المعالجة**

يجب تثبيت الأشخاص الذين يعانون من داء (دوار) الحركة الذي يرافقه الإقياء بوضعية يكون فيها المنبه الحركي أصغرياً كلما كان ذلك ممكناً، كما يجب إعطاؤهم دواءً مضاداً لداء الحركة – حيث يفضل استعمال البروميثازين Promethazine عن طريق الحقن.

عندما يدوم الإقياء لفترة طويلة أو عندما يتكرر حدوثه فإنه قد يكون من الضروري القيام بتعويض السوائل والشوارد عن طريق الوريد.

# المراجع

Alexander, SJ, M Cotzin, JB Klee, and GR Wendt. 1947. Studies of motion sickness XVI: The effects upon sickness rates of waves and various frequencies but identical acceleration. *J Exp Psy* 37:440-447.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 1992. Hand-arm (segmental) vibration. In *Threshold Limit Values and Biological Exposures Indices for 1992-1993*. Cincinnati, Ohio: ACGIH.

Bongers, PM and HC Boshuizen. 1990. *Back Disorders and Whole-Body Vibration at Work.* Thesis. Amsterdam: University of Amsterdam.

British Standards Institution (BSI). 1987a. *Measurement and Evaluation of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand.* BS 6842. London: BSI.
-. 1987b. *Measurement and Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Mechanical Vibration and Repeated Shock.* BS 6841. London: BSI.

Council of the European Communities (CEC). 1989. Council Directive of 14 June 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to machinery. *Off J Eur Communities* L 183:9-32.

Council of the European Union. 1994. Amended proposal for a Council Directive on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents. *Off J Eur Communities* C230 (19 August):3-29.

Dupuis, H and G Zerlett. 1986. *The Effects of Whole-Body Vibration.* Berlin: Springer-Verlag.

Griffin, MJ. 1990. *Handbook of Human Vibration.* London: Academic Press.

Hamilton, A. 1918. *A Study of Spastic Anemia in the Hands of Stonecutters.* Industrial Accidents and Hygiene Series no. 19. Bulletin No. 236. Washington, DC: Department of Labor Statistics.

Hasan, J. 1970. Biomedical aspects of low-frequency vibration. *Work Environ Health* 6(1):19-45.

International Organization for Standardization (ISO). 1974. *Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration*. Geneva: ISO.
-. 1985. *Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration. Part 1: General Requirements.* ISO 2631/1. Geneva: ISO.
-. 1986. *Mechanical Vibration-Guidelines for the Measurement and the Assessment of Human Exposure to Hand-Transmitted Vibration.* ISO 5349. Geneva: ISO.
-. 1988. *Hand-Held Portable Power Tools - Measurement of Vibrations at the Handle. Part 1: General.* ISO 8662/1. Geneva: ISO.

ISSA International Section for Research. 1989. *Vibration At Work.* Paris: INRS.

Lawther, A and MJ Griffin. 1986. Prediction of the incidence of motion sickness from the magnitude, frequency and duration of vertical oscillation. *J Acoust Soc Am* 82:957-966.

McCauley, ME, JW Royal, CD Wilie, JF O'Hanlon, and RR Mackie. 1976. *Motion Sickness Incidence: Exploratory Studies of Habituation Pitch and Roll, and the Refinement of a Mathematical Model.* Technical Report No. 1732-2. Golets, Calif: Human Factors Research.

Rumjancev, GI. 1966. Gigiena truda v proizvodstve sbornogo shelezobetona [Occupational hygiene in the production of reinforced concrete]. *Medicina* (Moscow):1-128.

Schmidt, M. 1987. *Die gemeinsame Einwirkung von Larm und Ganzkorpervibration und deren Auswirkungen auf den Hoverlust bei Agrotechnikern. Dissertation A.* Halle, Germany: Landwirtschaftliche Fakultat der Martin-Luther-Universitat.

Seidel, H. 1975. Systematische Darstellung physiologischer Reaktionen auf Ganzkorperschwingungen in vertikaler Richtung (Z-Achse) zur Ermittlung von biologischen Bewertungsparametern. *Ergonom Berichte* 15:18-39.

Seidel, H and R Heide. 1986. Long-term effects of whole-body vibration: A critical survey of the literature. *Int Arch Occup Environ Health* 58:1-26.

Seidel, H, R Bluthner, J Martin, G Menzel, R Panuska, and P Ullsperger. 1992. Effects of isolated and combined exposures to whole-body vibration and noise on auditory-event related brain potentials and psychophysical assessment. *Eur J Appl Physiol Occup Phys* 65:376-382.

Stockholm Workshop 86. 1987. Symptomatology and diagnostic methods in the hand-arm vibration syndrome. *Scand J Work Environ Health* 13:271-388.

## OTHER RELEVANT READINGS

Benson, AJ. 1988. Motion sickness. In *Aviation Medicine*, edited by J Ernsting and P King. London: Butterworths.

Reason, JT and JJ Brand. 1975. *Motion Sickness.* London: Academic Press.