

## 話 題

# 低レベル全身振動と腰痛の量反応関係についての検証

岡田 晃<sup>1</sup>, 中村 裕之<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学

<sup>2</sup> 金沢大学医薬保健研究域医学系環境生態医学・公衆衛生学

**抄録:** 低レベル全身振動と腰痛の量反応関係についての検証: 岡田 晃ほか. 金沢大学—目的: 全身振動における振動レベル (加速度) が大きい作業は主に建設や採鉱現場での重機での乗務作業とされており, その労働者の健康問題として腰痛の存在が報告されてきた. その作業が腰部の曲げ, 捻りを伴う作業などの他の労働条件を伴うため, 振動曝露と腰痛の因果関係が疑問視されてきた上に, ごく最近, より小さい振動加速度と腰痛の因果関係を示唆する総説が報告されるに至ったため, 低加速度における全身振動を含め, 全身振動と腰痛との関係を, 量反応関係を中心として総説した. **方法:** 全身振動と腰痛との関係を調べた疫学研究のうち, 因果関係を量反応関係についての結果を扱ったものを中心に検証した. その際, 同じ目的で検証した総説の内容も取り上げた. **結果と考察:** CTやMRIなどの病変写真などの客観的な指標を用いた場合, その因果関係を支持する研究はなかった. 作業の年数と腰痛との発症に量反応関係を示す報告は多かったが, 振動曝露量を Asum(8) (x, y, z 軸の3方向の合成振動値の8時間等価周波数補正加速度実効値) の指標で評価した場合, 1.0 m/s<sup>2</sup> を超えない振動加速度の場合, 量反応関係が成り立つことを認めた研究はほとんどなかった. **結論:** 本論文は, Asum(8) を全身振動の許容基準として, わずかであるが勘案できるとした知見に対する反証したものであり, 以上から, 暫定基準値 Asum(8) を 0.35 m/s<sup>2</sup> まで引き下げるとした, 日本産業衛生学会の根拠である低レベル曝露の量反応関係を認める研究は存在しないと結論づけることができた.

(産衛誌 2013; 55(2): 62-68)

doi: 10.1539/sangyoeisei.A12002

2012年9月11日受付; 2012年12月10日受理

J-STAGE 早期公開日: 2013年1月11日

連絡先: 岡田 晃 〒920-8640 金沢市宝町 13-1

金沢大学医薬保健研究域医学系環境生態医学・公衆衛生学 (e-mail: hiro-n@po.incl.ne.jp)

**キーワード:** Acceleration, Dose-response relationship, Low back pain, Occupational exposure limit, Whole-body vibration

## I. はじめに

全身振動は, 環境問題として重要な側面を有しており, 一方, 多くの労働現場で遭遇する物理的環境でもある. 振動加速度が大きい作業は主に建設現場での重機での乗務作業とされており, その労働者の健康問題として腰痛の存在が注目されていた<sup>1,2)</sup>. その中心的論議は, 加齢などの生理的条件に加えて, 腰痛が他に肉体的作業を強いる労働条件や, 持続的筋力保持を要求される運転条件, さらには密室的な空間での作業が精神的ストレスを伴うなど, 他の労働条件の影響を考慮する必要があることによって, 振動曝露と腰痛の因果関係が疑問視されてきた<sup>2)</sup>. しかるに, ごく最近, より小さい振動加速度との因果関係を強調する総説<sup>3)</sup>が示されることもあるため, これまで若干, 話題にはしてきたが<sup>4)</sup>, 低加速度における全身振動を含め, 全身振動と腰痛との関係を, 量反応関係を中心として総説した.

## II. 方法

全身振動の曝露と背腰部症状の有無の関係を疫学的な因果関係を中心に総説した論文のうち, 主にMEDLINE掲載の1975年から2012年で抽出された和文と英文論文を, キーワードとしてwhole body vibration, lumbagoあるいはlow back pain, epidemiologyとして抽出された総説と, その総説の中で全身振動曝露と腰部症状の因果関係について論じているもの, あるいは全身振動の曝露量と背腰部症状の量反応関係を表したのものとして引用されている論文を対象とした.

## III. 結果と考察

### 1. 全身振動と腰痛に関する疫学

腰痛と労働条件との関係を疫学的に著した研究のうち, その評価に耐えうるために年齢などの交絡因子を調整していた論文についてのメタ解析をしたLöttersら<sup>5)</sup>の研究が多く引用されている. それによれば, 腰痛と関連があった労働条件としては, 腰部の曲げ, 捻りを伴う作業と全身振動曝露とし, 年齢などの交絡因子を調整していた5つの論文(Alcouffeら<sup>6)</sup>, BovenziとBetta<sup>7)</sup>, BovenziとZadini<sup>8)</sup>, Pietriら<sup>9)</sup>とXuら<sup>10)</sup>)のメタ解析をした結果, 全身振動と腰痛との関連はオッズ比1.43(95%信頼区間1.19-1.71)でもって認められるとした. しかしながら, この研究の中でもBoshuizen

ら<sup>11)</sup>, Bovenzi と Betta<sup>7)</sup>, Bovenzi と Zadini<sup>8)</sup> の3つを挙げ、そのカットオフ値を加速度  $1.0 \text{ m/s}^2$  と推定している。この点、西山ら<sup>3)</sup>の総説でも、「前述したように、分割点を  $0.5 \text{ m/s}^2$ ,  $1.0 \text{ m/s}^2$  とする根拠は薄弱であり、メタ解析で量反応関係が認められているとは言い難い。」と述べているが、 $0.5 \text{ m/s}^2$  から  $1.0 \text{ m/s}^2$  にかけて Lötters ら<sup>5)</sup> が量反応関係を支持していることについて記されていない。

一方、Leclerc ら<sup>12)</sup>, Macfarlane ら<sup>13)</sup>, Manninen ら<sup>14)</sup>, Niedhammer ら<sup>15)</sup> は、全身振動と腰痛との間に有意な関係を認めていない。逆に van Poppel ら<sup>16)</sup> の労働と腰痛に関する前向き研究では、フォークリフト乗車作業 (Riding forklift truck) では相対危険度が  $0.7$  (95% CI,  $0.6-0.98$ ) であり、全身振動に伴う作業が腰痛発症に対して有意に防衛的に作用していた。

さらに Bible ら<sup>17)</sup> は、腰痛などの自己申告の主観的症候を基にした疫学調査では全身振動の腰部疾患に及ぼす影響を客観的に評価できないと考え、CT や MRI などの病変写真などの客観的な指標を用いた文献の総説を行っている。それによれば、全身振動と腰部症状の関係を記した研究は  $700$  あったが、CT や MRI などの病変写真を指標とした論文は  $7$  つ研究 (Fryomeyer ら<sup>18)</sup>, Brinkmann ら<sup>19)</sup>, Kumar ら<sup>20)</sup>, Battie ら<sup>21)</sup>, Aydog ら<sup>22)</sup>, Kuisma ら<sup>23)</sup>, Saberi ら<sup>24)</sup>) だけであった。そのすべてが全身振動と腰部病変との関係は、曝露量の評価などの研究デザインの問題により、その因果関係に明確な証拠を与えるものではなかったと結論している。また WorkSafeBC Evidence-Based Practice Group<sup>25)</sup> は、 $133$  の文献を総説して全身振動の腰痛への影響を評価しているが、バイアスや交絡因子を考慮すれば、その因果関係はまったくないと結論づけている。

西山ら<sup>3)</sup>の総説の中で、「Burdorf と Hulshof ら<sup>26)</sup> も上述のレビューに基づき、全身振動が腰痛発症のリスクファクターであることは文献的に明らかであると述べている。また、優勢軸の  $8$  時間等価周波数補正加速度実効値が  $0.5 \text{ m/s}^2$  を超える全身振動が背腰部障害に有意に寄与することが示唆されることも述べている。」と記載しているが、Burdorf と Hulshof<sup>26)</sup> はマルコフモデルを用いて労働に伴う腰痛による労働損失を明らかにしようとしただけであって、全身振動と腰痛の関係をその加速度レベルの違いによって明らかにすることは意図されていない。事実、Burdorf と Hulshof<sup>26)</sup> が軽度の全身振動曝露 ( $0.5-1.0 \text{ m/s}^2$ ) による労働損失を計算した際の根拠とした論文である Schwarze ら<sup>27)</sup> は、 $0.6 \text{ m/s}^2$  以上では腰痛に対して有意な寄与が認められるとしているが、もう一方の Pietri らの研究<sup>9)</sup> では、振動加速度との関係については言及していなかった。さらにこの研究では、曝露期間 (乗車期間) と腰痛のリスク

の間には明確な関係がなかったと述べている。このように Burdorf と Hulshof の総説<sup>26)</sup> だけでは、 $0.5 \text{ m/s}^2$  を超える全身振動が背腰部障害に有意に寄与することにはならないと結論づけられる。

## 2. 全身振動の曝露量と背腰部症状の量反応関係

全身振動に伴う作業はその作業を強いる姿勢の問題から、作業の年数と腰痛との発症に量反応関係を示すことが認められている。Boshuizen ら<sup>11, 28)</sup> は、農業用のトラクターで振動量が  $0.3-1.1 \text{ m/s}^2$  にわたる運転手の主観的な腰痛を評価し、作業年数と腰痛との関係を認めているが、腰痛と振動量 ( $\text{m/s}^2$  と  $\text{m}^2/\text{s}^4$ ) との量反応関係は認めていない。その結果、彼らは腰痛の発症を作業の際の姿勢の影響であると推察している。また、彼ら<sup>11, 28)</sup> はフォークリフトと貨物コンテナの運転手の全身振動と腰痛の関係も評価しているが、 $0.8 \text{ m/s}^2$  のフォークリフトと  $1.0 \text{ m/s}^2$  の貨物コンテナの振動が、有意に腰痛に関係するのは  $35$  歳未満で、かつ就業年数が  $5$  年未満の運転手だけであり、それ以外の条件では有症率に有意な差は見出していない。Bongers ら<sup>29)</sup> は、 $133$  人のヘリコプター乗務員を  $228$  人の対照と比較して、腰痛に対する総飛行時間、振動量 ( $\text{m}^2/\text{h/s}^4$ ) の関係を調べているが、量反応関係が認められるのは総  $4,000$  時間以上のとき、 $1,200 \text{ m}^2/\text{h/s}^4$  であり、時間、振動量とも極めて大きい時のみである。さらには、振動量との関連は振動量の単位  $\text{m/s}$  とは異なる  $\text{m}^2/\text{h/s}^4$  において成立するのであって、これは衝撃振動が大きいヘリコプター特有の影響と考えられる。

Lings ら<sup>30)</sup> は  $1992-1999$  年の  $7$  年間の全身振動と腰痛との関係を総説し、全身振動の曝露量と腰痛との発症の因果関係を推察できるに足る的確条件を満たした研究は  $7$  つ<sup>7, 10, 27, 31-34)</sup> だけであったとした。そのうち、 $2$  つの研究 (Bovenzi ら<sup>7)</sup>, Schwarze ら<sup>27)</sup>) だけが加速度と有症率との間に量反応関係を示したとした上で、今後、よくデザインされた前向き研究が必要であることを強調している。

Tiemessen ら<sup>35)</sup> は、全身振動に伴う乗務作業と振動曝露量との量反応関係を調べているが、腰の屈伸や捻りなどの他の作業条件を調節した上で、 $\text{m/s}^2$  は腰痛の「発症」と有意な量反応関係を認めてはいるが、 $12$  ヶ月の持続的腰痛との関係については否定的であった。さらには腰痛の重症度と曝露量との関係には量反応関係が認められず、振動作業は腰痛発症の引き金にはなるが、持続的腰痛との関連は少ないと結論づけている。また、Bakker ら<sup>36)</sup> の腰痛と作業負荷の関係を調べた総説では、全身振動曝露と作業期間との間に作業期間が長くなるほど、腰痛のリスクが減少するとも述べている。

西山ら<sup>3)</sup>は、「レビュー文献で量反応関係を認めたとし

ているのは Lötters ら<sup>5)</sup>である。すなわち、Lötters ら<sup>5)</sup>は、特に調整の有無の区別をせずに、全身振動曝露群について低度曝露群 ( $0.5 \text{ m/s}^2$ – $1.0 \text{ m/s}^2$ ) と高度曝露群 ( $1.0 \text{ m/s}^2$  以上) の全身振動への5年曝露あるいはそれと等価な全身振動曝露量として抽出することのできた文献について pooled analysis を行い、わずかながら量反応関係を認めたと述べている。」と述べているが、前述したように  $0.5 \text{ m/s}^2$  から  $1.0 \text{ m/s}^2$  にかけて Lötters ら<sup>5)</sup> が量反応関係を支持しているとは述べられていないのであって、西山らの「わずかながら量反応関係を認めたと述べている」という表現は極めて曖昧と言わざるを得ない。

同じく論文<sup>3)</sup>で Burdorf ら<sup>37)</sup>は作業関連性として、手作業による物の扱い、頻繁な前屈・捻転、重量物負荷、静的作業姿勢、反復動作、全身振動への曝露の有無などを、また Boshuizen ら<sup>11, 28)</sup>の報告として述べられているように「量反応関係が明瞭でない理由として①用いられた振動の大きさが必ずしも代表値といえないこと、②振動の大きさの推定が1985年に使用されていたごくわずかの場面での測定値に基づいていること、③振動の大きさは車輛の保守状態、土壌や路面の状態、運転スタイルや速度、タイヤのタイプ、運転席のタイプなどに依存することなど」、さらに舟越ら<sup>38)</sup>は、腰痛と有意な関連を認めた労働要因として「運転座面の適合性」、「職業性ストレス」などをあげているが、全身振動を評価する場合には、他の環境因子とは異なり、様々な要因が関与して複雑なことに留意しなければならない。

このように、全身振動のみでなく他の要因が大きく関与する全身振動の影響に関しては、精細な研究展開によってはじめて明らかにすることができる。西山らの論文<sup>3)</sup>では横断研究として4つの論文、コホート研究として4つの論文が示されている。このうち Burdorf ら<sup>26)</sup>の表に示されたのは  $0.5 \text{ m/s}^2$  を対象としているので、 $0.35 \text{ m/s}^2$  にかかわる論文としては Bovenzi の論文<sup>39, 40)</sup>しかない。もちろんこの総説<sup>3)</sup>は Bovenzi の研究<sup>39, 40)</sup>は最適な曝露指標を見出すことを目的としており、これによって許容値そのものを提案することを意図していないとしても、この総説<sup>3)</sup>における量反応関係を示す最も大きな根拠としているのは Bovenzi の2つの論文<sup>39, 40)</sup>である。Bovenzi<sup>39)</sup>は、ホイールローダー、掘削機、岩盤破砕機、連結式ダンパー、オフロード車、クレーン車、フォークリフト、ブルドーザー、コンテナ・トラクタ、ゴミ収集車、バスなどの運転に従事する者317人を2年間追跡した。Asum(8)の4分位値で分割(< $0.30$ ,  $0.30$ – $0.34$ ,  $0.35$ – $0.45$ , > $0.45 \text{ m/s}^2$ )し、多重ロジスティック回帰分析(ベースライン・1年目・2年目に観察、年齢、姿勢、重量物負荷、精神的負荷などについて調整、対照は < $0.30 \text{ m/s}^2$ )を行っているが、Bovenzi の論文<sup>39)</sup>の907と909頁の Table 8, Table 9を Fig. 1, Fig. 2と

して示してある。Asum(8)の結果 (Fig. 1, Fig. 2として掲載)では、直近12ヶ月以内における low back pain の経験のオッズ比についての傾向性に関する尤度比検定は、 $p=0.027$ となるものもある (Fig. 1の transition model) が、オッズ比の傾向は上がって下がっているものがほとんどである。例えば、直近12ヶ月以内における強い low back pain の経験についてのオッズ比は、1.68 (1.00–2.82), 2.06 (1.31–3.23), 0.94 (0.57–1.54) (Fig. 2)であり、傾向性に関する尤度比検定での  $p=0.54$  で有意な量反応関係は認められていない。つまり中央値付近がもっとも腰痛のリスクが高く、強い振動を受けているグループはほとんど振動をうけていないグループよりは腰痛を経験するリスクが高いものの、中央値付近のグループほどではないという傾向にある。Bovenzi の論文<sup>39)</sup>の905頁の Table 7におけるオッズ比の A(8) sumでも、量反応関係は認められていない。

また、Bovenzi の論文<sup>40)</sup>の中での Table 6の素データ(補正前の raw data)では、Table 1の如くに  $\chi^2$  検定で再解析をすると、腰痛の罹患期間、腰痛の程度、腰痛による障害のいずれにおいても A(8) との有意な関係は認められるどころか、逆に加速度が小さいときの方が有意に腰痛の症状が重くなっている。したがって、量反応関係が認められるとは A(8)sum ( $\text{m/s}^2 \text{ r.m.s.}$ )に限ってはありえないといえる。たとえ年齢、姿勢、重量物負荷、精神的負荷、1年前の過去12ヶ月以内における low back pain の経験などについての修正後の結果が有意であったとしても、この raw data における逆の関係ではまったく説明がつかず関連がないことを証明している。このように raw data における関係ではなく、調整後の結果で評価するのが通常であるという意見もあるが、raw data と多変量解析の結果が異なることはよくあることでもある。ほとんどは raw data に有意差が認められ、多変量解析の結果では認められない場合である。この場合は、同時に解析に用いた交絡因子の影響によるものがほとんどである。またまれに逆の場合、つまり、raw data が有意ではなく、多変量解析で有意になることはある。この場合、raw data、多変量解析では一切、調べられていない因子が関与し、この因子が介在することを示唆しており、その特殊な場合については、著者である Bovenzi<sup>40)</sup>が、その原因を説明する必要があるが、論文では、一切、その理由について触れられていない。調整後の結果で評価するのが通常であるが、分析はあくまでも分析であって raw data があくまでも基礎になるのである。この Bovenzi の論文<sup>39)</sup>の Summary をまとめたのが Table 2である。このように最適な曝露指標を追究することを目的としており、すなわち、曝露指標としては、 $\text{m/s}^2$  よりも累積振動曝露量が腰痛発症の優れた指標であることを示したもので、 $\text{m/s}^2$

**Table 8** Random-intercept logistic regression of 12-month low back pain on alternative measures of exposure to whole-body vibration (WBV) in the professional drivers ( $n = 537$ ) over a 2-year follow-up period

	Standard model ( $n = 537$ , obs = 1,391)	Time-lag model ( $n = 537$ , obs = 854)	Transition model ( $n = 537$ , obs = 854)
Measures of daily WBV exposure			
Daily exposure duration (h)			
<5.0	1.0 (-)	1.0 (-)	1.0 (-)
5.0-6.0	1.43 (0.82-2.52)	1.92 (0.86-4.28)	1.18 (0.75-1.86)
6.1-7.0	2.00 (0.97-4.13)	1.86 (0.63-5.49)	1.21 (0.65-2.28)
>7.0	1.60 (0.87-2.92)	2.43 (1.08-5.44)	1.59 (1.01-2.50)
LR statistic ( $\chi^2$ , 3df)	4.22 ( $P = 0.24$ )	4.83 ( $P = 0.18$ )	4.25 ( $P = 0.24$ )
LR test for trend ( $\chi^2$ , 1df)	2.78 ( $P = 0.10$ )	3.64 ( $P = 0.057$ )	4.06 ( $P = 0.044$ )
<b>A<sub>sum</sub>(8) (m s<sup>-2</sup> r.m.s.)</b>			
<0.30	1.0 (-)	1.0 (-)	1.0 (-)
0.30-0.34	1.70 (0.96-3.02)	0.88 (0.38-2.02)	0.79 (0.48-1.29)
0.35-0.45	1.26 (0.70-2.27)	1.92 (0.88-4.16)	1.61 (1.05-2.47)
>0.45	0.61 (0.32-1.17)	1.41 (0.62-3.19)	1.46 (0.94-2.26)
LR statistic ( $\chi^2$ , 3df)	2.32 ( $P = 0.51$ )	4.68 ( $P = 0.20$ )	10.6 ( $P = 0.014$ )
LR test for trend ( $\chi^2$ , 1df)	1.0 ( $P = 0.32$ )	1.41 ( $P = 0.24$ )	4.89 ( $P = 0.027$ )

**Fig. 1.** Result of Asum(8) shown in Table 8 (page 907) by the article of Bovenzi<sup>39</sup>.

**Table 9** Random-intercept logistic regression of high pain intensity in the lower back in the previous 12 months (numerical rating scale > 5) on alternative measures of exposure to whole-body vibration (WBV) in the professional drivers ( $n = 537$ ) over a 2-year follow-up period

	Standard model ( $n = 537$ , obs = 1,391)	Time-lag model ( $n = 537$ , obs = 854)	Transition model ( $n = 537$ , obs = 854)
Measures of daily WBV exposure			
Daily exposure duration (h)			
<5.0	1.0 (-)	1.0 (-)	1.0 (-)
5.0-6.0	1.29 (0.72-2.31)	1.65 (0.71-3.87)	1.26 (0.76-2.07)
6.1-7.0	1.37 (0.67-2.81)	2.96 (0.95-9.27)	1.78 (0.91-3.51)
>7.0	2.11 (1.15-3.88)	3.90 (1.64-9.31)	1.88 (1.15-3.06)
LR statistic ( $\chi^2$ , 3df)	6.15 ( $P = 0.10$ )	11.8 ( $P = 0.008$ )	8.05 ( $P = 0.045$ )
LR test for trend ( $\chi^2$ , 1df)	5.77 ( $P = 0.016$ )	11.7 ( $P = 0.0006$ )	7.78 ( $P = 0.005$ )
<b>A<sub>sum</sub>(8) (m s<sup>-2</sup> r.m.s.)</b>			
<0.30	1.0 (-)	1.0 (-)	1.0 (-)
0.30-0.34	0.99 (0.56-1.76)	3.00 (1.21-7.44)	1.68 (1.00-2.82)
0.35-0.45	1.58 (0.88-2.85)	3.87 (1.63-9.16)	2.06 (1.31-3.23)
>0.45	1.00 (0.52-1.92)	1.07 (0.43-2.65)	0.94 (0.57-1.54)
LR statistic ( $\chi^2$ , 3df)	3.25 ( $P = 0.35$ )	15.4 ( $P = 0.0015$ )	15.2 ( $P = 0.0017$ )
LR test for trend ( $\chi^2$ , 1df)	0.27 ( $P = 0.60$ )	1.24 ( $P = 0.27$ )	0.38 ( $P = 0.54$ )

**Fig. 2.** Result of Asum(8) shown in Table 9 (page 909) by the article of Bovenzi<sup>39</sup>.

**Table 1.** Relationship between vibration exposure (Asum(8), (m/s<sup>2</sup>, r.m.s.)) and low back pain (LBP) reassessed using data shown in the article of Bovenzi<sup>40</sup>

Asum(8) (m/s <sup>2</sup> , r.m.s.)	Duration of LBP		Pain intensity		Disability	
	short	long	weak	strong	small	large
<0.4	76 (55.1)	62 (44.9)	66 (51.6)	62 (48.4)	84 (60.1)	54 (39.1)
>0.4	48 (75.0)	16 (25.0)	48 (75.0)	16 (25.0)	48 (75.0)	16 (25.0)
Statistics	$\chi^2=(7.32, 1), p=0.0068$		$\chi^2=(9.72, 1), p=0.0018$		$\chi^2=(3.85, 1), p=0.0496$	

Although all statistics showed significant relationship between Asum(8) and the indicators of LBP, the table demonstrated that greater Asum(8) produced the less severity of LBP.

**Table 2.** Japanese translation of the abstract shown in the article of Bovenzi<sup>39)</sup>


---

**目的:** 本研究の目的は、乗務員（ドライバー）における全身振動曝露指標と腰痛の関係を検討することであった。

**方法:** 12ヶ月腰痛の発生率は、強い痛み強度（数値評価尺度スコア>5）、腰における障害（Roland and Morris障害スケールスコア $\geq$ 12）が、537人のドライバーをコホートとして2年間、フォローアップ調査した。腰痛、個々の特性、仕事関連のリスク要因は、構造化された調査票を用いた直接面接法によって調査した。毎日の振動曝露は8時間等価周波数補正加速度実効値、rms, m/s<sup>2</sup> (A8)またはvibration dose value (VDV, rmq, m<sup>2</sup>/s<sup>4</sup>)で評価した。車上的振動曝露量および振動曝露時間から、7つの総振動曝露指標が等価周波数補正式を用いて各々ドライバーで計算された。

**結果:** ドライバーのコホートでは、腰痛の累積発生率は、12ヶ月の腰痛に対して36.3%、強い痛み強度に対して24.6%、腰の障害に対して19.2%であった。原因と結果の時系列の関係を考慮した遷移モデルは、VDVの方がA(8)よりも腰痛を予知する因子として優れていることを示した。潜在的な交絡因子を調整した後、傾向分析は、生涯曝露時間とrmq (DVD)から計算される累積振動曝露量を用いたとき、強い痛み強度と障害期間（および、より少ない程度に、12ヶ月腰痛）に対するリスクの増加を示唆していた。毎日または生涯曝露期間の指標も腰痛の転帰のリスクの良い指標であった。心理社会的な環境ではなく、物理的な作業負荷は、腰痛の発症と関連していた。

**結論:** 曝露期間（毎日または生涯）とrmq (DVD)で計算される振動曝露量はrms (A8)からのものよりも腰痛発症の優れた指標であった。量反応関係のパターンはバイナリレスポンス12ヶ月腰痛LBPよりも強い痛み強度と腰の障害においてより顕著であった。

---

を指標とした0.35 m/s<sup>2</sup>を許容値とすることには全く言及していない。「よく示唆されているとして結論づける」ように論理展開されているが、許容値を設定するのはそんな判断で決定することは誤りであり、あくまで学術的基礎に基づかねばならない。

以上のように、疫学的に振動加速度 (m/s<sup>2</sup>) と腰痛症発症についての量反応関係については慎重に評価されなければならない。Bovenziの論文<sup>39, 40)</sup>について、Table 2に論文の結論をまとめてみたが、許容値にかかわる値として0.35 m/s<sup>2</sup>には何ら言及していないことを強調したのである。Bovenzi<sup>39, 40)</sup>の結果から、Asum(8) (x, y, z軸の3方向合成振動値方向合成振動値の8時間等価周波数補正加速度実効値)を0.35 m/s<sup>2</sup>とした日本産業衛生学会の暫定基準値（許容濃度等の勧告(2012)）<sup>41)</sup>の根拠は極めて希薄と言わざるを得ない。

#### IV. 結 論

ごく最近、西山らの総説<sup>3)</sup>が報告され、日本産業衛生学会がAsum(8)を0.35 m/s<sup>2</sup>とした暫定基準値を発表している<sup>41)</sup>。本論で述べたように西山ら<sup>3)</sup>が根拠としたLöttersら<sup>5)</sup>は0.5–1.0 m/s<sup>2</sup>での量反応関係を認めている訳ではなく、またBovenzi<sup>39, 40)</sup>の研究でも、0.45 m/s<sup>2</sup>以上でも量反応関係が成り立つとしてはいない。このように1.0 m/s<sup>2</sup>を超える振動加速度であるならば量反応関係が成り立つことをはっきりと否定することはできないにしても、1.0 m/s<sup>2</sup>を超えない場合、全身振動の腰部あるいは腰痛への影響の可能性は極めて低いといえる。全身振動の国際基準であるISO 2631-1:1997<sup>42)</sup>（対応規格JIS B 7760-1:2004）<sup>43)</sup>では、警告域下限のA(8)値を0.47 m/s<sup>2</sup>としているが、この基準についても明確な科学的根拠が示されているわけでは

ない<sup>42)</sup>。以上から、暫定基準値を0.35 m/s<sup>2</sup>まで引き下げるとした日本産業衛生学会<sup>41)</sup>の根拠である低レベル曝露の量反応関係を認める研究は存在しないと結論づけることができた。

#### 文 献

- 1) Dupuis H, Zerlett G. Whole-body vibration and disorders of the spine. *Int Arch Occup Environ Health* 1987; 59: 323–36. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
- 2) Hulshof C, van Zanten BV. Whole-body vibration and low-back pain. A review of epidemiologic studies. *Int Arch Occup Environ Health* 1987; 59: 205–20. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
- 3) 西山勝夫, 原田規章, 辻村裕次, 石竹達也, 榎原久孝, 松本泰尚. 全身振動の職業的曝露と健康の関連性主に背腰部症状について. *産衛誌* 2012; 54: 121–40.
- 4) 岡田 晃, 中村裕之. 新しく提案された全身振動許容基準の虚構について. *北陸公衆衛生学会誌* 2011; 38: 24–7.
- 5) Lötters F, Burdorf A, Kuiper J, Miedema H. Model for the work-relatedness of low-back pain. *Scand J Work Environ Health* 2003; 29: 431–40. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
- 6) Alcouffe J, Manillier P, Brehier M, Fabin C, Faupin F. Analysis by sex of low back pain among workers from small companies in the Paris area: severity and occupational consequences. *Occup Environ Med* 1999; 56: 696–701. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
- 7) Bovenzi M, Betta A. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. *Appl Ergon* 1994; 25: 231–41. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
- 8) Bovenzi M, Zadini A. Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole-body vibration. *Spine* 1992; 17: 1048–59. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
- 9) Pietri F, Leclerc A, Boitel L, Chastang JF, Morcet JF, Blondet M. Low-back pain in commercial travelers. *Scand J Work Environ Health* 1992; 18: 52–8. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
- 10) Xu Y, Bach E, Orhede E. Work environment and low back pain: the influence of occupational activities. *Occup Environ Med* 1997; 54: 741–5. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
- 11) Boshuizen HC, Bongers PM, Hulshof CT. Self-reported back

- pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 1990; 62: 109–15. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
- 12) Leclerc A, Tubach F, Landre MF, Ozguler A. Personal and occupational predictors of sciatica in the GAZEL cohort. *Occup Med (Lond)* 2003; 53: 384–91. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 13) Macfarlane GJ, Thomas E, Papageorgiou AC, Croft PR, Jayson MI, Silman AJ. Employment and physical work activities as predictors of future low back pain. *Spine* 1997; 22: 1143–9. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 14) Manninen P, Riihimäk H, Heliövaara M. Incidence and risk factors of low-back pain in middle-aged farmers. *Occup Med (Lond)* 1995; 45: 141–6. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 15) Niedhammer I, Lert F, Marne MJ. Back pain and associated factors in French nurses. *Int Arch Occup Environ Health* 1994; 66: 349–57. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 16) van Poppel MN, Koes BW, Devillé W, Smid T, Bouter LM. Risk factors for back pain incidence in industry: a prospective study. *Pain* 1998; 77: 81–6. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 17) Bible JE, Choemprayong S, O'Neill KR, Devin CJ, Spengler DM. Whole-body vibration: is there a causal relationship to specific imaging findings of the spine? *Spine* 2012; 37: E1348–55. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 18) Frymoyer JW, Newberg A, Pope MH, Wilder DG, Clements J, MacPherson B. Spine radiographs in patients with low-back pain. An epidemiological study in men. *J Bone Joint Surg Am* 1984; 66: 1048–55. [[Medline](#)]
  - 19) Brinckmann P, Frobin W, Biggemann M, Tillotson M, Burton K. Quantification of overload injuries to thoracolumbar vertebrae and discs in persons exposed to heavy physical exertions or vibration at the workplace Part II Occurrence and magnitude of overload injury in exposed cohorts. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1998; 13(Suppl 2): S1–36. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 20) Kumar A, Varghese M, Mohan D, Mahajan P, Gulati P, Kale S. Effect of whole-body vibration on the low back. A study of tractor-driving farmers in north India. *Spine* 1999; 24: 2506–15. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 21) Battié MC, Videman T, Gibbons LE, et al. Occupational driving and lumbar disc degeneration: a case-control study. *Lancet* 2002; 360: 1369–74. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 22) Aydoğ ST, Türbedar E, Demirel AH, Tetik O, Akin A, Doral MN. Cervical and lumbar spinal changes diagnosed in four-view radiographs of 732 military pilots. *Aviat Space Environ Med* 2004; 75: 154–7. [[Medline](#)]
  - 23) Kuisma M, Karppinen J, Haapea M, et al. Are the determinants of vertebral endplate changes and severe disc degeneration in the lumbar spine the same? A magnetic resonance imaging study in middle-aged male workers. *BMC Musculoskelet Disord* 2008; 9: 51. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 24) Saberi H, Rahimi L, Jahani L. A comparative MRI study of upper and lower lumbar motion segments in patients with low back pain. *J Spinal Disord Tech* 2009; 22: 507–10. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 25) Martin CW. WorkSafeBC E-BPG. [http://www.worksafebc.com/health\\_care\\_providers/Assets/PDF/whole\\_body\\_vibration\\_low\\_back\\_pain\\_first\\_update.pdf](http://www.worksafebc.com/health_care_providers/Assets/PDF/whole_body_vibration_low_back_pain_first_update.pdf). 2008.
  - 26) Burdorf A, Hulshof CTJ. Modelling the effects of exposure to whole-body vibration on low-back pain and its long-term consequences for sickness absence and associated work disability. *J Sound Vib* 2006; 298: 480–91. [[CrossRef](#)]
  - 27) Schwarze S, Notbohm D, Dupuis H, Hartung E. Dose–response relationships between whole-body vibration and lumbar disk disease—a field study on 388 drivers of different vehicles. *J Sound Vib* 1998; 215: 613–28. [[CrossRef](#)]
  - 28) Boshuizen HC, Hulshof CT, Bongers PM. Long-term sick leave and disability pensioning due to back disorders of tractor drivers exposed to whole-body vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 1990; 62: 117–22. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 29) Bongers PM, Hulshof CT, Dijkstra L, Boshuizen HC, Groenhout HJ, Valken E. Back pain and exposure to whole body vibration in helicopter pilots. *Ergonomics* 1990; 33: 1007–26. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 30) Lings S, Leboeuf-Yde C. Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992–1999. *Int Arch Occup Environ Health* 2000; 73: 290–7. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 31) Burdorf A, Naaktgeboren B, de Groot HC. Occupational risk factors for low back pain among sedentary workers. *J Occup Med* 1993; 35: 1213–20. [[Medline](#)]
  - 32) Jensen MV, Tüchsen F. [Occupation and lumbar disk prolapse]. *Ugeskr Laeger* 1995; 157: 1519–23. [[Medline](#)]
  - 33) Burton AK, Tillotson KM, Symonds TL, Burke C, Mathewson T. Occupational risk factors for the first-onset and subsequent course of low back trouble. A study of serving police officers. *Spine* 1996; 21: 2612–20. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 34) Barnekow-Bergkvist M, Hedberg GE, Janlert U, Jansson E. Determinants of self-reported neck-shoulder and low back symptoms in a general population. *Spine* 1998; 23: 235–43. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 35) Tiemessen IJ, Hulshof CT, Frings-Dresen MH. Low back pain in drivers exposed to whole body vibration: analysis of a dose-response pattern. *Occup Environ Med* 2008; 65: 667–75. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 36) Bakker EW, Verhagen AP, van Trijffel E, Lucas C, Koes BW. Spinal mechanical load as a risk factor for low back pain: a systematic review of prospective cohort studies. *Spine* 2009; 34: E281–93. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 37) Burdorf A, Sorock G. Positive and negative evidence of risk factors for back disorders. *Scand J Work Environ Health* 1997; 23: 243–56. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 38) 舟越光彦, 田村昭彦, 埜田和史, 辻村裕次, 西山勝夫. タクシー運転手の腰痛に関連する要因の研究. *産衛誌* 2003; 45: 235–47.
  - 39) Bovenzi M. Metrics of whole-body vibration and exposure-response relationship for low back pain in professional drivers: a prospective cohort study. *Int Arch Occup Environ Health* 2009; 82: 893–917. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 40) Bovenzi M. A longitudinal study of low back pain and daily vibration exposure in professional drivers. *Ind Health* 2010; 48: 584–95. [[CrossRef](#)] [[Medline](#)]
  - 41) 日本産業衛生学会. IX. 全身振動の許容基準 (暫定) 0.35 m/s<sup>2</sup> Asum(8). *産衛誌* 2012; 54: 212–6.
  - 42) International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock —Evaluation of human exposure to whole-body vibration— Part 1: General requirements, ISO 2631-1, 1997.
  - 43) 日本工業規格. JIS B 7760-2 : 2004. 全身振動—第 2 部 : 測定方法及び評価に関する基本的要求. 2004.

## Review on Dose-response Relationship between Low Level Vibration and Low Back Pain

Akira OKADA<sup>1</sup> and Hiroyuki NAKAMURA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kanazawa University, Japan

<sup>2</sup> Department of Environmental and Preventive Medicine, Graduate School of Medical Science, Kanazawa University, 13-1 Takaramachi, Kanazawa 920-8640, Japan

**Objectives:** Whole-body vibration (WBV) with high level acceleration is found in the workplaces of construction and mining, and has been reported to be associated with low back pain (LBP) experienced by operators of heavy vehicles as an occupational health problem. Because the work conditions with exposure to WBV include bending and twisting of the low back and other factors, the causal relationship between WBV and LBP has not yet been affirmed. A review suggesting the dose-response relationship between WBV with low acceleration and LBP has been published, although there is little evidence supporting the causal relationship. Therefore, we reviewed the dose-response relationship between WBV with low acceleration and LBP. **Methods:** We examined original articles which reported a dose-response relationship between WBV and LBP in addition to review articles with almost the same aims. **Results and Discussion:** Studies which examined imaging findings such as CT and MRI, objective indicators of LBP, do not confirm the causal relationship. Although many studies demonstrated a positive relationship between working periods and incidence of LBP, there were very few reports which recognized a dose-response relationship for the vibration acceleration below 1.0 m/s<sup>2</sup> in which the 8-h energy-equivalent, combined frequency-weighted vibration of three diagonal, that is x, y and z, axes (root-sum-of-squares), Asum(8) was used as an index of vibration exposure. **Conclusion:** This paper reject the hypothesis of a dose-response relationship between WBV with low acceleration and LBP, concluding there is no evidence linking low level exposure to WBV with LBP for the Japan Society for Occupational Health to recommend 0.35 m/s<sup>2</sup>/as of Asum(8) as a tentative occupational exposure limits for WBV. (*San Ei Shi* 2013; 55: 62–68)