INSO
20463-2
1st.Edition
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۰۴۶۳-۲
چاپ اول
۱۳۹۵

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

# 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

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ 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 کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5]در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود. سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، 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 می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل اندازه گیری، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می‌کند. 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 نوک‌انگشتان"**

| **رئیس:** | **سمت و/ یا نمایندگی** |
| --- | --- |
| طهوری اصل، توحید | شرکت رایان اسکان خودرو |
| (کارشناسی ارشد مهندسی مکاترونیک) | |
| **دبیر:** | |
| ابراهیمی، سهیلا | اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی |
| (کارشناسی فیزیک) | |
| **اعضاء**: (اسامی به ترتیب حروف الفبا) | |
| اخیاری، شهاب | اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی |
| (کارشناسی ارشد فیزیک ) | |
| ایامی، سمیه | پارک علم و فناوری استان آذربایجان شرقی |
| (کارشناسی ارشد شیمی کاربردی) | |
| بانان خجسته، مهدی | کلینیک بهار آمل |
| (دکتری فیزیوتراپی) | |
| بهراملویان، المیرا | انجمن صنایع غذایی استان آذربایجان شرقی |
| (کارشناسی تغذیه) | |
| تقی‌پور صفایی، رویا | شرکت آذر سیوان پارسیان |
| (کارشناسی ارشد مهندسی صنایع) | |

| | |
|---|---|
| رجبیون، مهدی<br>(دکتری مهندسی پزشکی) | دانشگاه آزاد اسلامی واحد ممقان |
| رنجبریان، لیلی<br>(کارشناسی ارشد شیمی کاربردی) | آزمایشگاه همکار آرمان کاوشگران آزمون گستر |
| غفاری، مجتبی<br>(کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای) | مرکز بهداشت استان آذربایجان شرقی |
| محبیان، زهرا<br>(کارشناسی ارشد شیمی آلی) | اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی |
| مظلوم بشری، مینا<br>(کارشناسی علوم آزمایشگاهی) | درمانگاه جدید شهر سهند |
| نصیر زنوزی، مونا<br>(کارشناسی ارشد بیوالکتریک) | شرکت ترمه تاوریژ آذران |
| همت جو، یوسف<br>(کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای) | مرکز بهداشت استان آذربایجان شرقی |

## ویراستار:

| | |
|---|---|
| فرجی، رحیم<br>(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه) | سازمان ملی استاندارد ایران- پژوهشگاه استاندارد |

## فهرست مندرجات


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

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

## پیش‌گفتار

استاندارد « ارتعاش مکانیکی- آستانه‌های درک ارتعاش لمسی برای ارزیابی اختلال در کارکرد عصب قسمت ۲: تحلیل و تفسیر اندازه‌ها در نوک‌انگشتان » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در پانصدو هفتادو هفتمین اجلاسیه 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 پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علـوم و خـدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل ایـن استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهـد گرفـت. بنـابراین، 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

**مقدمه**

تشخیص زود هنگام بیماری‌های عصبی (نوروپاتی)[1] 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[2] 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[3] 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 اندازه‌گیری‌شده در نوک‌انگشتان 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 وتفسیر 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 اینا‌ستاندارد 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:

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

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

**۲-۳** 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

### ۳-۱ 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 ۴۰۱۹و ISO 5805 و استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز کاربرد دارد.

**۳-۱-۱**

**بسامد معادل**

**Equivalent frequency**

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

**۳-۱-۲**

**شخص سالم**

**Healthy person**

شخصی که از نظر پزشک واجد شرایط، عاری از علائم یا نشانه‌های بیماری سیستم عصبی (نورولوژی)[1] محیطی می‌باشد و این نظریه با انجام آزمون‌های علمی و بالینی و آزمون‌های فیزیکی ضروری تائید 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.**

**۳-۱-۴**

**گیرنده مکانیکی**

**Mechonoreceptor**

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

**۳-۱-۵**

**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.

**۳-۱-۶**

**آستانه درک ارتعاش لمسی**

**Vibrotactile perception threshold**

1- Neurological

میزان شتاب سطح پوست که در آن نرخ پاسخ مثبت ۵۰ درصدی برای شناسایی یک محرک نوسانی با تن خالص[1] در تابع روان سنجی[2] وجود دارد.

**۳-۱-۷**

**آستانه درک ارتعاش لمسی خط مبنا**

**Baseline vibrotactile perception threshold**

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

**۳-۱-۸**

**آستانه درک ارتعاش لمسی مرجع**

**Reference vibrotactile perception threshold**

منظور مقدار آستانه درک ارتعاش لمسی برای اشخاص سالم است.

**۳-۱-۹**

**جابه‌جایی آستانه‌ای**

**Threshold shift**

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

**۳-۱-۱۰**

**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.

**۳-۱-۱۱**

**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.

**۳-۱-۱۲**

**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 معمولا با اعمال مجموعه‌ای از محرک‌ها با شدت فزاینده متوالی به پوست سروکار دارد تا زمانی‌که شخص مورد آزمون علامت می‌دهد که محرک را شناسایی کرده است (آستانه افزایشی). سپس از شدت محرک‌های متوالی کاسته می‌شود تا زمانی‌که 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 غالبا همراه با تغییر بسامد با زمان می‌باشد (آهنگ لغزنده) برای تعیین آستانه‌های افزایشی و کاهشی متوالی به‌کار می‌رود.

**۱۵-۱-۳**

**مقادیر پیش‌بینی‌شده**

**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.

**۳-۱-۱۹**

**تابع روان سنجی**

**Psychometric Function**

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

**۳-۱-۲۰**

**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.

**۳-۱-۲۱**

**تاکتوگرام**[1]

**Tactogram**

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

**۳-۱-۲۲**

**پراب**

**Probe**

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

**۳-۱-۲۳**

**محاط**[2]

**Surround**

سطح ثابت، صلب و مسطحی که نوک‌انگشتان بر روی آن قرار می‌گیرد و حاوی حفره‌ای است که از بـین 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:

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

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

## ۴ طرز برخورد[1] با آستانه‌های درک ارتعاش لمسی

### ۴-۱ کلیات

اطلاعات مورد نیاز برای گزارش، تحلیل و تفسیر VPTها[2] مطابق با مشخصات استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳، بند ۷ مشخص شده است. VPTهای شخص مورد آزمون معمولا 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 (مثلا 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 دسی‌بل) باشد. در غیر این‌صورت، در شرایطی که امکان محاسبه انحراف معیار معنی‌دار از اندازه‌گیری‌های انجام شده وجود نداشته باشد (مثلا زمانی‌که فقط یک مورد اندازه گیری از VPT شخص وجود دارد) در این حالت تغییرپذیری آزمون/ بازآزمون VPT مشاهده شده باید برای روش اندازه گیری بکار رفته، برآورد شود. برآورد باید براساس اندازه‌گیری‌های مکرر انجام شده بر روی اشخاص سالم و با استفاده از همان روش اندازه‌گیری باشد.

### ۴-۲ 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 این‌صورت مقادیر میانگین VPT باید به صورت میانگین VPTهای مشاهده شده (در دسی بل) محاسبه شود (ref.$۱۰^{-۶}$ $m/s^۲$) یعنی به صورت زیر:

$$T(f_j)_M = \frac{۱}{n}\sum_{i=۱}^{n} T(f_j)_i \qquad (۱)$$

که در آن $T(f_j)_M$ میانگین اندازه‌گیری‌های مکرر $n$ بیان شده در دسی بل می‌باشد ( ref.$۱۰^{-۶}$ $m/s^۲$).

**یادآوری**- VPT میانگین محاسبه شده از میانگین حسابی VPTهای مشاهده شده در واحد دسی بل (ref.$۱۰^{-۶}$ $m/s^۲$)، 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 VPTs $T(f_j)_i$ ها که با اندازه‌گیری‌های مکرر در بسامد تحریک معینی یا بسامد معادل $f_j$ تعیین شده در واحد دسی بل ($\text{ref.}10^{-6}\ \text{m/s}^2$) بیان شود در آنگاه، داریم:

$$V = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} \left( T(f_j)_i - T(f_j)_M \right) \right]^{1/2} \qquad (۲)$$

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

تحت شرایطی که محاسبه انحراف استاندارد معنی‌دار برای یک فرد مورد آزمون (برای مثال، وقتی یک اندازه‌گیری تکی از VPT فرد مورد آزمون به‌دست 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، به‌دست آید. انحراف استاندارد باید مبتنی بر ۱۰ اندازه گیری از VPT که در شرایط مستقل و جدا (۱۰ روز متفاوت )به‌دست آمده باشند.اندازه‌گیری‌ها باید طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ انجام گیرد و انحراف استاندارد که به dB بیان‌شده 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 به عکنوان 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. به هنگام برآورد تغییرپذیری آزمون/ بازآزمون برای آستانه‌های FAII زنان یعنی برای VPTها در بسامدهای اندازه گیری 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 صورتی‌که اطمینان حاصل شود که با اندازه-گیری‌های بیشتر به VPTهای معتبرتری دست خواهد آمد در این‌صورت 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 این‌صورت پایداری و هم‌خوانی جابه‌جایی‌های آستانه‌ای که بر حسب مقررات زیربند ۵- ۶ محاسبه شده بررسی شود تا وجود خطاها تائید 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 موردآزمون 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

### ۵-۱ 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 به‌دست آمده‌اند، انجام شود.

### ۵-۲ جابه‌جایی آستانه نسبی

جابه‌جایی آستانه نسبی باید به صورت تفاوت میان دو مقادیر VPT بیان شده به دسی‌بل ($\text{ref.}10^{-6}\ \text{m/s}^2$) یا نسبت دو مقادیر VPT بیان شده برحسب 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 به‌دست آید. جابه‌جایی آستانه نسبی، $\Delta T\ (f_j)_{\text{M}}$، در بسامد jام ($f_j$) باید به دسی بل بیان شود و در هر بسامد اندازه‌گیری یا بسامد هم‌ارز مقادیر به صورت زیر محاسبه شود:

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

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

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

$$\Delta T(f_j)_{rel} = 20 \lg \left[ t(f_j)_{obs} \ / t(f_j)_{base} \right] \qquad (۴)$$

**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[1] در شخص در یک دوره زمانی صورت گرفته، مفید می‌باشد. در چنین شرایطی، VPT خط مبنا معمولا 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 ($ref.10^{-6}\ m/s^2$) 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 $j$ام ($f_j$) باید به دسی بل بیان شود و در هر زمان بسامد اندازه گیری یا بسامد معادل به صورت زیر محاسبه شود:

$$\Delta T(f_j)_{rel} = T(f_j)_{obs} - T(f_j)_{ref} \qquad (۵)$$

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

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

$$\Delta T(f_j)_{ref} = 20 \lg \left[ t(f_j)_{obs} \ / t(f_j)_{ref} \right] \qquad (۶)$$

**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 جابه‌جایی های آستانه مرجع و گزارش‌های مربوط به نشانه‌های بیماری مشخص شده است. جابه‌جایی های آستانه مرجع مجاز است مرتبط با بیماری‌های عصب (نوروپاتی) موثر بر بازوها و پاها باشد.

2- Pathological

### ۵- ۴ 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، دراین‌صورت 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:

$$\Delta T\,(f_j)_{rel,M} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta T\,(f_j)_{rel,i} \qquad (۷)$$

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

$$\Delta T\,(f_j)_{ref,M} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta T\,(f_j)_{ref,i} \qquad (۸)$$

### 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 برحسب 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 ۱-۲۰۴۶۳مرتبط می‌باشند.

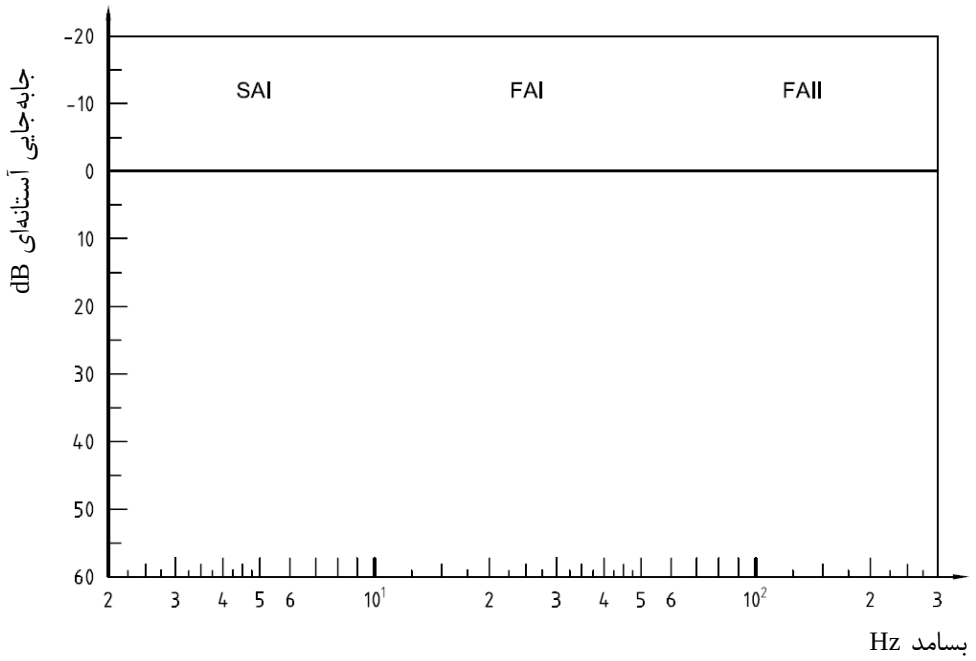
تاکتوگرام ممکن است برای انگشتان، دست‌ها، اشخاص یا گروهی از اشخاص مورد آزمون منحصر به فرد ساخته شود و مقادیر قابل اجرای جابه‌جایی‌های آستانه‌ای نسبی یا مرجع باید به صورت عرضی ترسیم شود. مقادیر در بسامدهای مختلف یا بسامدهای معادل، برای انگشتان، دست‌ها، اشخاص یا گروهی از اشخاص مورد آزمون منحصر به فرد، مجاز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

اگر تاکتوگرام برای یک یا هر دو دست یک شخص باشد در این‌صورت 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.

**یادآوری۲**- 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؛

- عدد ۵، انگشت شست؛




**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 این‌صورت باید هم‌خوانی جابه‌جایی‌های آستانه‌ای نسبی یا مرجع مورد بررسی قرار گیرد. هم‌خوانی با اختلاف بین جابه‌جایی های آستانه نسبی یا مرجع برای بسامدها یا بسامدهای هم مقادیر در واحد دسی بل بیان می‌شود که در آن VPT ها با یک گروه گیرنده مکانیکی مجزا مرتبط می‌باشند. (به استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳، جدول ۳ مراجعه شود).

در وضعیت‌هایی که در آن VPT های خارج از گستره مقادیر مورد انتظار برای اشخاص سالم تعریف شده در زیر بند ۶-۵ 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 ۱-۲۰۴۶۳ تعیین شده باشند در این‌صورت 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 اندازه گیری مجاز در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ 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، $\Delta T(f_j)_{\mathrm{rel,M}}$، به صورت زیر می‌باشد:

$$\Delta T(f_j)_{rel,M} = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\Delta T(f_j)_{rel} \qquad (۹)$$

که در آن عملگرجمع، 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، $\Delta T(f_j)_{\mathrm{ref,M}}$ ، به صورت زیر می‌باشد:

$$\Delta T(f_j)_{ref,M} = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\Delta T(f_j)_{ref} \qquad (۱۰)$$

که در آن عملگر جمع[1]، 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، $\Delta T(f_j)_{\mathrm{rel,M}}$ ، به صورت زیر می‌باشد:

1- Summation

در وضعیت‌هایی که در آن VPTهای 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 VPTهای 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 می کند.

## ۶ تفسیر آستانه‌های درک لمسی و جابه‌جایی‌های آستانه‌ای

### ۶-۱ کلیات

مقادیر VPTها 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.

### ۶-۲ خطای اندازه‌گیری و مفهوم آماری VPTهای مشاهده شده

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

در شرایطی که امکان محاسبه انحراف معیار معنادار وجود ندارد (مثلا اگر VPT در یک نوک‌انگشت فقط در یک موقعیت تعیین شده باشد) در این‌صورت 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 دسی‌بل بیان شود و باید برای تحلیل آماری مورد استفاده قرارگیرد.

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

اگر جابه‌جایی آستانه نسبی در یک نوک‌انگشت به کرات تعیین شود، دراین‌صورت خطای اندازه‌گیری قابل اعمال به میانگین مقدار جابه‌جایی‌های آستانه‌ی نسبی، انحراف معیار خواهد بود بر حسب دسی‌بل 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 مقـادیر VPT بـه‌دسـت آمده باشد در این‌صورت خطای اندازه‌گیری قابل اعمال به مقادیر مشاهده شده جابه‌جایی آستانه نسبی بایـد ۱٫۴۱۴ برابر تغییرپذیری آزمون/ بازآزمون برآورد شده برای روش اندازه‌گیری بر حسب مقـررات زیربنـد ۴-۳ باشد و باید مانند انحراف معیار قابل اعمال به جابه‌جایی آستانه نسبی مشاهده شده در واحد دسی بـل بیـان 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 مرجـع حـاوی اشخاص سالم لازم است. مقادیر VPT برای فراد سالم در سن ۳۰ سالگی در پیوست الف در واحد دسـی بـل ($10^{-6}$ $m/s^2$) و در واحد متر بر مجذور ثانیه ارائه شده است. مقادیر برحسب ۲٫۵، ۱۵، ۵۰ (مقادیر میـانگین)، ٪ ۸۵ و٪ ۹۷٫۵ گروه جمعیتی برای هر بسامد تحریک یا بسامد معادل تعیین شده در اسـتاندارد ملـی ایـران شماره ۱-۲۰۴۶۳بیان 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 ملـی ایـران شماره ۱-۲۰۴۶۳ به‌کار روند. مقادیر مثبت ۵۰ درصدی را باید به عنوان آستانه‌های مرجع بـرای محاسـبه و تفسیر جابه‌جایی‌های آستانه مرجع، مثلا 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 گیرنده‌هـای SAI، با تقریب ۰٫۰۸ dB در سال در بسامدهای مرتبط با گیرنده‌هـای FAI، و از ۰٫۲۵ dB در سـال تـا ۰٫۳۵ dB در سـال در بسامدهای مرتبط با گیرنده‌های FAII افزایش می‌یابد.

**یادآوری ۲**- در مطالعات اپیدمیولوژیکی[1]، VPTهای مورد استفاده برای گروه جمعیتی مرجع ممکن است از یک گروه کنتـرل مشتق شده باشد.

1- Epidemiological

### ۶- ۵ انحراف از VPTهای اشخاص سالم

انحراف از VPTهای اشخاص سالم و جابه‌جایی‌های آستانه مرجع باید برحسب احتمال انحراف مشاهده شده از مقدار میانگین برای اشخاص سالم ارزیابی شود. خطاهای اندازه‌گیری مرتبط با VPTهای 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 ۱-۲۰۴۶۳ در نظر گرفت. مقادیر مشاهده شده VPTها 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 بی نظمی مرتبط با اختلال در عصب حسی محیطی نیست.

### ۶- ۶ مفاهیم فیزیولوژیکی و بالینی تغییرات VPTها

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 به‌کار رود. زمانی‌که VPTها 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 اندازه-گیری جابه‌جایی آستانه نسبی در شرایطی که در یک فرآیند پاتولوژیکی یا ترمیم در طول زمان روی می‌دهد مفید باشد.

تغییرات VPTها و جابه‌جایی‌های آستانه مرجع مجاز است بر جنبه‌های خاصی از عملکرد لامسه تاثیر داشته باشد و انتظار می رود 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 VPTهای اشخاص سالم از روش‌های آزمون مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ 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 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 براین 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 VPTها گزارش شده است.

از گروه جمعیت انسانی که VPTها از آن‌ها به‌دست 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. VPTهای گزارش شده در همه مطالعات مربوط به اشخاص سالم می‌باشد.

مقادیر VPTهای اشخاص مذکر و مونث سالم قابل اعمال به آستانه‌های تعیین شده مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ در جدول الف-۲ در واحد دسی بل ارائه شده است. ($ref.10^{-6}\ m/s^2$)، 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 ۱-۲۰۴۶۳ بیان شده است.

آستانه‌ها زمانی‌که در واحد دسی بل بیان می‌شوند یک توزیع گاوسی را تقریب می‌زنند. آستانه‌ها برای درصدهای غیر از مقادیر میانگین مجاز است برای VPTهای بیان شده در واحل دسی‌بل ($ref.10^{-6}\ m/s^2$) در بسامد معین یا بسامد معادل $f_j$ ازعبارت زیر برآورد شوند:

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

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.

VPTهای موجود در جدول الف-۲ مقادیر وزنی ایجاد شده از مجموعه داده‌های فهرست شده در جدول الف-۱ می‌باشند. که برای سن میانگین ۳۰ سال تنظیم شده‌اند. تعداد کل انگشتانی که آستانه‌ها از روی آنها محاسبه شده، $N_F$، برای هر بسامد تحریک یا بسامد معادل نشان داده شده است. وزن هر مجموعه داده‌ای با تعداد انگشتان در بسامد تحریک یا بسامد معادل مطرح شده ارائه شده است. در صورتی‌که اختلاف مفهومی میان آستانه‌های مرتبط با اعصاب میانی و اعصاب مربوط به استخوان آرنج (اولنار)[1] مشاهده نشود در این صورت VPTها از آستانه‌های به‌دست آمده در اعداد ۲، ۳ (به یادآوری ۲ در زیربند ۵-۵ مراجعه شود) و ۵ مشتق می‌شوند.

**یادآوری**- با استفاده از روش‌های اندازه‌گیری جایگزین تعیین شده در استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۰۴۶۳ ممکن است تفاوت‌های اندکی در VPTها مشاهده شود. باقیمانده، اختلاف غیر قابل توضیح میان VPTهای میانگین برای هر مطالعه در جدول الف- ۱ فهرست شده و مقادیر ٪۵۰ در جدول الف-۲ معمولا کمتر از dB ۲ می‌باشند. در بعضی از مطالعات، افزایش در VPTها (یعنی کاهش تیزحسی) در انگشتان مرتبط با عصب اولنار مشاهده می‌شود.

تغییرات نرمال هورمونی در طول عادت ماهانه، VPTهای زنان را بویژه در بسامدهای مرتبط با گیرنده‌های FAII (یعنیHz ۱۶۰ وHz ۱۲۵ وHz ۱۰۰) تحت تاثیر قرار می‌دهد. این امر مجاز است مقادیر افزوده $s(f_j)$ را در زنان در مقایسه با مورد مردان در جدول الف-۴ توضیح دهد.

VPTهای میانگین اشخاص سالم نسبت به سن، با تقریبا dB ۰٫۰۳ در سال در بسامدهای مرتبط با گیرنده‌های SAI، dB ۰٫۰۸ در سال در بسامدهای مرتبط با گیرنده‌های FAI، و از dB ۰٫۲۵ در سال الی dB ۰٫۳۵ در سال در بسامدهای مرتبط با گیرنده‌های FAII، افزایش می‌یابد. اثر پیری در آستانه‌های مرتبط با گیرنده‌های FAII احتمالا به بسامد اندازه‌گیری بستگی دارد و VPTهای سنجیده شده در ۱۰۰Hz نسبت به VPTهای سنجیده شده در ۱۶۰ Hz تمایل کمتری به افزایش نسبت به سن دارند. VPTهای میانگین برای اشخاص سالم در سنین غیر از ۳۰ سالگی مجاز است با استفاده از این اطلاعات برآورد شود. برای یک شخص، جابه‌جایی آستانه نسبت به سن ممکن است از مورد VPT میانگین برای اشخاص سالم تاحد چشم‌گیری منحرف شود، از این‌رو بهتر است با استفاده از این اطلاعات برآورد نشود.

مقادیر ٪۵۰ در جدول الف-۲ و الف-۳ به ترتیب را می‌توان به عنوان آستانه‌های مرجع برای محاسبه و تفسیر جابه‌جایی‌های آستانه مرجع به‌کار 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.

1- Ulnar

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

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

a VPT از اندازه‌گیری خطی آستانه‌های افزایشی و کاهشی محاسبه شده که اریب[1] را در VPT نشان می‌دهد (ترفیع آشکار VPT با dB ۱٫۵، 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 dB/s ۳ می‌باشد در بسامدهای بالای Hz ۵۰ 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 dB/s ۳ است مور استفاده قرار می‌گیرد که مجاز است خطا در VPT را نشان دهد (معمولا ترفیع آشکار در VPT دیده می‌شود).

1- Bias

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

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

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

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

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

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

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

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

# 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)[1] 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. اخیرا 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[2]، آسیب کششی مکرر، بیماری عصب اولنار، پلی نوروپاتی، اشخاص قرار گرفته در معرض ارتعاش دست بازو، اعمال می‌شود. زمانی‌که 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 به‌شرط 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[3] 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 به‌کار می‌رود.

استفاده از VPTها به عنوان یک آزمون عینی در طب بالینی نیز تائید 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 شده‌است.

---

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

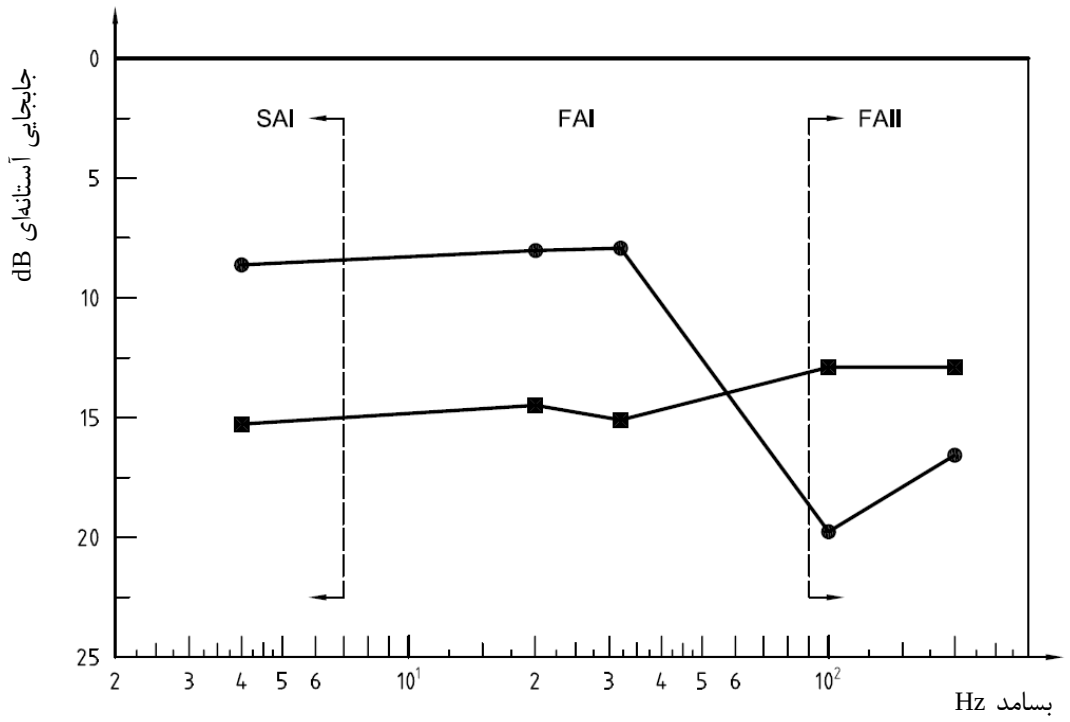
عدم وجود روش‌های استاندارد شده برای تعیین VPTها و منابع محدود مقادیر هنجاری برای دست‌های سالم، در گذشته، از پذیرش گسترده این تکنیک در روش‌های بالینی ممانعت کرده است. در این استاندارد به این محدودیت‌ها پرداخته می‌شود. استاندارد سازی روش‌های اندازه گیری‌ای که منجر به ارتباط VPTها فقط با یک گروه گیرنده 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 نوک‌انگشتان 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 درنوک‌انگشتان که برای آنها VPT ها ممکن است بدست آید عبارتند از: گیرنده‌های نوع (۱) تطابق آهسته (SAI) که از نظر آناتومی مطابق با دیسک‌های مرکل[1] می‌باشند، گیرنده‌های نوع (۱) تطابق سریع (FAI) که از نظر آناتومی مطابق با دانه‌های مایستر[2] می‌باشند، و گیرنده‌های نوع (۲) تطابق سریع (FAII) که از نظر آناتومی مطابق با دانه‌های پاسینی[3] 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 نوک‌انگشتان 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 نوک‌انگشتان 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 معمولا در بسامدهای مرتبط با همان گروه گیرنده مکانیکی مشاهده می‌شود (یعنی در ۲۰ Hz و ۳۱٫۵ Hz). در بعضی از انگشتان، جابه‌جایی های 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 می تواند میان گروه‌های گیرنده مختلف در همان نوک‌انگشت، 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 گیرنده 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[1]) و درد پین پریک[2] دریافت اطلاعات از حرکات بدنی توسط سیستم حسی[3] (وضعیت مفاصل) و رسانش عصبی در مجموعه‌ای از بیماران تثبیت گردید. بیشترین ارتباط میان VPTها و داده‌های دیاپازون مربوط به همان انگشت بود ($P <$ ۰/۰۰۱).

همچنین ارتباط معناداری میان VPTها و سیستم حسی ($p <$ ۰/۰۱) و ارتباط کمی میان VPTها و پین پریک ($p <$ ۰/۰۵) مشاهده گردید. ارتباط مشابهی نیز میان VPTها و پتانسیل‌های عمل اتصال مرکب عصب حسی و سرعت‌های رسانش در همان انگشت مشاهده گردید ($p <$ ۰/۰۵). 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 VPTها 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 طیبعی ارزیابی شد. علاوه بر این، جابه‌جایی‌های آستانه‌ای به نحو چشم‌گیری در انگشتان شماره ۳ و ۵ هر دست مشابه بود و در هر دو دست همان الگو مشاهده گردید.

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

تعیین VPTها روش کمی برای ارزیابی مسیرهای حس‌های تنی[1] حاصل اطلاعات لامسه به مغز را فراهم می‌سازد. از دیدگاه عملکرد، خروجی آوران[2] برای شناسایی لامسه اشیاء ضروری است و به عنوان بخشی از حلقه حس‌های تنی برای دستکاری و کنترل اشیاء به‌کار می‌رود.

ارتباط میان VPTها 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 اندازه گیری 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 به‌دست 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 پیش بینانه 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 می باشد. 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 ($p < ۰/۰۲۵$)، 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 (مثلا 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 به‌طوری‌که 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 تائید 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] GESCHEIDER 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