



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲-۲۰۴۶۳

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO

20463-2

1st.Edition

2016

ارتعاش مکانیکی - آستانه‌های درک ارتعاش  
لمسی برای ارزیابی اختلال در کارکرد عصب  
قسمت ۲:

تحلیل و تفسیر اندازه‌ها در نوک انگشتان

**Mechanical vibrations - Vibrotactile  
perception thresholds for the assessment of  
nerve dysfunction**

**Part 2:**

**Analysis and interpretation of  
measurements at the fingertips**

**ICS:13.160**

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد. نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود. پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود. سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی شخصی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل اندازه گیری، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل اندازه گیری، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
" ارتعاش مکانیکی - آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای ارزیابی اختلال در کارکرد عصب  
قسمت ۲: تحلیل و تفسیر اندازه‌ها در نوک انگشتان "

رئیس:

سمت و / یا نمایندگی

طهوری اصل، توحید  
(کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک)

شرکت رایان اسکان خودرو

دبیر:

ابراهیمی، سهیلا  
(کارشناسی فیزیک)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اخپاری، شهاب  
(کارشناسی ارشد فیزیک)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

ایامی، سمیه  
(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)

پارک علم و فناوری استان آذربایجان شرقی

بانان خجسته، مهدی  
(دکتری فیزیوتراپی)

کلینیک بهار آمل

بهراملویان، المیرا  
(کارشناسی تغذیه)

انجمن صنایع غذایی استان آذربایجان شرقی

تقی‌پور صفایی، رویا  
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

شرکت آذر سیوان پارسین

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ممقان

رجیون، مهدی

(دکتری مهندسی پزشکی)

آزمایشگاه همکار آرمان کاوشگران آزمون گستر

رنجبریان، لیلی

(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)

مرکز بهداشت استان آذربایجان شرقی

غفاری، مجتبی

(کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

محبیان، زهرا

(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

درمانگاه جدید شهر سهند

مظلوم بشری، مینا

(کارشناسی علوم آزمایشگاهی)

شرکت ترمه تاوریز آذران

نصیر زنوزی، مونا

(کارشناسی ارشد بیوالکتریک)

مرکز بهداشت استان آذربایجان شرقی

همت جو، یوسف

(کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای)

## ویراستار:

سازمان ملی استاندارد ایران - پژوهشگاه استاندارد

فرجی، رحیم

(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان	
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد	
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد	
و	پیش گفتار	
ر	مقدمه	
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۱	مراجع الزامی	۲
۱	اصطلاحات، تعاریف، نمادها و اصطلاحات اختیاری	۳
۷	طرز عمل آستانه‌های درک ارتعاش لمسی	۴
۷	کلیات	۱-۴
۷	مقادیر میانگین اندازه‌گیری‌های مکرر	۲-۴
۸	تغییرپذیری آزمون/بازآزمون اندازه‌ی آستانه	۳-۴
۸	طرز برخورد بر روی خطاهای حل نشده	۴-۴
۸	طرز برخورد در مورد افزایش مشکوک در تغییرپذیری آزمون/بازآزمون	۵-۴
۹	محاسبه جابه‌جایی آستانه‌ای	۵
۹	کلیات	۱-۵
۹	جابه‌جایی آستانه نسبی	۲-۵
۹	جابه‌جایی آستانه مرجع	۳-۵
۱۰	مقادیر میانگین جابه‌جایی آستانه‌ای	۴-۵
۱۰	تاکتوگرام	۵-۵
۱۲	هم‌خوانی جابه‌جایی‌های آستانه‌ای	۶-۵
۱۲	جابه‌جایی‌های آستانه‌ای گروه گیرنده مکانیکی میانگین	۷-۵
۱۲	تفسیر آستانه‌های درک لمسی و جابه‌جایی‌های آستانه‌ای	۶
۱۲	کلیات	۱-۶
۱۳	خطای اندازه‌گیری ومفهوم آماری VPT های مشاهده شده	۲-۶

۱۴	خطای اندازه‌گیری و مفهوم آماری جابه‌جایی‌های آستانه نسبی	۳-۶
۱۴	آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای اشخاص سالم	۴-۶
۱۵	انحراف از VPT های اشخاص سالم	۵-۶
۱۶	آستانه‌های درک ارتعاش لمسی اشخاص سالم	پیوست الف (اطلاعاتی)
۲۱	مفاهیم جابه‌جایی‌های در آستانه‌های درک ارتعاش لمسی	پیوست ب (اطلاعاتی)
۲۷		کتابنامه

## پیش‌گفتار

استاندارد « ارتعاش مکانیکی - آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای ارزیابی اختلال در کارکرد عصب قسمت ۲: تحلیل و تفسیر اندازه‌ها در نوک انگشتان » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در پانصد و هفتاد و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۵/۰۱/۲۵ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 13091-2: 2003, Mechanical vibration- Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve dysfunction- Part 2- Analysis and interpretation of measurements at the fingertips

تشخیص زود هنگام بیماری‌های عصبی (نوروپاتی)<sup>۱</sup> محیطی در اندام‌های انتهایی فوقانی که گاهی به صورت تغییر در عملکرد حس لامسه ظاهر شده و در آینده باعث تغییر در تیزحسی، گیرنده مکانیکی<sup>۲</sup> می‌شود قابل توجه است. چنین بیماری‌های عصبی می‌توانند در نتیجه بیماری، یا در اثر مواجهه با عوامل شیمیایی، فیزیکی و مواد مخدر در اعصاب ایجاد شوند. با انتخاب مناسب شرایط اندازه‌گیری، همانطور که در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ ارائه شده، می‌توان با استفاده از تحریک درک ارتعاش لمسی در بسامدهای مختلف، پاسخ‌های جداگانه گروه‌های گیرنده مکانیکی تطابق آهسته<sup>۳</sup> نوع ۱ (SAI) و تطابق سریع نوع ۱ و ۲ (FAI و FAII) را تعیین کرد.

در این استاندارد، تحلیل و تفسیر آستانه‌های درک ارتعاش لمسی اندازه‌گیری شده در نوک انگشتان مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ تعریف می‌شود. روش‌های توصیف تغییراتی که از نظر آماری معنی‌دار هستند در آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای موقعیتی که در آن آستانه در یک موقعیت مجزا تعیین می‌شود و نیز زمانی که آستانه بطور مکرر تعیین می‌شود، ارائه شده است.

---

1- Neuropathies  
2- Mechanoreceptor  
3- Slow- adopting



# ارتعاش مکانیکی - آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای ارزیابی اختلال در کارکرد عصب - قسمت ۲: تحلیل و تفسیر اندازه‌ها در نوک‌انگشتان

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌هایی برای تحلیل و تفسیر آستانه‌های درک ارتعاش لمسی و آستانه تغییرات می‌باشد. روش‌هایی برای توصیف تغییرات آماری معنی‌دار در آستانه‌های درک ارتعاش لمسی توصیه می‌شود.

در این استاندارد، برای آستانه‌های درک ارتعاش لمسی تعیین شده در نوک‌انگشتان طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ کاربرد دارد.

مقادیر آستانه‌های درک ارتعاش لمسی اشخاص سالم که برای آستانه‌های تعیین شده مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ قابل اجرا می‌باشند، در پیوست الف است.

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۱۹، ارتعاش و شوک - واژگان

### 2-2 ISO 5805, Mechanical vibration and shock - Human exposure – Vocabulary

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳، ارتعاش مکانیکی - آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای ارزیابی اختلال در کارکرد عصب قسمت ۲: روش‌های اندازه‌گیری در نوک‌انگشتان

## ۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و اصطلاحات اختیاری

### ۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر کاربرد دارد.

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ملی ایران شماره ۴۰۱۹ و ISO 5805 و استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز کاربرد دارد.

۱-۱-۳

بسامد معادل

### Equivalent frequency

بسامد انتخاب شده به عنوان بسامد اندازه‌گیری، وقتی که بسامد در طول زمان اندازه‌گیری درک ارتعاش لمسی تغییر می‌نماید.

۲-۱-۳

شخص سالم

### Healthy person

شخصی که از نظر پزشک واجد شرایط، عاری از علائم یا نشانه‌های بیماری سیستم عصبی (نورولوژی)<sup>۱</sup> محیطی می‌باشد و این نظریه با انجام آزمون‌های علمی و بالینی و آزمون‌های فیزیکی ضروری تأیید شده و این که در معرض هیچ عامل مخدر اعصاب یا ارتعاشی نمی‌باشد.

۳-۱-۳

گروه جمعیتی

### Population group

گروهی از اشخاص که با یک یا چند عامل مشترک تعریف شده‌اند.

مثال: عوامل مشترک که می‌تواند جغرافیا، سن، جنسیت، رژیم غذایی یا شغل باشد.

۴-۱-۳

گیرنده مکانیکی

### Mechonoreceptor

منظور پایانه عصبی مخصوص تبدیل تغییر شکل مکانیکی پوست به ایمپالس‌های عصبی است.

۵-۱-۳

آستانه درک ارتعاش لمسی مخصوص گیرنده مکانیکی

### Mechanoreceptor-specific vibrotactile perception threshold

منظور آستانه درک ارتعاش لمسی که به وسیله محرک، بین گروهی از گیرنده مکانیکی در نقطه تحریک واقع می‌شود.

۶-۱-۳

آستانه درک ارتعاش لمسی

### Vibrotactile perception threshold

میزان شتاب سطح پوست که در آن نرخ پاسخ مثبت ۵۰ درصدی برای شناسایی یک محرک نوسانی با تن خالص<sup>۱</sup> در تابع روان سنجی<sup>۲</sup> وجود دارد.

۷-۱-۳

آستانه درک ارتعاش لمسی خط مبنا

#### **Baseline vibrotactile perception threshold**

منظور آستانه درک ارتعاش لمسی اولیه مورد استفاده برای مقایسه نتایج است.

۸-۱-۳

آستانه درک ارتعاش لمسی مرجع

#### **Reference vibrotactile perception threshold**

منظور مقدار آستانه درک ارتعاش لمسی برای اشخاص سالم است.

۹-۱-۳

جابه‌جایی آستانه‌ای

#### **Threshold shift**

جابه‌جایی آستانه درک ارتعاش لمسی از مقدار خط مبنا تعیین شده قبلی که در طول زمان باقی می‌ماند.

۱۰-۱-۳

جابه‌جایی آستانه‌ای مرجع

#### **Reference threshold shift**

منظور جابه‌جایی پایدار آستانه از آستانه‌ی درک ارتعاش لمسی مرجع مشابه ثبت شده در همان بسامد یا بسامد معادل است.

۱۱-۱-۳

جابه‌جایی آستانه‌ای نسبی

#### **Relative threshold shift**

منظور جابه‌جایی پایدار آستانه از مقدار مشابه ثبت شده قبلی برای همان شخص در همان نوکانگشت و همان بسامد، معادل، با استفاده از همان روش اندازه‌گیری است.

۱۲-۱-۳

الگوریتم روان - فیزیکی

#### **Psychophysical algorithm**

روش اندازه‌گیری که در آن محرک‌های فیزیکی به شخص مورد آزمون ارائه می‌شود تا پاسخ حسی از پیش تعیین شده را فراخواند، مانند مشاهده نشانه‌ای از یک حرکت پوست که از خارج اعمال شده باشد.

---

1- Pure-tone  
2- Psychometric

۱۳-۱-۳

### الگوریتم بالا به پایین

#### Up-down algorithm

روش اندازه‌گیری روان فیزیکی که در آن، با ارائه مجموعه‌ای از محرک‌های کوتاه مدت به شخص مورد آزمون که همگی ثابت ولی دارای شدت متفاوتی هستند، در آستانه معین (افزایشی و کاهش‌ی) تعیین می‌شود.

یادآوری- این روش معمولاً با اعمال مجموعه‌ای از محرک‌ها با شدت فزاینده متوالی به پوست سروکار دارد تا زمانی که شخص مورد آزمون علامت می‌دهد که محرک را شناسایی کرده است (آستانه افزایشی). سپس از شدت محرک‌های متوالی کاسته می‌شود تا زمانی که شخص مورد آزمون علامت دهد که دیگر محرک را احساس نمی‌کند (آستانه کاهش‌ی).

۱۴-۱-۳

### الگوریتم ون بکسی

#### Von Bekesy

روند اندازه‌گیری روان- فیزیکی که در آن یک محرک پیوسته با شدت متغیر که غالباً همراه با تغییر بسامد با زمان می‌باشد (آهنگ لغزنده) برای تعیین آستانه‌های افزایشی و کاهش‌ی متوالی به کار می‌رود.

۱۵-۱-۳

### مقادیر پیش‌بینی شده

#### Predictive value

منظور پیش‌بینی ریسک بیماری یا نشانه‌های آن با استفاده از آزمون عینی از بعضی از خصوصیات یا فعالیت‌های انسانی است.

۱۶-۱-۳

### مقادیر پیش‌بینی شده مثبت

#### Positive predictive value

کسری (یا درصدی) از یک گروه جمعیتی که در آن وجود بیماری یا نشانه‌های آن را می‌توان به‌درستی با استفاده از نتایج مثبت یک آزمون عینی پیش‌بینی کرد.

۱۷-۱-۳

### مقادیر پیش‌بینی شده منفی

#### Negative predictive value

کسری (یا درصدی) از یک گروه جمعیتی که در آن عدم وجود بیماری یا نشانه‌های آن را می‌توان به‌درستی با استفاده از نتایج منفی یک آزمون عینی پیش‌بینی کرد.

۱۸-۱-۳

### ارتباط

#### Association

اندازه‌گیری آماری احتمال یک ویژگی یا عملکرد انسانی مشاهده شده در شخصی که با ویژگی یا عملکرد دیگری به صورت مشترک وجود دارد.

۱۹-۱-۳

### تابع روان سنجی

#### Psychometric Function

تابعی که رابطه بین نسبت یا درصد مقیاس فیزیکی دامنه تحریک و پاسخ‌های مثبتی را بیان می‌کند که نشان می‌دهد تحریک توسط شخص مورد آزمون شناسایی می‌شود.

۲۰-۱-۳

### شاخص حساسیت

#### Sensibility Index

نسبت اختلاف مشاهده شده در آستانه، از خط مبنای ۱۵۰ dB تا میزان مربوط به اشخاص سالم همان گروه سنی از همان خط مبنا که برای هر بسامد سنجی یا بسامد معادل محاسبه می‌شود.

یادآوری- افزایش در آستانه درک لامسه سنج که مرتبط با کاهش تیزحسی است باعث کاهش در شاخص حساسیت از مقادیر واحد برای اشخاص سالم خواهد شد.

۲۱-۱-۳

### تاکتوگرام<sup>۱</sup>

#### Tactogram

منظور نمایش گرافیکی جابه‌جایی‌های آستانه‌ای به عنوان تابعی از بسامد است.

۲۲-۱-۳

### پراب

#### Probe

وسیله‌ای که با آن محرک‌های نوسانی و حرکتی به سطح پوست اتصال می‌یابند.

۲۳-۱-۳

### محاط<sup>۲</sup>

#### Surround

سطح ثابت، صلب و مسطحی که نوک‌انگشتان بر روی آن قرار می‌گیرد و حاوی حفره‌ای است که از بین آن یک پراب با سطح پوست تماس می‌یابد.

---

1- Tactogram

2- Surround

### ۲-۳ نمادها و اصطلاحات اختصاری

نمادها و اصطلاحات اختصاری زیر طبق جدول زیر در این استاندارد بهکار رفته است:

تطابق سریع، گیرنده‌های مکانیکی نوع (۱)	FAI
تطابق سریع، گیرنده‌های مکانیکی نوع (۲)	FAII
تعداد اشخاص مورد آزمون	$N$
تعداد انگشتان	$N_F$
احتمال	$P$
تطابق آهسته، گیرنده‌های مکانیکی نوع (۱)	SAI
پارامتر توزیع گاوسی برای $T(f_j)$ در بسامد $f_j$	$s(f_j)$
آستانه درک ارتعاش لمسی خط مبنا در بسامد $f_j$	$T(f_j)_{base}$
آستانه درک ارتعاش لمسی $\dot{a}_m$ در بسامد $f_j$	$T(f_j)_i$
آستانه درک ارتعاش لمسی میانگین در بسامد $f_j$	$T(f_j)_m$
آستانه درک ارتعاش لمسی مشاهده شده در بسامد $f_j$	$T(f_j)_{obs}$
آستانه درک ارتعاش لمسی مرجع در بسامد $f_j$	$T(f_j)_{ref}$
آستانه درک ارتعاش لمسی مرجع میانگین در بسامد $f_j$	$T(f_j)_{ref, m}$
تغییرپذیری آزمون/بازآزمایی	$V$
آستانه درک ارتعاش لمسی (ارتعاش لمسی)	VPT
جابه‌جایی آستانه مرجع در بسامد $f_j$	$\Delta T(f_j)_{ref}$
جابه‌جایی آستانه مرجع $\dot{a}_m$ در بسامد $f_j$	$\Delta T(f_j)_{ref, i}$
جابه‌جایی آستانه مرجع میانگین در بسامد $f_j$	$\Delta T(f_j)_{ref, m}$
جابه‌جایی آستانه نسبی در بسامد $f_j$	$\Delta T(f_j)_{rel}$
جابه‌جایی آستانه نسبی $\dot{a}_m$ در بسامد $f_j$	$\Delta T(f_j)_{rel, i}$
جابه‌جایی آستانه نسبی میانگین در بسامد $f_j$	$\Delta T(f_j)_{rel, m}$

**یادآوری-** در نمایی که از حرف بزرگ  $T$  استفاده شده به آستانه‌های بیان شده در دسی بل ( $10^{-6} \text{ m/s}^2$ ) اشاره می‌کنند. آستانه معادل بیان شده در متر بر مجذور ثانیه ( $\text{m/s}^2$ ) با نماد و حرف کوچک  $t$  ارائه شده است.

## ۴ طرز برخورد<sup>۱</sup> با آستانه‌های درک ارتعاش لمسی

### ۱-۴ کلیات

اطلاعات مورد نیاز برای گزارش، تحلیل و تفسیر VPTها<sup>۲</sup> مطابق با مشخصات استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۶۳-۱ در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳، بند ۷ مشخص شده است. VPTهای شخص مورد آزمون معمولاً در یک موقعیت منفرد سنجیده می‌شود. برای اینکه تغییرپذیری مورد انتظار در VPTها قابل تفسیر باشد، در صورت نیاز به تکرار اندازه‌گیری باید موقعیت دیگری (مثلاً یک روز متفاوت) مشخص گردد.

دو وضعیت در این استاندارد در نظر گرفته شده است. اگر VPT شخص مورد آزمون به طور مکرر در همان نوک‌انگشت در یک دوره چند روزه تعیین شود در این صورت تغییرپذیری آزمون/بازآزمون قابل اعمال به مقادیر میانگین VPTهای مشاهده شده، که با دسی بل بیان شده، باید انحراف معیار محاسبه شده از VPTهای مشاهده شده (به دسی بل) باشد. در غیر این صورت، در شرایطی که امکان محاسبه انحراف معیار معنی‌دار از اندازه‌گیری‌های انجام شده وجود نداشته باشد (مثلاً زمانی که فقط یک مورد اندازه‌گیری از VPT شخص وجود دارد) در این حالت تغییرپذیری آزمون/بازآزمون VPT مشاهده شده باید برای روش اندازه‌گیری بکار رفته، برآورد شود. برآورد باید براساس اندازه‌گیری‌های مکرر انجام شده بر روی اشخاص سالم و با استفاده از همان روش اندازه‌گیری باشد.

### ۲-۴ مقادیر میانگین اندازه‌گیری‌های مکرر

اگر VPT در یک بسامد تحریک معین یا بسامد هم ارز  $f_j$  به‌طور مکرر در یک نوک‌انگشت و مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ تعیین شود در این صورت مقادیر میانگین VPT باید به صورت میانگین VPTهای مشاهده شده (در دسی بل) محاسبه شود ( $\text{ref. } 10^{-6} \text{ m/s}^2$ ) یعنی به صورت زیر:

$$T(f_j)_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T(f_j)_i \quad (1)$$

که در آن  $T(f_j)_M$  میانگین اندازه‌گیری‌های مکرر  $n$  بیان شده در دسی بل می‌باشد ( $\text{ref. } 10^{-6} \text{ m/s}^2$ ).

یادآوری - VPT میانگین محاسبه شده از میانگین حسابی VPTهای مشاهده شده در واحد دسی بل ( $\text{ref. } 10^{-6} \text{ m/s}^2$ )، مانند معادله ۱، معادل با میانگین هندسی VPTهای مشاهده شده در واحد متر بر مجذور ثانیه می‌باشد.

1- Treatment

2- Vibrotactile perception threshold

#### ۳-۴ تغییرپذیری آزمون / بازآزمون اندازه‌ی آستانه

اگر VPT به طور مکرر در همان نوک‌انگشت شخص مورد آزمون در موقعیت‌های جداگانه (مثلا در روزهای مختلف) تعیین شود. در این صورت باید تغییرپذیری آزمون/بازآزمون میان شخصی در آستانه، برای این شخص، محاسبه گردد. تغییرپذیری آزمون/بازآزمون،  $V$ ، که با اندازه‌گیری‌های مکرر تعیین می‌شود باید در واحد دسی بل بیان شود همانطور که انحراف معیار از مقدار میانگین یا میانگین VPTsها در واحد دسی بل بیان می‌شود. اگر  $T(f_j)_i$  VPTsها که با اندازه‌گیری‌های مکرر در بسامد تحریک معینی یا بسامد معادل  $f_j$  تعیین شده در واحد دسی بل ( $10^{-6} \text{ m/s}^2$ ) بیان شود در آنگاه، داریم:

$$V = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (T(f_j)_i - T(f_j)_M)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

که در آن  $T(f_j)_M$  میانگین  $n$  اندازه‌گیری‌های تکرار شده بر حسب dB ( $10^{-6} \text{ m/s}^2$ ) است.

تحت شرایطی که محاسبه انحراف استاندارد معنی‌دار برای یک فرد مورد آزمون (برای مثال، وقتی یک اندازه‌گیری تکی از VPT فرد مورد آزمون به دست آمده است) ممکن نباشد، به‌نابراین تغییرپذیری آزمون/بازآزمون VPT مشاهده شده، باید برای روش اندازه‌گیری استفاده شده، برآورده شود. این برآورده باید از انحراف استاندارد VPT تعیین شده در نوک‌انگشت فرد سالم که از روش اندازه‌گیری مشابه استفاده می‌کند، به دست آید. انحراف استاندارد باید مبتنی بر ۱۰ اندازه‌گیری از VPT که در شرایط مستقل و جدا (۱۰ روز متفاوت) به دست آمده باشند. اندازه‌گیری‌ها باید طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ انجام گیرد و انحراف استاندارد که به dB بیان شده بود باید از VPTهای مشاهده شده که در معادله ۲ بر حسب dB بیان شده بود، محاسبه شود.

میانگین حسابی انحراف استاندارد که با توجه به ۳ یا افراد سالک بیشتری به بسامد معادل داده شده، ثبت شده است، باید به‌عنوان تخمینی برای تنوع آزمون/بازآزمون بین افراد در همان بسامد و بسامد معادل، استفاده شود.

تغییرات هورمونی نرمال در طول عادت ماهانه باعث ایجاد تغییراتی تا ۲۰ dB در آستانه‌های گیرنده FAII زنان می‌شود. به‌هنگام برآورد تغییرپذیری آزمون/بازآزمون برای آستانه‌های FAII زنان یعنی برای VPTها در بسامدهای اندازه‌گیری ۱۰۰ Hz، ۱۲۵ Hz و ۱۶۰ Hz. این جابه‌جایی آستانه در عادت ماهانه باید در نظر گرفته شود. جابه‌جایی‌های آستانه‌ای چند روز قبل و بعد از تخمک‌گذاری روی می‌دهد.

#### ۴-۴ طرز برخورد بر روی خطاهای حل نشده

در بعضی از شرایط، آزمون‌گر ممکن است معتقد باشد که خطاهای حل نشده‌ای در طول اندازه‌گیری‌های آستانه‌ای صورت گرفته است. همچنین، ممکن است خطاها با انجام اندازه‌گیری بر روی محل معیوب پوست به‌وجود آمده باشد (همان‌طور که در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ توصیف شده است).



در چنین وضعیت‌هایی، تحلیل و تفسیر VPT‌ها با استفاده از روش‌ها و روندهای موجود در این استاندارد فقط زمانی امکان‌پذیر است که اطلاعات اضافی کسب شود. در صورتی که اطمینان حاصل شود که با اندازه‌گیری‌های بیشتر به VPT‌های معتبرتری دست خواهد آمد در این صورت باید اندازه‌گیری‌های مجموعه دوم را طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ انجام شود. مجموعه دوم VPT‌ها باید طوری که در این استاندارد توصیف شده است، مورد اندازه‌گیری قرار گیرد.

**یادآوری-** اگر در یک محل مجزا اندازه‌گیری، VPT‌ها در دو یا چند بسامد یا بسامدهای معادل تعیین شوند و با همان گروه گیرنده مکانیکی سر و کار داشته باشند در این صورت پایداری و هم‌خوانی جابه‌جایی‌های آستانه‌ای که بر حسب مقررات زیربند ۵-۶ محاسبه شده بررسی شود تا وجود خطاها تأیید گردد.

#### ۵-۴ عملیات در مورد افزایش مشکوک در تغییرپذیری آزمون / بازآزمون

در بعضی از شرایط، ممکن است آزمون‌گر معتقد باشد که تغییرپذیری آزمون / بازآزمون قابل اعمال به روش اندازه‌گیری بر روی یک شخص مورد آزمون قابل اجرا نیست. این نظریه ممکن است براساس عدم همخوانی در تعیین آستانه‌های افزایشی و کاهش‌ی توصیف شده در زیربند ۶-۳ و استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ یا اطلاعات دیگر باشد.

در چنین وضعیت‌هایی، تحلیل و تفسیر VPT‌ها با استفاده از روش‌های موجود در این استاندارد فقط در صورتی امکان‌پذیر است که تغییرپذیری قابل اعمال به شخص مورد آزمون قرار گرفته تثبیت گردد. تغییرپذیری آزمون / بازآزمون ویژه شخص مورد آزمون با انجام اندازه‌گیری‌های آستانه‌ای مکرر بر روی شخص مطابق زیر بند ۴-۳ تثبیت می‌شود.

### ۵ محاسبه جابه‌جایی آستانه‌ای

#### ۱-۵ کلیات

با محاسبه تغییرات در آستانه مشاهده شده از یک مقادیر پیش تعریف شده، تفسیر VPT‌ها آسان شده است. محاسبه جابه‌جایی آستانه‌ای باید برای هر بسامد یا بسامد معادل و نوک‌انگشتی که در آن VPT‌ها مطابق بند ۴ به دست آمده‌اند، انجام شود.

#### ۲-۵ جابه‌جایی آستانه نسبی

جابه‌جایی آستانه نسبی باید به صورت تفاوت میان دو مقادیر VPT بیان شده به دسی بل ( $10^{-6} \text{ m/s}^2$ ) یا نسبت دو مقادیر VPT بیان شده بر حسب متر بر مجذور ثانیه محاسبه می‌شود که یکی از این دو مقادیر عبارت از VPT مشاهده شده و دیگری VPT خط مبنا می‌باشد. دو VPT باید با استفاده از همان نوک‌انگشت شخص مورد آزمون و همان روش اندازه‌گیری، بسامد اندازه‌گیری با بسامد معادل به دست آید. جابه‌جایی آستانه نسبی،  $\Delta T(f_j)_M$ ، در بسامد  $f_j$  باید به دسی بل بیان شود و در هر بسامد اندازه‌گیری یا بسامد هم‌ارز مقادیر به صورت زیر محاسبه شود:

$$\Delta T(f_j)_{rel} = T(f_j)_{obs} - T(f_j)_{base} \quad (۳)$$

که در آن VPT مشاهده شده در بسامد  $T(f_j)_{obs}$ ، و VPT خط مبنا در همان بسامد یا بسامد معادل،  $T(f_j)_{base}$  به دسی بل بیان می‌شود (ref.  $10^{-6} \text{ m/s}^2$ ).

عبارت معادل برای جابه‌جایی آستانه نسبی از آستانه‌های بیان شده بر حسب متر بر مجذور ثانیه محاسبه می‌شود:

$$\Delta T(f_j)_{rel} = 20 \lg \left[ t(f_j)_{obs} / t(f_j)_{base} \right] \quad (4)$$

یادآوری- محاسبات جابه‌جایی‌های آستانه نسبی، شناسایی الگوهای جابه‌جایی تیزحسی لامسه محرک شخص را آسان می‌کند. ثابت شده که تعیین جابه‌جایی‌های آستانه نسبی در موقعیت‌هایی که در آن یک فرآیند پاتولوژیکی<sup>۱</sup> در شخص در یک دوره زمانی صورت گرفته، مفید می‌باشد. در چنین شرایطی، VPT خط مبنا معمولاً همان VPT اصلی ثبت شده شخص می‌باشد.

### ۳-۵ جابه‌جایی آستانه مرجع

جابه‌جایی آستانه مرجع باید به صورت تفاوت بین مقادیر VPT مشاهده شده و مرجع محاسبه شود که هر دو به دسی بل (ref.  $10^{-6} \text{ m/s}^2$ ) بیان می‌شود و یا نسبت دو مقادیر VPT بر حسب متر بر مجذور ثانیه بیان می‌شود. جابه‌جایی آستانه مرجع،  $\Delta T(f_j)_{ref}$ ، در بسامد  $f_j$  باید به دسی بل بیان شود و در هر زمان بسامد اندازه‌گیری یا بسامد معادل به صورت زیر محاسبه شود:

$$\Delta T(f_j)_{rel} = T(f_j)_{obs} - T(f_j)_{ref} \quad (5)$$

که در آن VPT مشاهده شده در بسامد  $T(f_j)_{obs}$ ، و VPT خط مبنا در همان بسامد یا بسامد معادل،  $T(f_j)_{ref}$  به دسی بل بیان می‌شود (ref.  $10^{-6} \text{ m/s}^2$ ).

عبارت معادل برای جابه‌جایی آستانه مرجع از آستانه‌های بیان شده بر حسب متر بر مجذور ثانیه محاسبه می‌شود:

$$\Delta T(f_j)_{ref} = 20 \lg \left[ t(f_j)_{obs} / t(f_j)_{ref} \right] \quad (6)$$

یادآوری- محاسبات جابه‌جایی‌های آستانه مرجع، شناسایی الگوهای ناهنجاری لامسه را که بر حسب تغییرات گیرنده مکانیکی یا عملکرد عصب قابل تفسیر می‌باشند، تسهیل می‌کند. ارتباط میان جابه‌جایی‌های آستانه مرجع و گزارش‌های مربوط به نشانه‌های بیماری مشخص شده است. جابه‌جایی‌های آستانه مرجع مجاز است مرتبط با بیماری‌های عصب (نوروپاتی) موثر بر بازوها و پاها باشد.

#### ۴-۵ مقادیر میانگین جابه‌جایی آستانه‌ای

اگر جابه‌جایی آستانه‌ای برای یک بسامد تحریک داده شده باشد یا بسامد معادل، به دفعات در یک نوک‌انگشت و تحت شرایطی تعیین شود که انتظار جابه‌جایی وجود ندارد، در این صورت مقدار میانگین حسابی جابه‌جایی آستانه نسبی یا مرجع باید از جابه‌جایی‌های آستانه‌ای بیان شده به دسی بل محاسبه گردد. جابه‌جایی آستانه نسبی میانگین در بسامد ( $f_j$ ) که به دسی بل بیان می‌شود به صورت زیر است:

$$\Delta T (f_j)_{rel, M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta T (f_j)_{rel, i} \quad (7)$$

و جابه‌جایی آستانه مرجع میانگین در بسامد  $f_j$  که به دسی بل بیان می‌شود به صورت زیر می‌باشد:

$$\Delta T (f_j)_{ref, M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta T (f_j)_{ref, i} \quad (8)$$

#### ۵-۵ تاکتوگرام

همان‌طور که (در شکل ۱ نشان داده شده است) تاکتوگرام شامل یک نمودار لگاریتمی از بسامد یا بسامد معادل در محور افقی و جابه‌جایی آستانه‌ای بیان شده بر حسب دسی بل بر روی محور عمودی می‌باشد. جابه‌جایی آستانه‌ای ممکن است از ۲۰dB- الی ۶۰dB تغییر کند. محدوده‌ی بسامد که در آن آستانه‌ها با گروه‌های گیرنده مکانیکی مختلف ارتباط دارند، ممکن است نشان داده شود.

**یادآوری ۱-** محدوده‌های بسامدی که در آن VPTها براساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ تعیین می‌شوند با گروه‌های گیرنده مکانیکی SAI، FAI یا FAII فهرست شده در جدول ۳ به استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ مرتبط می‌باشند.

تاکتوگرام ممکن است برای انگشتان، دست‌ها، اشخاص یا گروهی از اشخاص مورد آزمون منحصر به فرد ساخته شود و مقادیر قابل اجرای جابه‌جایی‌های آستانه‌ای نسبی یا مرجع باید به صورت عرضی ترسیم شود. مقادیر در بسامدهای مختلف یا بسامدهای معادل، برای انگشتان، دست‌ها، اشخاص یا گروهی از اشخاص مورد آزمون منحصر به فرد، مجاز است با خطوط متصل شوند.

اگر تاکتوگرام برای یک یا هر دو دست یک شخص باشد در این صورت جابه‌جایی‌های آستانه‌ای برای انگشتان شخص باید با علائم مختلف شناسایی شود. جابه‌جایی‌های آستانه‌ای برای انگشتان دست راست بهتر است با دایره و برای انگشتان چپ با مربع نشان داده شود.

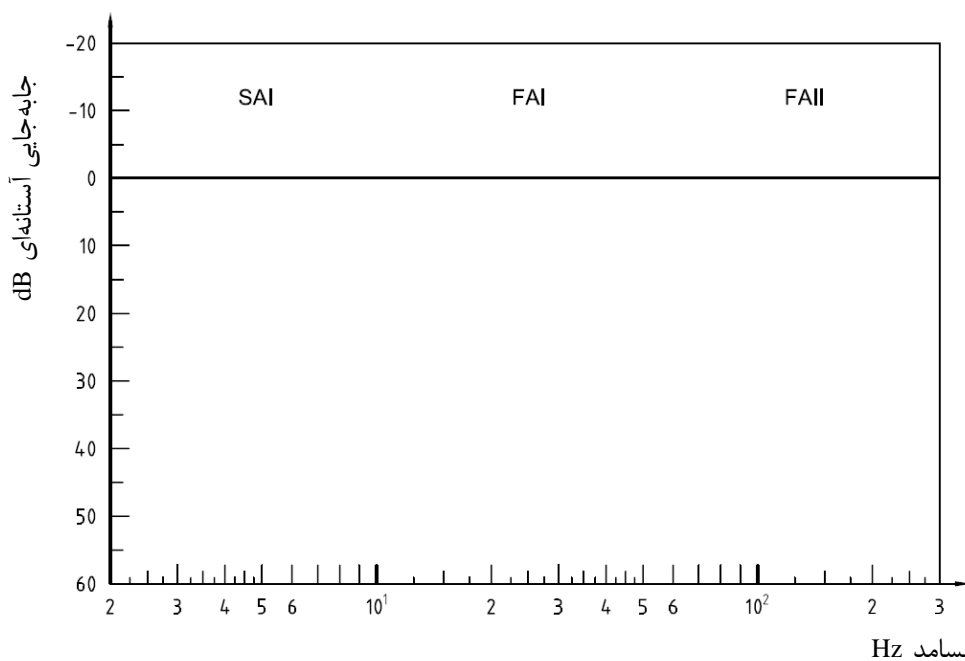
**یادآوری ۲-** ممکن است نشان دادن انگشت با یک عدد یا با علائم رنگی راحت‌تر باشد. انگشتان به صورت زیر عددگذاری می‌شوند:

- عدد ۱، انگشت نشانه؛

- عدد ۲، انگشت میانی؛

- عدد ۳، انگشت انگشتری؛

- عدد ۴، انگشت کوچک؛



شکل ۱- تاکتوگرام

#### ۶-۵ هم‌خوانی جابه‌جایی‌های آستانه‌ای

اگر VPT‌ها در یک محل اندازه‌گیری منفرد در بیش از یک بسامد یا بسامد هم مقادیر مرتبط با یک گروه گیرنده مکانیکی و مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ تعیین شده باشند در این صورت باید هم‌خوانی جابه‌جایی‌های آستانه‌ای نسبی یا مرجع مورد بررسی قرار گیرد. هم‌خوانی با اختلاف بین جابه‌جایی‌های آستانه نسبی یا مرجع برای بسامدها یا بسامدهای هم مقادیر در واحد دسی بل بیان می‌شود که در آن VPT‌ها با یک گروه گیرنده مکانیکی مجزا مرتبط می‌باشند. (به استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳، جدول ۳ مراجعه شود).

در وضعیت‌هایی که در آن VPT‌های خارج از گستره مقادیر مورد انتظار برای اشخاص سالم تعریف شده در زیر بند ۵-۶ فقط در یک گروه گیرنده مکانیکی در محل اندازه‌گیری یافت شوند، ممکن است هم‌خوانی کاهش یابد. تحت این شرایط، امکان دارد که آستانه‌هایی که در بعضی از بسامدها به‌طور نرمال با این گروه مرتبط می‌باشند با VPT‌های داخل محدوده مقادیر مورد انتظار برای اشخاص سالم با گروه گیرنده دیگری نیز مرتبط باشند.

**یادآوری-** محاسبات هم‌خوانی بین جابه‌جایی‌های آستانه‌ای خاص گیرنده مکانیکی تعیین شده مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ شناسایی خطاها را در عملکرد شخص آزمایش شونده آسان می‌کند. جابه‌جایی‌های آستانه‌ای مرتبط با همان گروه گیرنده که بدون خطا می‌باشند، یکسان خواهد بود.

## ۷-۵ جابه‌جایی‌های آستانه‌ای گروه گیرنده مکانیکی میانگین

اگر VPTها در یک محل اندازه‌گیری مجزا در بیش از یک بسامد یا بسامد هم مقادیر مرتبط با گروه گیرنده مکانیکی معین مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۶۳-۱ تعیین شده باشند در این صورت جابه‌جایی آستانه نسبی و مرجع مجاز است برحسب جابه‌جایی آستانه‌ای گروه گیرنده مکانیکی میانگین بیان شود. جابه‌جایی آستانه‌ای گروه گیرنده مکانیکی میانگین عبارت از میانگین حسابی جابه‌جایی‌های آستانه‌ای نسبی و مرجع در واحد دسی بل برای همه بسامدها یا بسامدهای هم مقادیر می‌باشد که در آن VPTها با یک گروه گیرنده مکانیکی مجزا مرتبط می‌باشند. بسامدهای اندازه‌گیری مجاز در استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۶۳-۱ جدول ۳ ارائه شده است. جابه‌جایی‌های آستانه‌ای گروه گیرنده مکانیکی میانگین باید در واحد دسی بل بیان شود.

جابه‌جایی آستانه‌ای نسبی میانگین برای یک گروه گیرنده مکانیکی معین،  $\Delta T(f_j)_{rel,M}$ ، به صورت زیر می‌باشد:

$$\Delta T(f_j)_{rel,M} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \Delta T(f_j)_{rel} \quad (9)$$

که در آن عملگر جمع، روی  $m$  بسامد یا بسامدهای معادل می‌باشد که در آن آستانه، توسط گروه گیرنده مرتبط می‌باشد.

جابه‌جایی آستانه‌ای مرجع میانگین برای یک گروه گیرنده مکانیکی معین،  $\Delta T(f_j)_{ref,M}$ ، به صورت زیر می‌باشد:

$$\Delta T(f_j)_{ref,M} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \Delta T(f_j)_{ref} \quad (10)$$

که در آن عملگر جمع<sup>۱</sup>، روی  $m$  بسامد یا بسامدهای معادل می‌باشد که در آن آستانه، توسط گروه گیرنده مرتبط می‌باشد.

جابه‌جایی آستانه‌ای مرجع میانگین برای یک گروه گیرنده مکانیکی معین،  $\Delta T(f_j)_{rel,M}$ ، به صورت زیر می‌باشد:

در وضعیت‌هایی که در آن VPT های خارج از محدوده‌ی مقادیر مورد انتظار برای اشخاص سالم تعریف شده در زیربند ۶-۵، فقط در یک گروه گیرنده مکانیکی در محل اندازه‌گیری یافت می‌شوند، این روند بهتر است با احتیاط انجام گیرد. تحت این شرایط، امکان دارد که آستانه‌هایی که در بعضی از بسامدها به‌طور نرمال با این گروه مرتبط می‌باشند یا VPT های داخل محدوده مقادیر مورد انتظار برای اشخاص سالم با گروه گیرنده دیگری نیز مرتبط باشند.

یادآوری- محاسبه جابه‌جایی آستانه‌ای خاص گیرنده مکانیکی میانگین، شناسایی جابه‌جایی‌های کوچک را در گیرنده، مکانیکی و در نتیجه تیزحسی لامسه را آسان می‌کند.

## ۶ تفسیر آستانه‌های درک لمسی و جابه‌جایی‌های آستانه‌ای

### ۱-۶ کلیات

مقادیر VPT ها و جابه‌جایی‌های آستانه‌ای در نوک‌انگشتان، اطلاعاتی درباره عملکرد عصب حسی محیطی در انگشت، دست و بازوی اندام مورد بررسی فراهم می‌سازد. دامنه جابه‌جایی‌های در آستانه مجاز است به یکی از روش‌های زیر که در زیربندهای ۶-۲ تا ۶-۵ اشاره شده، گزارش شود.

### ۲-۶ خطای اندازه‌گیری و مفهوم آماری VPT های مشاهده شده

اگر VPT در یک نوک‌انگشت به تکرار مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ تعیین گردد، بنابراین خطای اندازه‌گیری قابل اعمال به مقادیر میانگین VPT های مشاهده شده بر حسب دسی بل باید انحراف محاسبه شده بر حسب معادله ۲ از VPT های مشاهده شده بر حسب دسی بل بیان شود.

در شرایطی که امکان محاسبه انحراف معیار معنادار وجود ندارد (مثلاً اگر VPT در یک نوک‌انگشت فقط در یک موقعیت تعیین شده باشد) در این صورت خطای اندازه‌گیری مفروض قابل اعمال به VPT مشاهده شده باید تغییرپذیری آزمون/ بازآزمون برآورده شده برای روش اندازه‌گیری مطابق با زیربند ۴-۳ باشد و باید مانند انحراف معیار قابل اعمال به VPT مشاهده شده، در واحد دسی بل بیان شود و باید برای تحلیل آماری مورد استفاده قرار گیرد.

### ۳-۶ خطای اندازه‌گیری و معناداری آماری جابه‌جایی‌های آستانه نسبی

اگر جابه‌جایی آستانه نسبی در یک نوک‌انگشت به کرات تعیین شود، در این صورت خطای اندازه‌گیری قابل اعمال به میانگین مقدار جابه‌جایی‌های آستانه‌ی نسبی، انحراف معیار خواهد بود بر حسب دسی بل بیان شود و از جابه‌جایی‌های آستانه نسبی مشاهده شده محاسبه می‌گردد.

اگر جابه‌جایی آستانه نسبی در نوک‌انگشت فقط یک‌بار تعیین شده باشد یعنی از دو مقادیر VPT به‌دست آمده باشد در این‌صورت خطای اندازه‌گیری قابل اعمال به مقادیر مشاهده شده جابه‌جایی آستانه نسبی باید  $1/414$  برابر تغییرپذیری آزمون/ بازآزمون برآورد شده برای روش اندازه‌گیری بر حسب مقررات زیربند ۳-۴ باشد و باید مانند انحراف معیار قابل اعمال به جابه‌جایی آستانه نسبی مشاهده شده در واحد دسی بل بیان شود و بهتر است برای تحلیل‌های آماری به‌کار رود.

#### ۴-۶ آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای اشخاص سالم

اغلب مقایسه VPT‌های مشاهده شده در نوک‌انگشتان یک شخص با VPT‌های گروه جمعیتی مرجع حاوی اشخاص سالم لازم است. مقادیر VPT برای افراد سالم در سن ۳۰ سالگی در پیوست الف در واحد دسی بل ( $10^{-6} \text{ m/s}^2$ ) و در واحد متر بر مجذور ثانیه ارائه شده است. مقادیر برحسب ۲/۵، ۱۵، ۵۰ (مقادیر میانگین)، ۸۵٪ و ۹۷/۵٪ گروه جمعیتی برای هر بسامد تحریک یا بسامد معادل تعیین شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ بیان شده است. آستانه‌ها وقتی در واحد دسی بل بیان می‌شوند، با توزیع گاوسی تقریب زده می‌شوند.

مقادیر موجود در پیوست الف ممکن است برای تفسیر VPT‌های تعیین شده مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ به‌کار روند. مقادیر مثبت ۵۰ درصدی را باید به عنوان آستانه‌های مرجع برای محاسبه و تفسیر جابه‌جایی‌های آستانه مرجع، مثلاً برای عبارت  $T(f_j)_{ref}$  در معادله ۵، و برای  $T(f_j)_{ref}$  در معادله ۶ به‌کار برد.

**یادآوری ۱-** VPT‌های میانگین اشخاص سالم نسبت به سن، با تقریب، ۰/۰۳ dB در سال در بسامدهای مرتبط با گیرنده‌های SAI، با تقریب ۰/۰۸ dB در سال در بسامدهای مرتبط با گیرنده‌های FAI، و از ۰/۲۵ dB در سال تا ۰/۳۵ dB در سال در بسامدهای مرتبط با گیرنده‌های FAII افزایش می‌یابد.

**یادآوری ۲-** در مطالعات اپیدمیولوژیکی<sup>۱</sup>، VPT‌های مورد استفاده برای گروه جمعیتی مرجع ممکن است از یک گروه کنترل مشتق شده باشد.

## ۵-۶ انحراف از VPT های اشخاص سالم

انحراف از VPT های اشخاص سالم و جابه‌جایی‌های آستانه مرجع باید برحسب احتمال انحراف مشاهده شده از مقدار میانگین برای اشخاص سالم ارزیابی شود. خطاهای اندازه‌گیری مرتبط با VPT های مشاهده شده مطابق با بند ۶-۲ تعیین می‌شود. هیچ خطای اندازه‌گیری مرتبط با آستانه‌های درک ارتعاش لمسی مرجع میانگین تعیین شده برای اشخاص سالم وجود ندارد.

مقادیر آستانه‌ای با ۲/۵٪ و ۹۷/۵٪ برای اشخاص سالم ارائه شده در پیوست الف مجاز است به عنوان حدود فوقانی و تحتانی برای مقادیر مورد انتظار بدست آمده از یک شخص با استفاده از یک روش اندازه‌گیری مبتنی بر مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۱-۴۶۳-۲۰ در نظر گرفت. مقادیر مشاهده شده VPT ها را که کمتر از موارد تجربه شده با ۲/۵٪ یا بیشتر از موارد تجربه شده با ۹۷/۵٪ اشخاص سالم می‌باشند بهتر است در خارج از گستره مقادیر مورد انتظار مورد توجه قرار داد. همچنین مقادیر مشاهده شده جابه‌جایی آستانه مرجع بیش از جابه‌جایی آستانه مرجع تجربه شده با ۲/۵٪ و یا ۹۷/۵٪ اشخاص سالم را بهتر است در خارج از محدوده مقادیر مورد انتظار مورد رسیدگی قرار داد.

**یادآوری-** برای یک شخص، احتمال یک انحراف معین در آستانه، از مقادیر میانگین برای اشخاص سالم، یا جابه‌جایی آستانه مرجع، به طور ضروری مطابق با مقادیر پیش‌بینی شده مثبت یا منفی برای یک نشانه بیماری، اختلال یا بی‌نظمی مرتبط با اختلال در عصب حسی محیطی نیست.

## ۶-۶ مفاهیم فیزیولوژیکی و بالینی تغییرات VPT ها

مفاهیم فیزیولوژیکی، عملکردی و بالینی جابه‌جایی‌های آستانه‌ای در پیوست ب توصیف شده است.

درک ارتعاش لمسی مجاز است به عنوان یک آزمون عینی برای شناسایی بیماری‌های عصبی محیطی عمومی یا موضعی ناشی از بیماری و یا از قرار گرفتن در معرض عوامل فیزیکی و شیمیایی مخدر اعصاب به کار رود. زمانی که VPT ها در بسامدهای تحریک مختلف یا بسامدهای هم مقادیر تعیین می‌شوند، محاسبه شاخص حساسیت‌پذیری یا رسم یک تاکتوگرام مجاز است در تفسیر نتایج، مفید باشد. ممکن است به دفعات اندازه‌گیری جابه‌جایی آستانه نسبی در شرایطی که در یک فرآیند پاتولوژیکی یا ترمیم در طول زمان روی می‌دهد مفید باشد.

تغییرات VPT ها و جابه‌جایی‌های آستانه مرجع مجاز است بر جنبه‌های خاصی از عملکرد لامسه تاثیر داشته باشد و انتظار می‌رود بیماری مربوطه را منعکس کند. جابه‌جایی‌های آستانه مرجع ثبت شده در بسامدهای مختلف با بسامدهای معادل، هنگام رسم تاکتوگرام مشخص شد که الگوهای متمایزی را دارا هستند. نمونه‌هایی از آنها در پیوست ب ارائه شده است.



## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

#### آستانه‌های درک ارتعاشی لمسی اشخاص سالم

در مطالعات متعدد VPT های اشخاص سالم از روش‌های آزمون مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۶۳-۱ استفاده شده است که در جدول الف-۱ ثبت شده‌اند. از آنجایی که همه مطالعات قبل از انتشار این استاندارد تکمیل شده‌اند انحراف جزئی از شرایط این استاندارد وجود دارد که در زیر نویس جدول الف-۱ به آنها اشاره شده است.

منابع مقادیر آستانه‌ای در ستون چپ جدول الف-۱ شناسایی شده است. قطر پراب و قطر ابزار محاط در صورت استفاده، در ستون‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. فرورفتگی پوست در تحقیق منتشر شده به عنوان مرجع، به طور مستقیم سنجیده و کنترل شده است. فرورفتگی پوست تحت نیروی ایستاتیکی برای مطالعاتی دیگر از نیروی تماس اندازه‌گیری شده پراب و در صورت لزوم، از نیروهای تماس پراب و محیط ستون ۴ آورده شده است. در همه مطالعات در جدول الف-۱ نیروی تماس محرک پوست کنترل شده‌ای به کار گرفته شده است. علاوه بر این به هنگام استفاده از ابزار محاط، از نیروی تماس پوست-محاط کنترل شده‌ای استفاده شده است. نوع الگوریتم روان-فیزیکی نیز در جدول الف-۱ ارائه شده که شامل جنسیت شخص آزمایش شونده (M مذکر، F مونث)، تعداد اشخاص مورد بررسی (N)، و سن میانگینی می‌باشد که VPT ها گزارش شده است.

از گروه جمعیت انسانی که VPT ها از آنها به دست آمده، توصیف مختصری ارائه شده است. گزینش طبی اشخاص مورد آزمون از نظر علائم و نشانه‌های بیماری و سابقه بیماری عصب محیطی و یا قرار گرفتن در معرض مواد مخدر اعصاب یا ارتعاش دست-بازو نیز گزارش شده است. VPT های گزارش شده در همه مطالعات مربوط به اشخاص سالم می‌باشد.

مقادیر VPT های اشخاص مذکر و مونث سالم قابل اعمال به آستانه‌های تعیین شده مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۶۳-۱ در جدول الف-۲ در واحد دسی بل ارائه شده است. ( $10^{-6} \text{ m/s}^2$  ref.)، و در جدول الف-۳ نیز در واحد متر بر مجذور ثانیه آمده است. مقادیر برحسب ۲/۵، ۱۵، ۵۰ (مقادیر میانگین)، ۸۵٪ و ۹۷/۵ گروه جمعیتی برای هر بسامد تحریک یا بسامد هم مقادیر تعیین شده در جدول ۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۴۶۳-۱ بیان شده است.

آستانه‌ها زمانی که در واحد دسی بل بیان می‌شوند یک توزیع گاوسی را تقریب می‌زنند. آستانه‌ها برای درصدهای غیر از مقادیر میانگین مجاز است برای VPT های بیان شده در واحد دسی بل ( $10^{-6} \text{ m/s}^2$  ref.) در بسامد معین یا بسامد معادل  $f_z$  از عبارت زیر برآورد شوند:

$$p(T(f_j)_{ref}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot s(f_j)} e^{-\frac{(T(f_j)_{ref} - T(f_j)_{ref,M})^2}{(s(f_j))^2}} \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن مقادیر موجود برای VPT مرجع میانگین،  $T(f_j)_{ref,M}$  و  $s(f_j)$  در جداول الف-۲ و الف-۴ به ترتیب ارائه شده است.

VPT های موجود در جدول الف-۲ مقادیر وزنی ایجاد شده از مجموعه داده های فهرست شده در جدول الف-۱ می باشند. که برای سن میانگین ۳۰ سال تنظیم شده اند. تعداد کل انگشتانی که آستانه ها از روی آنها محاسبه شده،  $N_F$ ، برای هر بسامد تحریک یا بسامد معادل نشان داده شده است. وزن هر مجموعه داده ای با تعداد انگشتان در بسامد تحریک یا بسامد معادل مطرح شده ارائه شده است. در صورتی که اختلاف مفهومی میان آستانه های مرتبط با اعصاب میانی و اعصاب مربوط به استخوان آرنج (اولنار)<sup>۱</sup> مشاهده نشود در این صورت VPT ها از آستانه های به دست آمده در اعداد ۲، ۳ (به یادآوری ۲ در زیربند ۵-۵ مراجعه شود) و ۵ مشتق می شوند.

**یادآوری-** با استفاده از روش های اندازه گیری جایگزین تعیین شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ ممکن است تفاوت های اندکی در VPT ها مشاهده شود. باقیمانده، اختلاف غیر قابل توضیح میان VPT های میانگین برای هر مطالعه در جدول الف-۱ فهرست شده و مقادیر ۵۰٪ در جدول الف-۲ معمولاً کمتر از ۲ dB می باشند. در بعضی از مطالعات، افزایش در VPT ها (یعنی کاهش تیزحسی) در انگشتان مرتبط با عصب اولنار مشاهده می شود.

تغییرات نرمال هورمونی در طول عادت ماهانه، VPT های زنان را بویژه در بسامدهای مرتبط با گیرنده های FAII (یعنی ۱۶۰ Hz و ۱۲۵ Hz و ۱۰۰ Hz) تحت تاثیر قرار می دهد. این امر مجاز است مقادیر افزوده  $s(f_j)$  را در زنان در مقایسه با مورد مردان در جدول الف-۴ توضیح دهد.

VPT های میانگین اشخاص سالم نسبت به سن، با تقریباً ۰٫۰۳ dB در سال در بسامدهای مرتبط با گیرنده های SAI، ۰٫۰۸ dB در سال در بسامدهای مرتبط با گیرنده های FAI، و از ۰٫۲۵ dB در سال الی ۰٫۳۵ dB در سال در بسامدهای مرتبط با گیرنده های FAII، افزایش می یابد. اثر پیری در آستانه های مرتبط با گیرنده های FAII احتمالاً به بسامد اندازه گیری بستگی دارد و VPT های سنجیده شده در ۱۰۰ Hz نسبت به VPT های سنجیده شده در ۱۶۰ Hz تمایل کمتری به افزایش نسبت به سن دارند. VPT های میانگین برای اشخاص سالم در سنین غیر از ۳۰ سالگی مجاز است با استفاده از این اطلاعات برآورد شود. برای یک شخص، جابه جایی آستانه نسبت به سن ممکن است از مورد VPT میانگین برای اشخاص سالم تاحد چشم گیری منحرف شود، از این رو بهتر است با استفاده از این اطلاعات برآورد نشود.

مقادیر ۵۰٪ در جدول الف-۲ و الف-۳ به ترتیب را می توان به عنوان آستانه های مرجع برای محاسبه و تفسیر جابه جایی های آستانه مرجع به کار برد. سپس مقادیر عبارت  $T(f_j)_{ref}$  در معادله ۵ و عبارت  $T(f_j)_{ref}$  در معادله (۶) با مقادیر ۵۰٪ به ترتیب در جداول الف-۲ و الف-۳ ارائه شده است.

جدول الف- ۱ منابع VPT برای اشخاص سالم تعیین شده با استفاده از مقادیر نزدیک به روش‌های موجود در استاندارد ISO13091-1

منبع	قطر پراب	ابزار محاط	فرورفتگی پوست	الگوریتم	جنسیت	تعداد اشخاص آزمایش شونده	سن میانگین	توصیف گروه
مرجع [۴] <sup>a</sup>	۶	۱۰	۲٫۸ <sup>b</sup>	ون‌بکسی	مرد	۱۰	۳۰٫۱	کارگران یدی، غربالگری طبی شده
مرجع [۴] <sup>a</sup>	۶	۱۰	۲٫۸ <sup>b</sup>	ون‌بکسی	زن	۱۵	۳۲٫۳	کارگران یدی، غربالگری طبی شده
مرجع [۵]	۳	-	۰٫۹ <sup>b</sup>	بالا-پایین	مرد	۳۸	۴۰٫۸	متخصصان و کارگران یدی قفقازی و آسیایی، غربالگری طبی شده
مرجع [۲۴]	۶	۱۰	۲٫۸ <sup>b</sup>	ون‌بکسی	مرد	۲۹	۳۶	کارگران یدی
مرجع [۲۵]	۶		۱٫۰	ون‌بکسی <sup>c</sup>	مرد، زن	۱۱	~۲۵	دانشجویان و کارگران حرفه‌ای
مرجع [۲۹] <sup>a</sup>	۶	۱۰	۲٫۸ <sup>b</sup>	ون‌بکسی	مرد	۹	۲۸٫۸	کارگران حرفه‌ای
مرجع [۳۶]	۶	۱۰	۲٫۸ <sup>b</sup>	ون‌بکسی <sup>d</sup>	مرد	۱۶۵	۴۰	کارگران حرفه‌ای و یدی، غربالگری طبی شده
مرجع [۳۶]	۶	۱۰	۲٫۸ <sup>b</sup>	ون‌بکسی <sup>d</sup>	زن	۱۲۶	۴۰	کارگران حرفه‌ای و یدی، غربالگری طبی شده

a VPT از اندازه‌گیری خطی آستانه‌های افزایشی و کاهش‌ی محاسبه شده که اریب<sup>۱</sup> را در VPT نشان می‌دهد (ترفیع آشکار VPT با ۱٫۵ dB، به مرجع ۳۶ مراجعه شود)؛

b فرورفتگی پوست از نیروی تماس برآورد می‌شود (پس از مرجع‌های ۲۳ و ۳۳)؛

c میزان تغییر دامنه محرک با زمان که بیش از ۳ dB/s می‌باشد در بسامدهای بالای ۵۰ Hz مورد استفاده قرار می‌گیرد که ممکن است خطا در VPT را نشان دهد (معمولا ترفیع آشکار VPT دیده می‌شود)؛

d میزان تغییر دامنه محرک با زمان که بیش از ۳ dB/s است مور استفاده قرار می‌گیرد که مجاز است خطا در VPT را نشان دهد (معمولا ترفیع آشکار در VPT دیده می‌شود).

جدول الف-۲- آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای اشخاص سالم بیان شده در واحد دسی بل ( $10^{-6} \text{ m/s}^2$  ref.)

بسامد Hz									سن سال	
۱۶۰	۱۲۵	۱۰۰	۳۱٫۵	۲۵	۲۰	۵	۴	۳٫۱۵		
۹۷٫۳	۹۴٫۰	۹۷٫۷	۸۹٫۰	۸۴٫۸	۸۲٫۰	۷۱٫۳	۶۷٫۰	۶۳٫۸	۳۰	۲/۵ درصد
۱۰۲٫۳	۱۰۰٫۵	۱۰۲٫۸	۹۴٫۳	۸۹٫۵	۸۶٫۸	۷۶٫۰	۷۲٫۰	۶۹٫۰	۳۰	۱۵ درصد
۱۰۸٫۰	۱۰۷٫۸	۱۰۸٫۵	۱۰۰٫۳	۹۵٫۰	۹۲٫۳	۸۱٫۵	۷۷٫۵	۷۵٫۰	۳۰	۵۰ درصد
۱۱۳٫۸	۱۱۵٫۰	۱۱۴٫۳	۱۰۶٫۳	۱۰۰٫۵	۹۷٫۸	۸۷٫۰	۸۳٫۰	۸۱٫۰	۳۰	۸۵ درصد
۱۱۸٫۸	۱۲۱٫۵	۱۱۹٫۳	۱۱۵٫۵	۱۰۵٫۳	۱۰۲٫۵	۹۱٫۸	۸۸٫۰	۸۶٫۳	۳۰	۹۷/۵ درصد
۱۱۰	۲۸۳	۱۱۰	۳۸۲	۱۱	۱۵۹	۱۱۰	۱۱۰	۱۱		تعداد انگشتان مورد استفاده در برآورد، $N_F$
	۹۲٫۳		۸۸٫۳		۸۰٫۸				۳۰	۲/۵ درصد
	۱۰۰٫۸		۹۴٫۸		۸۷٫۳				۳۰	۱۵ درصد
	۱۱۰٫۰		۱۰۱٫۸		۹۴٫۸				۳۰	۵۰ درصد
	۱۱۹٫۳		۱۰۸٫۸		۱۰۲٫۳				۳۰	۸۵ درصد
	۱۲۷٫۵		۱۱۵٫۳		۱۰۹٫۰				۳۰	۹۷/۵ درصد
	۱۸۶		۱۸۶		۶۰					تعداد انگشتان مورد استفاده در برآورد، $N_F$

جدول الف-۳- آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای اشخاص سالم بیان شده بر حسب واحد متر بر مجذور ثانیه

بسامد Hz									سن سال	
۱۶۰	۱۲۵	۱۰۰	۳۱٫۵	۲۵	۲۰	۵	۴	۳٫۱۵		
۰٫۰۷۳	۰٫۰۵۰	۰٫۰۷۷	۰٫۰۲۸	۰٫۰۱۷	۰٫۰۱۳	۰٫۰۰۳۷	۰٫۰۰۲۲	۰٫۰۰۱۵	۳۰	۲/۵ درصد
۰٫۱۳	۰٫۱۱	۰٫۱۴	۰٫۰۵۲	۰٫۰۳۰	۰٫۰۲۲	۰٫۰۰۶۳	۰٫۰۰۴۰	۰٫۰۰۲۸	۳۰	۱۵ درصد
۰٫۲۵	۰٫۲۵	۰٫۲۷	۰٫۱۰	۰٫۰۵۶	۰٫۰۴۱	۰٫۰۱۲	۰٫۰۰۷۵	۰٫۰۰۵۶	۳۰	۵۰ درصد
۰٫۴۹	۰٫۵۶	۰٫۵۲	۰٫۲۱	۰٫۱۱	۰٫۰۷۸	۰٫۰۲۲	۰٫۰۱۴	۰٫۰۱۱	۳۰	۸۵ درصد
۰٫۸۷	۱٫۱۹	۰٫۹۲	۰٫۳۸	۰٫۱۸	۰٫۱۳	۰٫۰۳۹	۰٫۰۲۵	۰٫۰۲۱	۳۰	۹۷/۵ درصد
۱۱۰	۲۸۳	۱۱۰	۳۸۲	۱۱	۱۵۹	۱۱۰	۱۱۰	۱۱		تعداد انگشتان مورد استفاده در برآورد، $N_F$
	۰٫۰۴۱		۰٫۰۲۶		۰٫۰۱۱				۳۰	۲/۵ درصد

ادامه جدول الف-۳ - آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای اشخاص سالم بیان شده برحسب واحد متر بر مجذور ثانیه

	۰٫۱۱		۰٫۰۵۵		۰٫۰۲۳				۳۰	۱۵ درصد
	۰٫۳۲		۰٫۱۲		۰٫۰۵۵				۳۰	۵۰ درصد
	۰٫۹۲		۰٫۲۸		۰٫۱۳				۳۰	۸۵ درصد
	۲٫۳۷		۰٫۵۸		۰٫۲۸				۳۰	۹۷/۵ درصد
	۱۸۶		۱۸۶		۶۰					تعداد انگشتان مورد استفاده در برآورد، $N_F$

جدول الف-۴ - مقادیر  $s(f_j)$  برای معادله (الف-۱) بیان شده در واحد دسی بل

بسامد Hz									سن سال		
۱۶۰	۱۲۵	۱۰۰	۳۱٫۵	۲۵	۲۰	۵	۴	۳٫۱۵	۳۰	$s(f_j)$	
۵٫۵	۷٫۰	۵٫۵	۵٫۷۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۲۵	۵٫۳۵	۵٫۷۵		تعداد انگشتان مورد استفاده در برآورد، $N_F$	مونث
۱۱۰	۲۸۳	۱۱۰	۳۸۲	۱۱	۱۵۹	۱۱۰	۱۱۰	۱۱			
	۹٫۰		۶٫۸۵		۷٫۲				۳۰	$s(f_j)$	
	۱۸۶		۱۸۶		۶۰					تعداد انگشتان مورد استفاده در برآورد، $N_F$	مذکر

## پیوست ب

### (اطلاعاتی)

#### تظاهرات تغییرات در آستانه‌های درک ارتعاش

##### ب-۱ کاربرد در طب بالینی

علاقه به تعیین درک ارتعاش به عنوان یک وسیله کمکی در تشخیص‌های عصب شناختی (نورولوژیکی)<sup>۱</sup> بیش از صد سال سابقه دارد. متخصصین قبلی در مورد کاهش درک ارتعاش لمسی (یعنی افزایش VPTها) در موارد بیماری قند، حالت‌های عصبی و کم خونی مهلک، و حساسیت شدید (یعنی کاهش VPTها) در موارد بیماری پارکینسون گزارش داده‌اند. اخیراً درک ارتعاش لمسی به عنوان تکنیکی برای شناسایی امراض نورولوژیکی محیطی مختلف عمومی یا موضعی ناشی از بیماری یا ناشی اقرار گرفتن در معرض عوامل فیزیکی یا شیمیایی، مطرح شده است.

این تکنیک در شرایط متعددی از جمله سندرم تونل کارپ<sup>۲</sup>، آسیب کششی مکرر، بیماری عصب اولنار، پلی نوروپاتی، اشخاص قرار گرفته در معرض ارتعاش دست بازو، اعمال می‌شود. زمانی که VPTها در بسامدهای تحریک متعدد یا بسامدهای هم مقادیر تعیین می‌شوند، محاسبه شاخص حساسیت یا ترسیم یک نمودار تاکتوگرام در تفسیر نتایج، مفید می‌باشد.

اندازه‌گیری مکرر جابه‌جایی آستانه نسبی به شرط اینکه با همان دستگاه و همان پروتکل اندازه‌گیری انجام گیرد، در شرایطی که از یک فرآیند پاتولوژیکی معین در طول زمان تبعیت شود، مفید می‌باشد. با این روش، از خطاهای سیستماتیک ارائه شده با دستگاه جلوگیری می‌شود و کاربردپذیری آزمون بر تغییرپذیری آزمون/ بازآزمون فرد در حال مطالعه<sup>۳</sup> بستگی خواهد داشت. استفاده از جابه‌جایی‌های آستانه نسبی به عنوان مقیاس شدت بیماری برای بیماران دیابتی، دیالیز کلیه، سرطانی تحت شیمی درمانی، و برای کارگرانی که در معرض عوامل مخدر اعصاب فیزیکی و شیمیایی قرار دارند، گزارش شده است. جابه‌جایی‌های آستانه نسبی، همچنین برای کنترل پیشرفت ترمیم عصب و توانبخشی عملکرد دست به کار می‌رود.

استفاده از VPTها به عنوان یک آزمون عینی در طب بالینی نیز تأیید شده است. ارتباط بین VPTها و روش‌های دیگر برای ارزیابی اختلال عملکرد عصب محیطی و بویژه رسانش عصب و ابعاد دیگر آزمون حسی کمیتی مستند شده است. در بخش زیر به این موضوعات پرداخته شده است.

---

1- Neurological  
2- Carpal tunnel  
3- Intra- subject

عدم وجود روش‌های استاندارد شده برای تعیین VPT‌ها و منابع محدود مقادیر هنجاری برای دست‌های سالم، در گذشته، از پذیرش گسترده این تکنیک در روش‌های بالینی ممانعت کرده است. در این استاندارد به این محدودیت‌ها پرداخته می‌شود. استاندارد سازی روش‌های اندازه‌گیری‌ای که منجر به ارتباط VPT‌ها فقط با یک گروه گیرنده مکانیکی در بسامد تحریک معین یا بسامدهای معادل گردد، باعث فراهم ساختن اطلاعات بیشتری در رابطه با عملکرد عصب لامسه نسبت به گذشته می‌شود. مفاهیم این اطلاعات اضافی نیز در این پیوست مورد توجه قرار می‌گیرد.

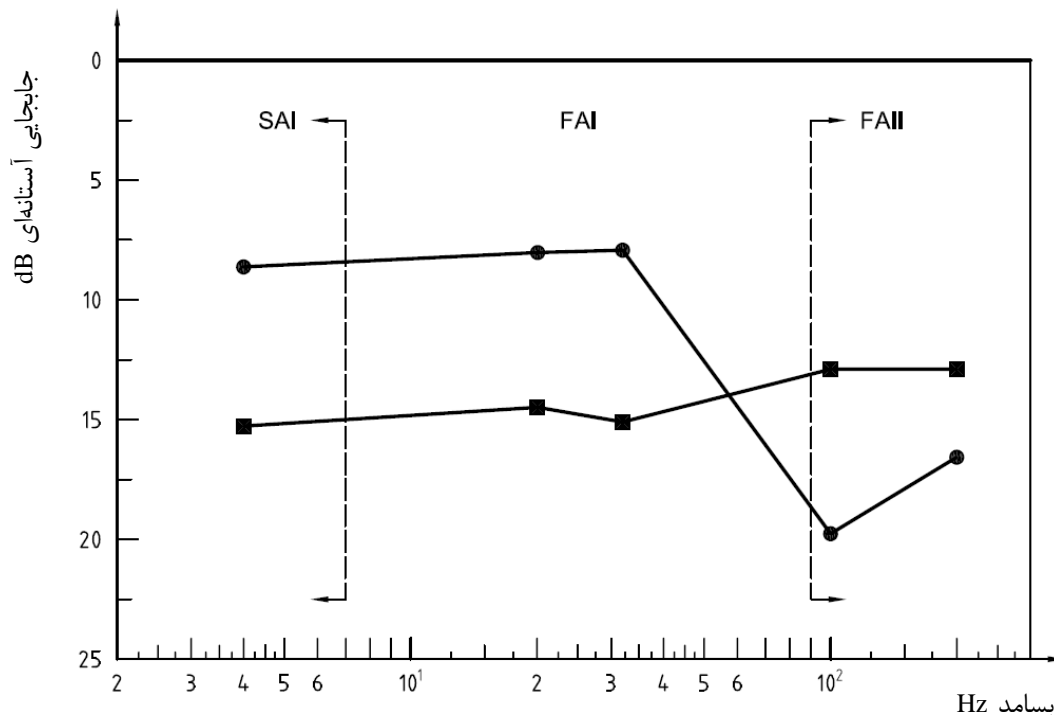
## ب-۲ جابه‌جایی‌های آستانه‌ای و فیزیولوژی لامسه

عملکرد لامسه دست، به فعالیت عصبی چهار گروه پایانه‌های عصبی خاص واقع در نوک انگشتان بستگی دارد. گروه‌های گیرنده مکانیکی مختلف معمولاً با توجه به پاسخ خود نسبت به فرورفتگی پوست و با وسعت ناحیه گیرنده خود طبقه‌بندی می‌شوند. VPT‌های سه گروه مجاز است با روش‌های استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ تعیین شوند. چهارمین گروه گیرنده که برای آن هیچ روش سنجشی در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ ارائه نشده، کشش دست را مشخص می‌کند.

سه گروه گیرنده مکانیکی در نوک انگشتان که برای آنها VPT‌ها ممکن است بدست آید عبارتند از: گیرنده‌های نوع (۱) تطابق آهسته (SAI) که از نظر آناتومی مطابق با دیسک‌های مرکل<sup>۱</sup> می‌باشند، گیرنده‌های نوع (۱) تطابق سریع (FAI) که از نظر آناتومی مطابق با دانه‌های مایستر<sup>۲</sup> می‌باشند، و گیرنده‌های نوع (۲) تطابق سریع (FAII) که از نظر آناتومی مطابق با دانه‌های پاسینی<sup>۳</sup> می‌باشند. تیزحسی گیرنده SAI وضوع و دقت ویژگی‌های فضایی سطح از قبیل برآمدگی‌ها و بافت را تعیین می‌کند. به‌طور متقابل تیزحسی گیرنده‌های FAI و FAII مسئول کسب اطلاعات از حرکت سطوح در طول پوست می‌باشد. علاوه بر شناسایی لامسه گرفتن اشیاء در میان نوک انگشتان و انگشت شست به شناسایی میزان افزایش میکروسکوپی شی، بستگی دارد که ابتدا توسط گیرنده‌های FAI علامت‌دهی می‌شود و بطور موثر با تیزحسی لامسه کنترل می‌شود تا با عملکرد عصبی و عضلانی تغییرات VPT‌های گیرنده‌های SAI، FAI و FAII مجاز است بر جنبه‌های خاص عملکرد لامسه و نگهداری و دستکاری اشیاء موثر باشد. در محیط بالینی، تغییرات می‌تواند بیماری‌های مربوطه را منعکس سازد. جابه‌جایی‌های آستانه‌ای ثبت شده در نوک انگشتان در بسامدهای مختلف دارای الگوهای متمایزی هستند. الگوها به آسانی با ترسیم جابه‌جایی‌های آستانه‌ای به صورت تاکتوگرام تشخیص داده می‌شوند. در شکل ب-۱ این نمودارها برای دو انگشت (از اشخاص مختلف) ارائه شده است. جابه‌جایی‌های آستانه مرجع در هر مورد رسم شده است.

---

1- Merkel disks  
2- Missner corpuscles  
3- Pacinian corpuscles



شکل ب-۱- تاکتوگرام نشانگر الگوهای جابه‌جایی آستانه مرجع در انگشتان دو اپراتور اره برقی

همان‌طور که در این مثال‌ها دیده می‌شود، جابه‌جایی‌های آستانه‌ای مشابه معمولاً در بسامدهای مرتبط با همان گروه گیرنده مکانیکی مشاهده می‌شود (یعنی در ۲۰ Hz و ۳۱٫۵ Hz). در بعضی از انگشتان، جابه‌جایی‌های آستانه‌ای از نظر شدت برای همه گروه‌های گیرنده، یکسان می‌باشند (در مربعات پر شده در شکل ب-۱ نشان داده شده است). اما جابه‌جایی‌های آستانه‌ای می‌تواند میان گروه‌های گیرنده مختلف در همان نوک انگشت، متفاوت باشد. بنابراین جابه‌جایی‌های آستانه‌ای نشان داده شده با دایره‌های پر در شکل ب-۱ می‌تواند برای گروه‌های گیرنده SAI و FAI دارای شدت یا دامنه یکسانی باشد اما برای گیرنده‌های FAII دارای شدت بیشتری است. اختلاف در جابه‌جایی آستانه‌ای میان گروه‌های FAII و گروه‌های دیگر در این انگشت از نظر آماری معنادار می‌باشد.

الگوهای جابه‌جایی آستانه‌ای، اطلاعاتی درباره ماهیت تغییرات در عملکرد عصب حسی یا آسیب عصبی ارائه می‌دهند و نشانگر تغییرات در کل عصب (مربعات در شکل ب-۱) یا تغییرات مربوط به یک یا دو گروه گیرنده (دایره‌ها در شکل ب-۱) می‌باشند. مورد آخر مجاز است نشانگر ارتباط دور برد انتخابی الیاف عصبی یا گیرنده‌ها باشد.



### ب-۳ ارتباط میان VPTها، آزمون‌های بالینی رایج و رسانش یا هدایت عصبی

تحقیقات متعددی در مورد اشخاصی که از درد اندام‌های انتهایی فوقانی شکایت دارند برای ارزیابی میزان تاثیر آزمون‌های مختلف بالینی انجام گرفته است. در یکی از این تحقیقات که مربوط به درک ارتعاش لمسی و رسانش عصبی بود، نشانه‌های نورولوژیکی در ۹۸٪ کارکنان کارخانه کشتی‌سازی گزارش شد که در کار از ابزارهای سنگین استفاده می‌کردند و در این گروه جمعیتی، VPTها در ۱۲۰ Hz به‌طور یکنواخت، در مقایسه با یک گروه صنعتی از کارگران یدی سالم، افزایش داشتند و در آزمون‌های آزمایشگاهی نیز ناهنجاری‌هایی در رسانش عصبی مشاهده می‌شد.

در تحقیق دیگری، ارتباط میان VPTها در اعداد ۱ و ۵ از هر دست سنجیده شد (به یادآوری ۲ در زیربند ۵-۵ مراجعه شود) و نتایج آزمون نورولوژیکی سنتی اندام‌های انتهایی فوقانی مربوط با درک ارتعاش (دیاپازون<sup>۱</sup>) و درد پین پریک<sup>۲</sup> دریافت اطلاعات از حرکات بدنی توسط سیستم حسی<sup>۳</sup> (وضعیت مفاصل) و رسانش عصبی در مجموعه‌ای از بیماران تثبیت گردید. بیشترین ارتباط میان VPTها و داده‌های دیاپازون مربوط به همان انگشت بود ( $P < 0.001$ ).

همچنین ارتباط معناداری میان VPTها و سیستم حسی ( $p < 0.01$ ) و ارتباط کمی میان VPTها و پین پریک ( $p < 0.05$ ) مشاهده گردید. ارتباط مشابهی نیز میان VPTها و پتانسیل‌های عمل اتصال مرکب عصب حسی و سرعت‌های رسانش در همان انگشت مشاهده گردید ( $p < 0.05$ ). برای انگشتانی که با اعصابی اولنار و میانی به سیستم عصبی وصل شده بودند ارتباط یکسانی مشاهده گردید.

استفاده از VPTها به عنوان یک وسیله کمکی تشخیصی در سندروم تونل کارپال نتایج بحث برانگیزی داشته است که بخشی از آن به محدودیت‌های عملکردی دستگاه‌های مورد استفاده برای کسب VPTها مربوط می‌شود زیرا هیچ یک از آنها شرایط استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ را دارا نیستند. نظریه عمومی این است که ارتباطات به‌طور شدیدی به مقادیر هنجاری مورد استفاده و معیارهای تشخیصی بستگی دارند. این مشاهدات برای کاربردهای دیگر VPTها نیز به عنوان یک وسیله کمکی تشخیصی قابل اعمال هستند.

---

1- Tuning fork  
2 - Pin prick  
3- Proprioception

یافتن عدم ارتباط میان VPT ها و نتایج آزمون‌های دیگر در گروهی از اشخاص مورد آزمون، به‌طور ضروری باعث نگرانی نیست زیرا یک آزمون مجاز است تغییرات فیزیولوژیکی یا پاتولوژیکی خاصی را شناسایی کند که در آزمون دیگر قابل شناسایی نیست. نمونه‌ای از یک تاکتوگرام مربوط به مجموعه‌های موردی با رسانش عصبی نرمال و بدکاری عمومی دست در شکل ب-۲ نشان داده شده است. این کارگر سابق ۴۲ ساله کارخانه کشتی سازی با درد مچ و اشکال در سازگاری حرکاتش یک ابزار با کنترل رایانه‌ای، دارای جابه‌جایی‌های آستانه مرجع مفهومی در گیرنده‌های SAI و FAI هر دو دست بود اما در مورد گیرنده FAII چنین نبود. شخص مورد نظر از نظر نورولوژیکی و رسانش عصبی طبیعی ارزیابی شد. علاوه بر این، جابه‌جایی‌های آستانه‌ای به نحو چشم‌گیری در انگشتان شماره ۳ و ۵ هر دو دست مشابه بود و در هر دو دست همان الگو مشاهده گردید.

#### ب-۴ ارتباط میان جابه‌جایی‌های آستانه‌ای و عملکرد دست

تعیین VPT ها روش کمی برای ارزیابی مسیرهای حس‌های تنی<sup>۱</sup> حاصل اطلاعات لامسه به مغز را فراهم می‌سازد. از دیدگاه عملکرد، خروجی آوران<sup>۲</sup> برای شناسایی لامسه اشیاء ضروری است و به عنوان بخشی از حلقه حس‌های تنی برای دستکاری و کنترل اشیاء به کار می‌رود.

ارتباط میان VPT ها در نوک‌انگشت و نشانه‌های کاهش عملکرد دست با پاسخ‌هایی که توسط گروهی از کارگران یدی در یک آزمون ارائه شد، تثبیت گردید. در این تحقیق، آستانه‌های ارتعاش لمسی خاص گیرنده مکانیکی برای گیرنده‌های SAI، FAI و FAII در نوک‌انگشت و با استفاده از یک روش اندازه‌گیری مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ تعیین گردید. جابه‌جایی‌های آستانه مرجع مفهومی (از نظر آماری) در گروه‌های گیرنده SAI و یا FAII برای اشخاصی که دارای کرختی انگشت یا دست بودند و در بستن دگمه لباس خود مشکل داشتند به دست آمد. بهترین موارد پیش‌بینی کننده جابه‌جایی‌های آستانه مرجع مشاهده شده، مربوط به مواردی بود که کارگران در مورد دستکاری اشیاء کوچک و بستن دگمه لباس مشکل داشتند که مقادیر پیش‌بینانه مثبتی از ۹۰٪ الی ۱۰۰٪ و نرخ‌های مثبت کاذبی از صفر درصد الی ۲٫۸٪ ارائه داده بود.

---

1- Somatosensory

2- Afferent

پتانسیل شناسایی جابه‌جایی‌های آستانه‌ای مرجع و نسبی برای جلوگیری از افزایش ناتوانی فعالیتی در مورد کاهش تیز حسی و برای ترمیم عصبی یا بهبود در مورد افزایش تیز حسی، در حال بررسی می‌باشد. گروهی از کارگران یدی (که در کار ساخت اره‌های برقی سبک وزن بودند) مورد آزمایش قرار گرفتند که ۳۰٪ آن‌ها نشانه‌هایی از تغییرات عملکرد سیستم عصبی یا فعالیت عصبی-عضلانی در آغاز تحقیق داشتند. VPT‌ها با نتایج آزمون‌های عملکردی گیرایی دست، استحکام دست و بازو، و نشانه‌های تثبیت شده در طول آزمایشات فیزیکی در یک دوره ۵ ساله، مقایسه گردید. جابه‌جایی‌های آستانه مرجع مفهومی (از نظر آماری) در ۳٪ از گروه در نخستین آزمون و در ۱۴٪ از دست‌ها در پنج سال بعد، مشاهده گردید. جابه‌جایی‌های آستانه‌ای نسبی معناداری در اکثر دست‌ها در یک دوره پنج ساله مشاهده کرد ( $p < 0.025$ )، هر چند اکثر کارگران فاقد علائم بیماری بودند.

#### ب-۵ جابه‌جایی‌های آستانه حاد و تغییرات موقتی در کارکرد دست

جابه‌جایی‌های آستانه‌ای نسبی یا مرجع حاد و موقتی می‌تواند در بعضی از موارد (مثلاً افت حسی القائی، قرارگیری دست در معرض ارتعاش) روی می‌دهد. شواهدی از آزمون‌های مختلف وجود دارد که کنترل بیوشیمیایی دست و وضعیت بازو تحت تاثیر قرارگیری دست در معرض ارتعاش می‌باشد به طوری که می‌تواند بطور موقتی مانع قابلیت کنترل یا نگهداری اشیاء گردد. همچنین مدارکی دال بر تحت تاثیر قرار گرفتن دقت حرکت دست وجود دارد.

در اشخاصی که از ابزارهای برقی ارتعاشی دستی استفاده می‌کنند، ارتباط میان جابه‌جایی آستانه نسبی موقتی، دامنه قرارگیری در معرض ارتعاش، و شدت نشانه‌های نورولوژیکی سندرم ارتعاش دست-بازو وجود دارد. بنابراین پتانسیلی برای تغییرات حاد در VPT در طول یک روز کاری برای ممانعت از عملکرد کار یا افزایش خطر آسیب‌دیدگی از افت کنترل ابزار دستی ارتعاشی وجود دارد. اما آزمون‌ها در تلاش برای ایجاد پیوند میان قرارگیری دست در معرض ارتعاش و وخیم‌تر شدن عملکرد دست تاکنون به نتیجه‌ای نرسیده‌اند و نتوانسته‌اند این فرضیه را تأیید کنند. باید تفسیر مفصل‌تری از این آزمون‌ها صورت گیرد و گروه‌های گیرنده متاثر از این ارتعاشات و شدت و دامنه جابه‌جایی‌های آستانه‌ای اعمال شده باید مورد توجه قرار گیرد.

## کتابنامه

- [1] AHREND K.-D. Validierung der Pallästhesiometrie als Screening-Methode zur Diagnostik der beruflichen Schwingungsbeanspruchung. Teilprojekt: Ermittlung von Normalwerten. Verbundprojekt BMFT 01 HK 071/1, Pallästhesiometrie, Abschlussbericht, Mainz, 1994
- [2] BEAUMONT D., NOEUVEGLISE M. and VIABERT M.-L. Practicability of digital tactilometry in construction industry occupational medicine. In: Dupuis H., Christ E., Sandover J., Taylor W. and Okada A. (eds.) Proc. 6th Int. Conf. on Hand-Arm Vibration, HVBG (Bonn, Germany), 1992, pp. 835-844
- [3] BLAKE D.T., HSIAO S.S. and JOHNSON K.O. Neural coding mechanisms in tactile pattern recognition: The relative contributions of slowly and rapidly adapting mechanoreceptors to perceived roughness. *J. Neuroscience*, 17, 1997, pp. 7480-7489
- [4] BOVENZI M., APOSTOLI P., GRAZIA A. and VANONI O. Changes over a workshift in pallesthesiometric and vibrotactile perception thresholds of workers exposed to intermittent vibration from impact wrenches. *Occup. Environ. Med.*, 54, 1997, pp. 577-587
- [5] BRAMMER A.J., PIERCY J.E., NOHARA S., NAKAMURA H. and AUGER P.L. Age-related changes in mechanoreceptor-specific vibrotactile thresholds for normal hands. *J. Acoust. Soc. Am.*, 93, 1993, p. 2361
- [6] BRAMMER A.J., PIERCY J.E., NOHARA S., NAKAMURA H. and AUGER P.L. Mechanoreceptor-specific vibrotactile thresholds: Inter- and intra-subject differences. In: Dupuis H., Christ E., Sandover J., Taylor W. and Okada A. (eds.). Proc. 6th Int. Conf. on Hand-Arm Vibration, HVBG (Bonn, Germany), 1992, pp. 245-251
- [7] BRAMMER A.J., PIERCY J.E., NOHARA S., NAKAMURA H., AUGER P.L., HAINES A.T., LAWRENCE M., BRUBAKER R.L. and VAN NETTEN C. Vibrotactile thresholds in operators of vibrating hand-held tools. In: Okada A., Taylor W., Dupuis H. (eds.). Proc. 5th Int. Conf. on Hand-Arm Vibration, Kyoei Press (Kanazawa, Japan), 1990, pp. 221-223
- [8] BRAMMER A.J., SUTINEN P., KOSKIMIES K., PYYKKÖ I. and STARCK J. Early detection of deterioration in tactile acuity: II: A prospective study of forest workers (in preparation)
- [9] [9] CHERNIACK M.G., LETZ C., GERR F., BRAMMER A.J. and PACE P. Detailed clinical assessment of neurologic function in symptomatic shipyard workers. *J. Indust. Med.*, 47, 1990, pp. 566-572
- [10] CHERNIACK M.G., MOALLI D. and VISCOLI C. A comparison of traditional electrodiagnostic studies, electroneurometry and vibrometry in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J. Hand Surg.*, 21A, 1996, pp. 122-131
- [11] CHERNIACK M.G., PETERSON D. and BRAMMER A.J. Vibrotactile perception thresholds in chronic hand dysfunction (in preparation)

- [12] COUTU-WAKULCZYK G., BRAMMER A.J. and PIERCY J.E. Association between a quantitative measure of tactile acuity and hand symptoms reported by operators of power tools. *J. Hand Surg.*, 22A, 1997, pp. 148-154
- [13] DAGALAKIS N.G., MUEHLHOUSE C., WAKAMIYA S. and YANG J.C.S. Loss of control biomechanics of the human arm-elbow system. *J. Biomechanics*, 20, 1987, pp. 385-396
- [14] DELLON A.L. Somatosensory testing and rehabilitation. American Occupational Therapy Association, Bethesda MD, 1997
- [15] FRASER C.G. and HARRIS E.K. Generation and application of data on biological variation in clinical chemistry. *Critical Reviews in Clinical Lab. Sci.*, 27, 1989, pp. 409-437
- [16] Licensed by isiri azrbaijan sharghi Order # NUMBER/Downloaded: 32892 Single-user licence only, copying and networking prohibited. ISO 13091-2:2003(E) © ISO 2003 — All rights reserved 23
- [17] GERR F., LETZ R., HERSHMAN D., FARRAYE J. and SIMPSON D. Comparison of vibrotactile thresholds with physical examination and electrophysiological assessment. *Muscle and Nerve*, 14, 1991, pp. 1059-1066
- [18] GESCHIEDER G.A., VERRILLO R.T., McCANN J.T. and ALDRICH E.M. Effects of the menstrual cycle on vibrotactile sensitivity. *Percept Psychophys.*, 36, 1984, pp. 586-592
- [19] GOFF G.D., ROSNER B.S., DETRE T. and KENNARD D. Vibration perception in normal man and medical patients. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.*, 28, 1965, pp. 503-509
- [20] GREENING J. and LYNN B. Vibration sense in the upper limb in patients with repetitive strain injury and a group of at-risk office workers. *Int. Arch. Occup. Environ. Med.*, 71, 1998, pp. 29-34
- [21] JETZER T., CONRAD J.C. and HEITHOFF K. The role of CT scanning and vibrometry testing in the diagnostic evaluation of carpal tunnel syndrome. *Proc. Volvo-IFFSH Conf. Prevention of Brachial Injuries and Cumulative Trauma Disorders*, Stockholm Sweden, 1987, pp. 53-57
- [22] JOHANNSON R.S. and VALLBO A.B. Tactile sensory coding in the glabrous skin of the human hand. *Trends Neurosci.*, 6, 1983, pp. 27-32
- [23] [22] JOHNSON K.O. and HSIAO S.S. Evaluation of the relative roles of slowly and rapidly adapting afferent fibers in roughness perception. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 72, 1994, pp. 488-497
- [24] LINDSELL C.J. Vibrotactile thresholds: Effect of contact force and skin indentation. *Proc. U.K. Group Meeting on Human Response to Vibration*, Southampton 1997, pp. 1-11
- [25] LINDSELL C.J. and GRIFFIN M.J. Thermal thresholds, vibrotactile thresholds and finger systolic blood pressure in dockyard workers exposed to hand-transmitted vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 72, 1999, pp. 377-386

- [26] LÖFVENBERG J. and JOHANNSON R.S. Regional differences and interindividual variability in sensitivity to vibration in the glabrous skin of the human hand. *Brain Res.*, 301, 1984, pp. 65-72
- [27] LUNDBORG G., DAHLIN L., LUNDSTRÖM R., NECKING L. and STRÖMBERG T. Vibrotactile function in compression and vibration-induced neuropathy: Sensibility index – A new measure. *Scand. J. Plast. Reconstr. Hand Surg.*, 26, 1992, pp. 275-279
- [28] LUNDSTRÖM R., STRÖMBERG T. and LUNDBORG G. Vibrotactile perception threshold measurements for diagnosis of sensory neuropathy: Description of a reference population. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 64, 1992, pp. 201-207
- [29] MACEFIELD G., HÄGER-ROSS C. and JOHANNSON R.S. Control of grip force during restraint of an object held between finger and thumb: Responses of cutaneous afferents from the digits. *Exp. Brain Res.*, 108, 1996, pp. 151-171
- [30] MAEDA S. and GRIFFIN M.J. A comparison of vibrotactile thresholds for the finger obtained with different equipment. *Ergonomics*, 37, 1994, pp. 1391-1406
- [31] MALCHAIRE J., RODRIGUES DIAZ L.S., PIETTE A., GONCALES AMARAL F. and DE SCHAETZEN D. Neurological and functional effects of short-term exposure to hand-arm vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 71, 1998, pp. 270-276
- [32] MARTIN B.J., SALTZMAN J. and ELDERS G. Effects of vibration frequency and duration on eye-hand coordination in pointing tasks. In: Dupuis H., Christ E., Sandover J., Taylor W. and Okada A. (eds.). *Proc. 6th Int. Conf. on Hand-Arm Vibration, HVBG (Bonn, Germany)*, 1992, pp. 185-192
- [33] MEYER S.L. *Data Analysis for Scientists and Engineers*. John Wiley, New York, 1975