



INTER-NOISE 2007

2007年8月28～31日
トルコ国イスタンブール市

公衆衛生と騒音曝露 — 低周波音の重要性

Mariana Alves-Pereira^a • Nuno A. A. Castelo Branco^b

ポルトガル国リスボン市 ERISAレゾフォナ大学

ポルトガル国アルベルカ市 センター・フォア・ヒューマン・パフォーマンス
訳 上野幸夫

要旨

騒音は、難聴を始めとして不快感、高血圧、不眠などさまざまな障害を引き起こすことが知られている。これらの障害は、一般にはヒトの聴覚系が騒音を処理することによって引き起こされるものとされている。ところが、必ずしも聴覚系で処理されるわけではないにも関わらず、障害を引き起こす音響現象が存在する。これらはインフラサウンド・低周波音 (Infrasound and low frequency noise ; ILFN, <500 Hz) と呼ばれ、古典的な意味での聴覚障害は引き起こさないにも関わらず、人体に不可逆的な器質的損傷を引き起こす可能性のある音響現象である。通常の音響環境には、聴覚系によって処理されるもの・されないものを含めたあらゆる種類の音響現象が含まれているのであるが、人間の聴覚系によって捕捉されない音響現象は有害ではないという前提で語られるのが普通である。そしてそれがそのまま現在の騒音評価手法に取り入れられており、騒音の評価にあたってはヒトの耳に聞こえる音響現象のみを数値化すればよい（すなわちdBA単位で測定しさえすればよい）ということになっている。公衆衛生分野における騒音曝露の影響を調査研究するにあたって、音響エネルギーのスペクトル全体が考慮に入れられていないのである。そのような研究は誤解を生じるものであり、そもそも学術的に信用できないと言えよう。本論文では、ふたつの家庭における低周波障害事例を取り上げる。

1 はじめに

公衆衛生の問題として騒音を真剣に取り上げるのであれば、まず、音響現象は聴覚系のみに（または聴覚系を介してのみ）人間に影響を及ぼすのではないということを認識しなければならない。この事実を認めると、いくつかの問題が想起されるようになる。たとえば、a) 公衆衛生分野における騒音の影響調査において騒音として取り上げられているものは一体何なのか、そして、b) 騒音に関連する病気として取り上げられているのは一体どのような病気なのだろうか、ということだ。どのような音響現象も、耳に聞こえる音か、それとも聞こえない音か、そのどちらかしかないので、という大ざっぱな区分の上に立ってしまうと、騒音と公衆衛生との関係を調査することを目的とした研究においては、その研究設計の土台が大きくゆがんでしまう。騒音はヒトの聴覚系を通じてのみ公衆衛生上の問題を引き起こすのであるという考え方から出発した場合、当然ながら、耳に聞こえないものは無関係とされてしまうし、聞こえない音が原因となる病気も無視されてしまう。ここで、聞こえない音が原因となる病気（非聴覚病変）とは、聴覚系のみを介して引き起こされるのではない病変のことである。

本報告の目的は、公衆衛生分野における騒音曝露の調査研究において、上述したような誤認が広く定着してしまっている現状を明らかにし、こうしたバイアスをもとに、誤解を生むようなあるいは根拠を欠くような学術研究が行われている実情を明らかにすることである。また、こうした歪みを是正する視点がないために、バイアスが正されないままに放置されている状況をも報告する。本稿では家屋内におけるインフラサウンド・低周波音 (ILFN, <500 Hz) に関し2つのケースを紹介する。

2 音響についての考察

^a メール: m.alvespereira@gmai.l.com

^b メール: vibroacoustic.disease@gmail.com

本報告の目的は、公衆衛生分野における騒音曝露の調査研究において、上述したような誤認が広く定着してしまっている現状を明らかにし、こうしたバイアスをもとに、誤解を生むようなあるいは根拠を欠くような学術研究が行われている実情を明らかにすることである。また、こうした歪みを是正する視点がないために、バイアスが正されないままに放置されている状況をも報告する。本稿では家屋内におけるインフラサウンド・低周波音 (ILFN、<500 Hz) に関し 2 つのケースを紹介する。

2 音響についての考察

2.1 dBA 単位

dB_A 単位は、騒音関連法規における国際的な標準尺度となっている。dB_A 単位とは、音の全体的な振幅の平均値を、ヒトの 耳にはこう聞こえる という値に補正して測定表示するものである。これは、人間には聞こえない周波数や聞こえにくい周波数の音響エネルギーを効果的に排除し、聞こえる周波数については各周波数帯域における人間の聴覚感度に合うように数値を補正する方法である。したがって、dB_A 値は、音響環境全体（真の音響環境）についての情報を表すものではなく、耳に聞こえる音響環境についての全体的な振幅（音の強さ）の平均値を表す数値なのである（1-3）。音響環境全体での音響振幅（平均値）を調べようと思うのなら、dB_A 単位ではなく dB 単位で測定を行なわなければならない。

2.2 音響スペクトル

音の周波数範囲（スペクトル）は、0 Hz からメガヘルツ、さらにはそれ以上まで広がっている。このうち、耳に聞こえる可聴域は 20 Hz~20 kHz の範囲である。これ以外のすべての周波数は非可聴域とされている。非可聴域のうち、下側部分はインフラサウンド（訳注：耳で聞こえる周波数範囲よりも下）と呼ばれ、他方、メガヘルツ範囲以上の高周波数域はウルトラサウンド（超音波）と呼ばれる。今日まで、科学の領域では、音響スペクトルをこのように区分してきた。周波数がさらに大きくなると電磁スペクトル領域になるが、そのうちの、目で光として認識できる範囲は $0.42\sim0.75\times10^{15}$ Hz というごくわずかな部分である。それよりもさらに周波数が高い部分は紫外線（ウルトラバイオレット；UV）領域 ($0.75\sim3.0\times10^{15}$ Hz) と呼ばれ、3 つに小区分されている：すなわち、UV-A、UV-B、UV-C という 3 つの領域に小区分されている。可聴域については、こうした詳細な領域区分が存在しないのが現状であるが、これについては他の研究において検討されてきている（4、5）。

2.3 周波数分布分析

普通の騒音調査では、周波数分布分析は行われない。しかも、そこで行われる測定は、dB_A 単位によるものでしかなく、この数値によって音響環境を語ることが普通になってしまっているという状況がある。古典的な意味での聴覚障害や聴覚スキルの研究ならばそれでも良いだろうが、騒音曝露と公衆衛生との関連について調べようとするならば、この方法はまったく不合理と言わざるを得ない。この報告では、500 Hz 以下の周波数で発生するすべての音響現象を、インフラサウンド・低周波音 (infrasound and low frequency noise ; ILFN) と呼ぶことにする。

3 生物学的の考察

3.1 聴覚障害

一般に、聴覚障害とは、より大きな音響エネルギー（より大きな振幅）がないと聞き取れな

いという状態を指す。大きな音に長時間曝されると難聴になるというのは、最もよく認識されている聴覚障害である。最もよく認識されている結果、騒音規制に関する法律では、世界中のほとんどのものが、人間の耳による周波数応答をよく表すことができる単位である dBA 単位を採用している。

聴力が失われているかどうかは、聴力図を作成することで知ることができる。これは一種の聴力試験であり、音を聞き取れるようになるのに何 dB の音量が必要かを調べるものである。必要な dB 値が高いほど難聴度が高いということになる。

3.2 騒音による不快感

騒音による不快感 (Noise annoyance) とは、騒音に曝された人が感じる精神的苦痛であるが、これは主観的なパラメータである。欧州委員会の騒音チームは以下のように規定している：不快感 (annoyance) とは、体系的な現地調査で報告されるところの、騒音 (noise) による非特異的な障害の科学的名称である。家の中や周囲の騒音に悩まされていると言う人のほぼ全員が、以下のうちの 1 つまたはそれ以上について経験があると回答する — バルコニーや庭に出ることを楽しめなくなった；窓を開けて室内にいると、睡眠が妨げられる、話が聞こえづらい、読書やテレビ、音楽鑑賞やラジオの番組に集中できない；寝室の窓を閉めないと眠れない。騒音に悩まされている人で、以下のうちの 1 つまたはそれ以上を経験する人もいる — 窓とドアを閉めてもよく眠れない；窓とドアが閉まっている室内でも、話をしたり他の活動をしたりするのに差し障りがある；精神的健康に悪影響が出る；騒音による聴覚障害；高血圧；虚血性心疾患 (6)。

上記の文は、不快感に関して、多数派の科学者が一般に認めているものとは多少異なった立場から書かれている。というのは、この研究者チームは、騒音が不快だという訴えは臨床的に重要な症状であって、患者が累積的かつ過剰に ILFN に曝露してきた可能性を示しているということを認識しているからである。このチームは既に、不快症状は器質性病変によって引き起こされているということを発表している。過去の論文 (4, 7-10) で既に簡単に触れられている通り、(耳の) 蝸牛にある纖毛が互いに融合したり、その上方にある蓋膜と癒着を起こしたりして硬くなると (ラットを使用した ILFN 曝露実験)、音の刺激に対して基底膜が振動するときに異常 (すなわち、不快感) を引き起こすのである。

3.3 構造的な損傷

固体が振動すると、それによってその構造的一体性が脅かされる場合がある。激しい振動に曝される環境では、対策のために構造を補強することがしばしば行われる。ILFN が空中を伝搬して生物学的（粘弾性）組織に到達すると、膜状の細胞が振動し始める。これは、世界中のどこでも、ダンスクラブに行ってみれば経験できる現象である。この振動に対して、生体はコラーゲンを生成するが、これは炎症などを伴わない反応である。コラーゲンは組織を物理的に強化するタンパク質であり、そのため、人体における「鋼鉄」と表現されることもあるほどである。ILFN の存在下でコラーゲン生成が増加するということは、生物学的に見て、生物が自身の物理的構造を強化する試みと解釈することができる。この考え方には、ILFN に曝された人間や動物に関する数多くの研究で実証されている (8, 11-17)。

3.4 循環器疾患

一般的には、過度の騒音が不快感を引き起こし、それによって、標準的一般的なストレス症状が引き起こされ、それが持続すると心血管疾患につながる場合があるという風に考えられている。この説は正しいかもしれないが、別の事実も存在する。すなわち、血管内にアテローム斑（動脈硬化性plaques）が形成され、これが血管内腔を収縮させて血流を制限し、虚血を引き起こす結果として心血管疾患が引き起こされるというものである。

血管が ILFN に曝されると（動物モデルでも人間モデルでも同じ (8, 12, 13, 18, 19)）、コ

ラーゲンが増加することにより（上記で説明したとおり）血管壁の中膜の厚みが大きく増加する。したがって、プロセスは異なるが、同じ内腔狭窄と血流制限が起こる。心血管構造におけるこの血管壁肥厚は、心エコー検査によって容易に観察することができる（20、21）。

ILFN に曝された血管は、血管の太さに関係なく壁が厚くなり（8、12、13、18、19）、それが冠状動脈性心臓病の直接の原因となる可能性がある。ILFN に曝露したこのような患者には多くの場合、心臓バイパス手術が推奨される（11）。このように、心血管疾患と ILFN 曝露とが明らかに相關しているにもかかわらず、不快感の場合と同様、ストレスが引き金となる身体内部の化学的連鎖反応のみの説明よりも、形態学的な説明の方が多いのが現状である。

3.5 曝露の累積的な影響

ILFN は、すべての都市地域、多くの都市郊外地域、一部の農村地域、そして多数の職業環境および非常に多様なレクリエーション活動の中に広く存在する事象である。したがって、個人が ILFN に曝露するということはさまざまな場所で起こりうることであり、たとえば、自動車も例外的な場所では全くない。普通の車の場合、車内の ILFN レベルは、民間航空機のコックピットよりも高い（2）。コックピットで働く労働者（すなわち、民間航空会社のパイロット）は、ILFN の多い環境で働いている。そのため、彼らは、ILFN を要因とする病気を発症するリスクが最も高い専門職グループの 1 つとされている（21、22）。客室乗務員、すなわちライトアテンダントも同様である（21、22）。

ILFN への曝露は、職場でも、家庭でも、レジャー活動の最中にでも発生する可能性がある。ILFN に曝露している生物学的構造は、その ILFN が職業的なものか、家庭内のものかレクリエーション中のものかといったことは区別しない。ILFN が発生する社会的条件に関係なく、発生している ILFN の周波数と振幅に反応するのである。

したがって、公衆衛生問題としての騒音を考える場合には、（たとえば）住宅地における騒音データを収集するだけでは科学的に不適切なのである。騒音曝露と公衆衛生との関係に関して真正なデータを真摯に求めようとするならば、職場での曝露、娯楽の場での曝露、さらには胎児の曝露も考慮しなければならない。

3.6 振動音響疾患 — ILFN 誘発性疾患

ILFN に過度に曝露された人が発症する疾病は、振動音響病（VAD; Vibroacoustic Disease）と呼ばれる（23、24）。2007 年 3 月 8 日、史上初めて、ポルトガル労働省は、国立職業病センターを通じて、2001 年に VAD と診断されていた 40 歳の夜勤労働者に 100% の職業障害を認めた。ILFN 誘発性の疾患の存在を認めたということは、ILFN が病害の原因たりうるという認識を表明したこと意味する。VAD の症例として最も完全度の高い文書記録は職業的被曝による症例のものであるが、（21、24、25）、通常環境における ILFN への曝露を原因とする VAD の症例（多くは住宅内での曝露を原因とするもの）についても、いくつかの個別事例の報告が提出されている（26、27）。

ILFN 曝露量と VAD との関係は明らかにされておらず、したがって VAD の発症リスクを評価するための曝露量の目安は存在しない。こうした状況を生み出している原因の一つは、上記（第 2 章）および他の文献（4、5）において説明されているように、音響スペクトルの適切な区分けが未だに成されていないことである。ILFN が疾患の原因となるという事実が未だに広く認められていないために、大規模な疫学研究がまったくなされていないのが現状なのである。そしてこの同じ理由により、ILFN 曝露環境における活動について、保護措置、防止措置、ゾーン分けなどは考慮された歴史がなく、我々の知る限りにおいては現在でも考慮されていない。VAD に関する病理の薬理学的治療研究も行われたことがなく、我々の知る限りにおいては、現在もなお、そうした研究はなされていない。

このような状況にもかかわらず、心エコー検査や気管支鏡検査を行えば、VAD は容易に診断することが可能なのである（21、22、26、28、29）。気管支鏡検査は VAD の存在について強力な

法医学的証拠を提供するが、その侵襲的性質（訳注：身体を傷つける性質）のため、法的手続きが絡まない限り実行されないという現状がある。

4 振動音響病と公衆衛生 — 症例報告

症例報告に先立ち、著者らは、ここで以下のことを明確にしておきたく思う。すなわち、著者らは反科学技術心情に基づく運動への参加者でない。また、穀物埠頭などの大規模工業施設や風力タービンなどの再生可能代替エネルギー施設を歓迎する立場にいる。著者らはさらに、ここに発表するデータは科学的調査のみを目的として精査されたものであり、それ以外のいかなる意図も存しないことを断言する。

以下では、家庭における ILFN 曝露事例を 2 例、取り上げる。

事例 1 (F 家) の件は 2004 年に初めて記録された (27)。F 家は、母親（林業技術者）、父親（建築家）、および 10 歳の息子の 3 人家族であるが、ポルトガルのアルマダ地区、トラファリアにあるトラファリア深水港穀物埠頭 (Trafaria Deep Water Grain Terminal ; TDWT) から発生する ILFN に悩まされるようになった (図 1、図 2)。TDWT は、F さんの家からテージョ川を隔てた向かい側にある施設で (図 2)、運営者はリスボン港湾局である。



図 1: トラファリア深水港穀物埠頭 (TDWT)



図 2: リスボンの F さんの家からの眺め。
テージョ川の向うにあるのが TDWT

事例その 2 は、やや新しいケースである。こちらは R 家と言い、リスボンから北へ 1 時間の距離にある特定農業地域にある、馬・雄牛の繁殖農場に住んでいる、母親、父親、12 歳の息子と 8 歳の娘の家族である。2006 年 11 月、4 基の風力タービン（各 2 メガワット）が、R さんの農場を取り囲むように、それぞれ約 322m、540m、580m、643m 離れた場所に設置された。厩舎は居宅よりもさらにタービンに近い位置にあった (図 3 参照)。



図 3: 写真左上にある R 家の農場（矢印）
と 4 基の風力タービン



図 4: R 家の農場と、住居から約 322m、
および 643m の距離にあるタービン

音響測定の詳細と精度は、使用する機器に大きく依存する。本報告に掲載した騒音評価は、どちらも 1/3 オクターブバンドにおける線形 dB (dBA ではない) で測定されたデータであり、またすべての機器は適切に較正されていた。

F さんの家で実施された音響測定は、Brüel&Kjaer 2260 サウンドレベルメーター (1 台) に 1/2 インチのマイク (B&K、モデル 4189) を取り付けて行われ、2004 年 2 月 4 日午後 9 時 (夕刻) から開始して 15 分間ずつ、3 時間にわたってデータを採取した (27)。下限周波数は 6.3 Hz であった。

R さんの家で実施された測定は、01dB Symphonie サウンドレベルメーター 2 台を使用し、1/2 インチマイク (GRAS、model 23606) を取り付けて行われ、2007 年 4 月 5 日から 16 日までの連続 12 日間、1 回 30 分間のデータ採取が行われた。下限周波数は 1 Hz であった。測定に同期させて、加速度計と風速計のデータも採取した。

4.1 F さん家族の振動音響病— 2004 年に記録されたもの

F 氏 (夫) は一見したところ無症候性である。ただし、彼自身からは、集中できない、いつもイライラしているという訴えがあり、また顕著な酒さ (訳注: 顔面紅潮、毛細血管拡張、紅斑、丘疹、膿疱を特徴とする慢性炎症性疾患) が見られる。彼は生まれたときからリスボン市の郊外に住んでおり、過去 10 年間はリスボンの中心部で働いている。夫人は、A 型肝炎、単核球症、アレルギー性鼻炎と診断されている。夫人は大学の学生であった時に、遅発性てんかん発作と診断されたことがあるが、現在は治療を受けていない。夫人は身体の痛み、特に右肩、左膝、背中および首の痛みを訴えている。X 線検査では異常は発見されていない。常に頭痛に悩まされており、この痛みは主に首の後ろを中心として広がっているとのこと。4~5 年前ほど前のことであるが、ショッピングモールにあるスーパーマーケットで、激しい頻脈に襲われ、ほとんど失神しかけた経験がある。このときは病院に緊急搬送され、心電図検査を受けたが異常は発見されなかった。夫人は過去 16 年間にわたってリスボンの中心部にある政府の行政機関で働いている。10 歳になる息子 P は、1 歳まで喘息を患っていた。生後 5~8 カ月の期間は (消化器系の?) 逆流症の薬を処方され、その後ふたたび、1 歳になるまで薬の服用を続けた。8 カ月で肺炎を発症した。1 歳をすぎてから、耳の感染症を繰り返すようになったが、抗生素質が有効でなかった。3 歳の時に耳の手術を受けた。5 歳のとき、学校で突然視力を失って病院に運ばれ、EEG (脳波検査) によって遅発性てんかんと診断された。原因不明の鼻血が頻繁におこっていたが、これは成長とともに消失した。リウマチ熱、放射線、アスベスト曝露の履歴はない (27)。心エコー検査により、全員から、VAD 患者に通常見られる心血管構造の特徴的な肥厚、すなわち心膜と僧帽弁の肥厚が明らかになった。心血管症状が最も深刻であったのは 10 歳の P であった。これはおそらく、妊娠期間中の数カ月間を母親が在宅で ILFN に曝露されて過ごしたためと考えられる。この家族の心エコー検査所見の詳細については、文献 (27) を参照されたい。

VAD 患者においては、遅発性てんかん (24、29)、鼻血 (23、24)、頻脈 (23、24)、持続的な患者の愁訴にもかかわらず画像による確証のない筋肉痛や関節痛 (23、24)、が普通に見られる (23、24)。呼吸器疾患と ILFN 曝露とが密接に関連していることは、このチームによても (26、28、30-32)、他の著者によても (33-36)、すでに明らかである。この家族は引き続きこのチームによって観察が続けられており、ILFN 汚染のひどい自宅に居住を続けているが、寝室を家の後方に移動した。

4.2 F さんの家における音響測定 — 2004 年のデータ

このチームでは数年前に ILFN レベルを適切に比較できる方法を採用している。上記 (3.5) で記述した通り、民間航空機のコックピットにおける音響環境は、VAD を発症させうる環境である。

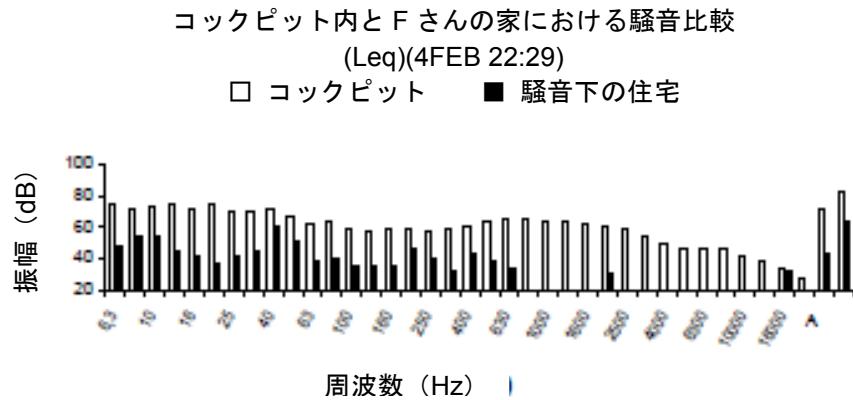


図 4：音響現象の存在下において、エアバス 340 のコックピットで得られた周波数分布（本文を参照）と F さんの家で得られた周波数分布の比較（値は dB 単位の L_{eq} 値。 L_{eq} =等価騒音レベル）。図は文献（27）より。

ILFN については基準というものが一切存在しないため、このチームはコックピットで得られた音響レベルを基準として採用している。図 4 は、コックピットで採取された ILFN と F さんの家で採取された ILFN とを比較したものである。これは、環境を誘因とする VAD の最初の文書記録となつた（27）。

4.3 R さんの家における音響測定

この測定は、正式な認可を取得した企業（37）によって、R 家に提供される有料業務として実施されたものであり、測定データは、R 家および当該企業の書面による同意を得て、法の定めの範囲内でこのチームが利用できるものである。豊富なデータが得られているが、現時点までにこのチームによる分析が終了した音域は、6.3~20 Hz のインフラサウンド帯域のみであるため、ここでの報告はその部分にのみ限定される。

今回の測定結果は、コックピットの結果と比較する必要はない。それよりも、F さんの家の音響環境は VAD の発症要因となっていることがすでに実証されているのであるから、F さんの家で得られた音響測定値と比較することが論理的に求められている。図 8 を見ると、風力タービンに囲まれた家の騒音レベルは、TDWT に対面している家の騒音レベルよりも高いことが明確である。

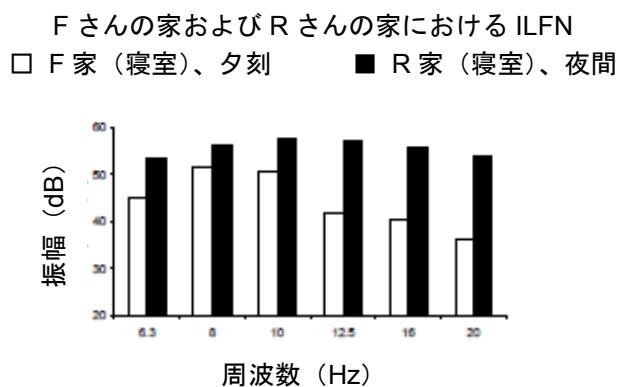


図 8：F さんの家で夕刻（午後 8 時から 11 時の間）に得られたインフラサウンド帯域 (<20 Hz) の周波数分布と、R さんの家で夜間（午後 11 時から翌朝 7 時の間）に得られたデータとの比較（値は dB 単位の L_{eq} 値）。

4.4 R さん家族の振動音響病

R さんの家の周囲に設置された風力タービンは、2006 年 11 月に運転を開始した。2007 年 3 月、両親は 12 歳の子供が通っている学校から手紙を受け取った。それは、子供の記憶力と注意力が急激に低下したこと、および体育の授業中に極度の疲労を呈することが述べられており、手紙はその理由を問うものであった。手紙は、少年が夜間に十分な睡眠をとっていたかどうかを両親に問うていた。

その時点では、家族全員が既に心エコー検査を含む一般的な VAD 診断検査を受けており、家族の誰にも、心血管構造の有意な肥厚は見られていなかった。この研究チームでは、この農場の家畜から屠殺日程に合わせて組織片を採取しており、後日、光学顕微鏡および電子顕微鏡による分析を行う。これは ILFN に曝露した生体組織片について当チームが通常実施している検査で、顕微鏡分析は 6 カ月ごとに行うため、続報を予定している。

5 考察

5.1 いくつかの問題点…

完璧な世界、すなわち最も効率的かつ正確な科学的研究の世界では、どの騒音評価も同じ機器・同じ手順で行われるべきであるが、現実にはそうはいかない。そのため、測定現場や工場においていくら入念な較正が実施されたとしても、F さんの家と R さんの家の ILFN レベルの違いは、測定機器と手順の違いによる差でしかないのではないかという疑問が正当性を持つてしまう。

もし R さん家族に VAD 関連症状が認められれば、その時点で上記のような疑問は意味を失うと言える。しかし、そのような方向に議論を進めることは、倫理的根拠を放棄するものであると認識すべきである。このチームがこれまでに発表してきたこと、ILFN への過剰な曝露の危険性、ILFN 汚染環境において VAD を発症するリスク、といったことを謙虚に受け止めるならば、こうしたデータは、ある種の予防策の検討を開始すべきであることを雄弁に物語っていると言えるであろう。

5.2 ILFN 発生施設の積極的かつ効果的なゾーニング（訳注：区画規制）について

経済発展か健康か、というような二分法的な発想は、本当の問題解決にとっての障害となる。低周波については、ILFN を発生させる施設と一般社会の存在を両立させることができる第三の解決策がある。それは法による効果的なズーミング（訳注：ゾーニングの間違いと思われる）である。たとえば、都市部では、交通量の多い高速道路の隣ではなく、大きなオフィスビルの背後に住宅街を配置するといった政策が可能であろう。大規模な工業コンビナートは、住宅地から離れた工業団地内でのみ建設操業できるようにすることも可能であろう。風力タービンであれば、住宅から安全な（きちんと定める必要あり）距離にあるウィンドパーク内でのみ建設操業が認められるようにすることができる。ILFN への曝露が人間の健康に及ぼす長期的な影響について現在までにわかっていることを考えれば、こうした提案は不合理でもなければ実行不可能でもない。

5.3 ILFN 発生施設を擁護する立場から

科学者というものは、深水港穀物埠頭や風力発電タービンがもたらす社会的経済的恩恵といった側面を忘がちである。ましてや、社会の発展のために更なる技術が必要であるといったことなどには無関心である。いかなる文脈においても、この報告を、風力タービンや穀物埠頭に対する賛否論争のための文書とみなしてはならない。ILFN 発生施設は、現代社会と密接に関連している存在であり、膨大な数に上るレクリエーション施設においてさえ ILFN 発生施設が存在する。

そうではあっても、人々の生活こそ常に最優先事項でなければならないし、公衆衛生は、社会がその構成員の健康に関して抱いてきた懸念を取り上げていくべき学問分野である。最近の歴

史を振り返ってみると、低周波以外に、産業活動に起因する他の疾病の原因（有毒な臭い、空気中や水中に放出される化学物質など）が問題になったことがあるが、それらのほとんどはゾーニングによって解決されてきている。マンハッタンのダウンタウンに養豚場を作れなくなったのは理由がある — 立地区分法というものができたからである。

6 結論

騒音曝露および公衆衛生について以下のことを結論とする：

- 有用かつ正確な研究データを提出しようとするならば、ILFN を考慮に入れなければならない。
- 音響スペクトルはもっと細かく分割すべきであり、ILFN 評価における dBA 単位の使用は廃止すべきである。
- VAD、すなわち ILFN を誘因とする疾病は、労働現場での曝露だけで起こるものではなく、家庭内の低周波汚染の結果としても実証されている。

家庭内における ILFN 曝露に関して：

- 風力タービンの近くの家の中の ILFN レベル (R さんの家) は、穀物埠頭の近くの家 (F さんの家) の中のレベルよりも大きい。
- 穀物埠頭近くに住む F さん家族は VAD を発症した。
- R さん家族も、家に留まることを選択した場合には VAD を発症するであろう。

公衆に対する騒音の影響を本当に懸念するのであれば、常識、科学的データ、および論理的な思考によって次のことが明らかになるはずである。すなわち、a) 古典的な聴覚障害とは別の、一旦発症すると治癒しない疾病が、音響現象によって誘発されうること、b) 音響周波数全域のエネルギー分布を、定期的かつ正確に評価する必要があること、そして、c) 病理学的に正当な兆候および症状を正しく特定し、客観的に評価する必要があること、である。

7 謝辞

この科学的な取り組みに対しさまざまな貢献をしてくれた両家族に対し、著者らから感謝の意を表する。

8. 参考文献

- [1] M. Alves-Pereira, "Extra-aural noise-induced pathology. A review and commentary," *Aviation Space & Environmental Medicine*, **70** (March, Suppl), A7-21, (1999).
- [2] M. Alves-Pereira, J. Joanaz e Melo, J. Motylewski, E. Kotlicka, and N.A.A. Castelo Branco, "Biomedical research and the low frequency noise contaminant," *Proceedings Internoise 2004*, Prague, Czech Republic, No. 644 (7 pages), 2004.
- [3] M. Alves-Pereira, J. Motylewski, E. Kotlicka and N.A.A. Castelo Branco, "Low frequency noise legislation," *Proceedings 12th International Congress Sound & Vibration*, Lisbon, Portugal, No. 582 (8 pages), 2005.
- [4] M. Alves-Pereira and N.A.A. Castelo Branco, "Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low frequency noise explained by mechanotransduction cellular signaling," *Progress Biophysics & Molecular Biology* **93**, 256-79 (2007).
- [5] M. Alves-Pereira and N.A.A. Castelo Branco, "Infrasound and low frequency noise dose-responses: Contributions," *Proceedings Internoise 2007*, Istanbul, Turkey, 2007. (In press).
- [6] European Communities. The noise policy of the European Union – Year 2. Luxembourg, 2000.
- [7] M. Alves-Pereira and N.A.A. Castelo Branco, "Ciliated cells, cochlear cilia and low frequency noise," *Proceedings 8th Intern. Conf. Noise as Public Health Problem (ICBEN)*, Rotterdam, Holland, 366-7, 2003.
- [8] N.A.A. Castelo Branco, M. Alves-Pereira, J. Martins dos Santos and E. Monteiro, "SEM and TEM study of rat respiratory epithelia exposed to low frequency noise," In: *Science and Technology Education in Microscopy: An Overview, Vol. II*, edited by A. Mendez-Vilas, pp. 505-33 (Formatex, Badajoz, Spain, 2003).
- [9] M. Alves-Pereira, J. Joanaz de Melo and N.A.A. Castelo Branco, "Actin- & tubulin-based structures under low frequency noise stress," In: *Recent Advances in Multidisciplinary Applied Physics*, edited by A. Méndez-Vilas, pp. 955-9, (Elsevier, Oxford, 2005).
- [10] M. Alves-Pereira, M.C. Marques and N.A.A. Castelo Branco, "Biological mechanisms and targets of low frequency noise exposure," *Proceedings 12th International Congress Sound & Vibration*, Lisbon, Portugal, No. 526 (9 pages), 2005.
- [11] N.A.A. Castelo Branco, A.P. Águas, A. Sousa Pereira, E. Monteiro, J.I.G. Fragata, F. Tavares and N.R. Grande, "The human pericardium in vibroacoustic disease," *Aviation Space & Environmental Medicine*, **70** (3, Suppl), A54-62, (1999).
- [12] J. Reis Ferreira, C.P. Mendes, N.A.A. Castelo Branco, E. Monteiro and M. Alves-Pereira, "The human lung and pleura in vibroacoustic disease," *Proceedings 8th Intern. Conf. Noise as Public Health Problem (ICBEN)*, Rotterdam, Holland, 386-7, (2003).
- [13] J. Reis Ferreira, C.P. Mendes, N.A.A. Castelo Branco, E. Monteiro and M. Alves-Pereira, "The human trachea in vibroacoustic disease," *Proceedings 8th Intern. Conf. Noise as Public Health Problem (ICBEN)*, Rotterdam, Holland, 388-9, (2003).
- [14] M. Monteiro, J. Reis Ferreira, C.P. Mendes, I. Serrano, F. Tavares, M. Alves-Pereira and N.A.A. Castelo Branco, "Respiratory pathology in vibroacoustic disease II – Specific morphological changes. *Proceedings 12th International Congress Sound & Vibration*, Lisbon, Portugal, No. 572 (9 pages), 2005.
- [15] N.A.A. Castelo Branco, E. Monteiro, A. Costa e Silva, J. Reis Ferreira and M. Alves-Pereira, "Respiratory epithelia in Wistar rats born in low frequency noise plus varying amount of additional exposure" *Revista Portuguesa Pneumologia*, **IX** (6), 481-92, (2003). Available: www.sppneumologia.pt/publicacoes/?imc=50n&publicacao=22&edicao=801&fmo=pa
- [16] N.A.A. Castelo Branco, E. Monteiro, A. Costa e Silva, J. Martins dos Santos, J. Reis Ferreira and M. Alves-Pereira, "The lung parenchyma in low frequency noise exposed Wistar rats," *Revista Portuguesa Pneumologia*, **X**(1), pp. 77-85, (2004). Available: www.sppneumologia.pt/publicacoes/?imc=50n&publicacao=22&edicao=1321&fmo=pa
- [17] M. Alves-Pereira, J. Joanaz de Melo and N.A.A. Castelo Branco, "Low frequency noise exposure and biological tissue: reinforcement of structural integrity?" In: *Recent Advances in Multidisciplinary Applied Physics*, edited by A. Méndez-Vilas, pp. 961-6, (Elsevier, Oxford, 2005).
- [18] N.A.A. Castelo Branco, "A unique case of vibroacoustic disease. A tribute to an extraordinary patient," *Aviation Space & Environmental Medicine*, **70** (3, Suppl), A27-31, (1999).

- [19] J. Martins dos Santos, N.R. Grande, N.A.A. Castelo Branco, C. Zagalo, P. Oliveira, "Vascular lesions and vibroacoustic disease," *European Journal of Anatomy* **6**(1), 17-21 (2002).
- [20] W. Marciniak, E. Rodriguez, K. Olsowska, I. Botvin, A. Araujo, F. Pais, C. Soares Ribeiro, A. Bordalo, J. Loureiro, E. Prazeres de Sá, D. Ferreira, M.S.N. Castelo Branco and N.A.A. Castelo Branco, "Echocardiography in 485 aeronautical workers exposed to different noise environments. *Aviation Space Environmental Medicine* **70** (3, Suppl), pp. A46-53, (1999).
- [21] A. Araujo, F. Pais, J.M.C. Lopo Tuna, M. Alves-Pereira and N.A.A. Castelo Branco, "Echocardiography in noise-exposed flight crew," *Internoise 2001*, The Hague, Holland, pp. 1007-10, (2001).
- [22] M. Alves-Pereira, M.S.N. Castelo Branco, J. Motylewski, A. Pedrosa and N.A.A. Castelo Branco, "Airflow-induced infrasound in commercial aircraft," *Internoise 2001*, The Hague, Holland, pp. 1011-14, (2001).
- [23] N.A.A. Castelo Branco and M. Alves-Pereira, "Vibroacoustic disease," *Noise & Health*, **6**(23): 3-20 (2004).
- [24] N.A.A. Castelo Branco, "The clinical stages of vibroacoustic disease," *Aviation Space Environmental Medicine* **70** (3, Suppl), pp. A32-9, (1999).
- [25] J.W. Arnot, "Vibroacoustic disease I: The personal experience of a motorman," *Institute of Acoustics (U.K.)*, **25** (Pt 2), 66-71, (2003).
- [26] M. Bento Monteiro, J. Reis Ferreira, C.P. Mendes, M. Alves-Pereira and N.A.A. Castelo Branco, "Vibroacoustic disease and respiratory pathology III – Tracheal and bronchial lesions," *Proceedings Internoise 2004*, Prague, Czech Republic, No. 638 (5 pages), 2004.
- [27] N.A.A. Castelo Branco, A. Araujo, J. Joanaz de Melo, and M. Alves-Pereira, "Vibroacoustic disease in a 10-year-old male," *Proceedings Internoise 2004*, Prague, Czech Republic, No. 634 (7 pages), 2004.
- [28] M. Bento Monteiro, J. Reis Ferreira, M. Alves-Pereira and N.A.A. Castelo Branco, "Bronchospasm in vibroacoustic disease I – 'Pink lesions,'" *Proceedings Internoise 2007*, Istanbul, Turkey, 2007. (In press). *Awarded the 2006 "More Prevention, Better Living" Prize for Scientific Research, attributed by the Portuguese National Institute for Safety and Health in the Workplace.
- [29] GIMOGMA. [Epilepsy of vascular etiology, a clinical picture of vibration disease?] *Revista Portuguesa Medicina Militar*, **32**, 5-9, (1984). (In Portuguese)
- [30] N.A.A. Castelo Branco, J. Reis Ferreira, M. Alves-Pereira, "Respiratory pathology in vibroacoustic disease: 25 years of research". *Revista Portuguesa Pneumologia* **XIII**(1), 129-35 (2007). Available: www.sppneumologia.pt/publicacoes/?imc=50n&publicacao=22&edicao=1893&fmo=pa
- [31] M. Alves-Pereira, J. Reis Ferreira, J. Joanaz de Melo, J. Motylewski, E. Kotlicka and N.A.A. Castelo Branco, "Noise and the respiratory system," *Revista Portuguesa Pnumologia*, **IX**(5), 367-79(2003). Available: www.sppneumologia.pt/publicacoes/?imc=50n&publicacao=22&edicao=781&fmo=pa
- [32] J. Reis Ferreira, C.P. Mendes, M. Alves-Pereira and N.A.A. Castelo Branco, "Respiratory pathology in vibroacoustic disease I – Current findings". *Proceedings 12th International Congress Sound & Vibration*, Lisbon, Portugal, No. 571 (7 pages), 2005
- [33] G.C. Mohr, J.N. Cole, E. Guild and H.E. von Gierke, "Effects of low-frequency and infrasonic noise on man," *Aerospace Medicine*, **36**, 817-24 (1965).
- [34] V.I. Ponomarkov, A. Tysik, V.I. Kudryavtseva, A.S. Barer, "Biological action of intense wide-band noise on animals," *Problems of Space Biology - NASA TT F-529*, 7(May), 307-9, (1969).
- [35] A. Cohen, "The influence of a company hearing conservation program on extra-auditory problems in workers," *Journal Safety Research*, **8**, 146-62 (1976).
- [36] V.I. Svygovi, V.V. Glinchikov, "The effect of infrasound on lung structure," *Gigiena Truda Profissional Zabol*, **1**, 34-7 (1987). (In Russian)
- [37] dBLab – Laboratório de acústica e vibrações, Lda. www.absorsor.pt. (dblabs@absorsor.pt).
**The authors clarify that no member of the VAD research team is employed by this firm, nor are there any commercial, financial or professional agreements (contractual or otherwise) between dBLab and members of the VAD research team.