

【原著】

長時間トラック運転労働における心拍変動

佐藤 修二*, 川村 雅則**, 若葉 金三*, 福地 保馬**, 西山 勝夫***

*北海道勤労者医療協会 勤医協札幌病院

**北海道大学大学院教育学研究科健康スポーツ科学講座

***滋賀医科大学予防医学講座

Heart rate variability during prolonged truck driving work

Shuji Sato*, Masanori Kawamura**, Kinzou Wakaba*, Yasuma Fukuchi**
and Katsuo Nishiyama***

*Department of Occupational Health, Kin-I-Kyo Sapporo Hospital

**Chair of Health and Sports Science, Graduate School of Education, Hokkaido University

***Department of Preventive Medicine, Shiga University of Medical Science

Forty-eight-hour Holter electrocardiograms were recorded for 6 professional truck drivers and the conditions under which they worked were observed. Their work was classified every one minute into categories, such as driving, loading, napping, subsidiary driving work, and others.

The mean number of working hours was 37.0h, with a range from 14.8 h to 93.5 h. We investigated the RR50 and performed power spectral analysis of R-R intervals by fast Fourier transform. RR50 was increased during both late night driving and during the daytime driving the next day. On the other hand, the heart rate decreased during those hours.

I はじめに

北海道の長時間トラック輸送は深夜運転が主体で、日中は運転手自身が荷役作業に従事し、さらに待機時間が長いなど、著しい長時間過重労働になっている場合が多い。その結果、長時間トラック運転手が脳・心疾患で過労死と認定される事例が見られ、また居眠り運転・不注意による交通事故が毎年のように起きている。

今回我々は深夜運転を伴う長時間トラック運転手の労働負担の実態を把握し、心血管系にどのような影響を及ぼすかを調べることを目的に調査を行なった。

II 対象と方法

被験者はいずれも事前の健康診断で心血管系に異常を認めない30代~50代の男性6人、運転歴は10年~30年のベテラントラック運転手であり、トラックのタイプは全例積載量12トンのトレーラーであった。

調査方法は通常の1運行行程について、米国・スペーススラブメディカル社製長時間心電図記録装置を用いてCM5およびNASA誘導心電図を連続記録し、調査者がトラックに同乗して作業内容・作業環境を分単位で記録した。心電図記録が24時間を超える場合はテープを交換した。入浴などのやむを得ない事情の場合は記録装置を一時はずした。解析は心電図データプロセッサDMC-4100を用いて行なった。そこで得られたRR間隔の情報をもとに1分及び2分ごとの平均RR間隔とRR₅₀を算出した。また、高速フーリエ変換(FFT)によるパワースペクトル分析を行ない、2分ごとの低周波成分と高周波成分のパワー比即ちLF/HFを求めた。

RR₅₀は心臓迷走神経機能を心拍の短時間変動で計測する方法として糖尿病、心臓移植患者などの副交感神経機能を評価する手法で近年幅広く用いられている¹⁻⁵⁾。Ewingの方式によるRR₅₀の算出方法を示す(図1)。連続するRR間隔、すなわちR1-R2とR2-R3の差の絶

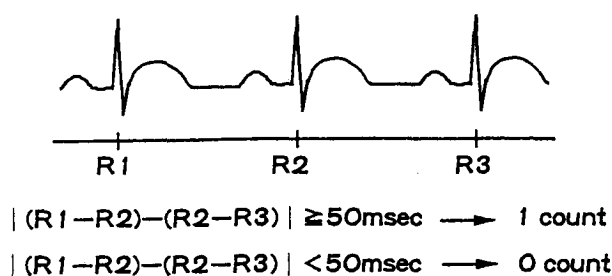


図1 Measurement method of RR₅₀ value (Ewing, 1984)

対値が 50 msec 以上である時これを 1 点, 50 msec 以下では 0 点とし, これらを 1 分ごとに積算した⁹⁾。

FFT による LF 成分および HF 成分は, それぞれ 0.04~0.15 Hz, 0.15~0.40 Hz の周波数成分として定義し, 計算した。この値は交感神経の指標として使われている報告も多く, 立位や運動時に増加することが知られている^{7,8)}。

RR₅₀ の計測上, 期外収縮が問題となるため, 上室性期外収縮, 心室性期外収縮は除外して計算した。除外された心拍データは全体の 0.26% (24 時間換算で平均 260 拍程度) であった。6 例のうち最も多い例で上室性期外収縮を 1.3% (約 1,300 拍) 認めたが, 6 例とも病的な不整脈は認められず, 期外収縮についてはいずれも臨床的に問題になる例はなかった。

III 結 果

1) 作業環境・作業内容

トラック運転労働の作業環境については, 運転席は限られた空間で長時間同一の姿勢を強いられ, 作業場が高速で移動を続け常に危険を回避しなければならない緊張した作業が要求される。仮眠は運転席の後部でおこない, 荷主先の倉庫前で待機時間に短時間の仮眠を行なう場合が多い。

6 人の運転手のうち, 3 人は札幌の会社を夜に出発して釧路, 帯広方面の農産物, 海産物の生産基地に向かい, 翌朝現地で荷積み作業を行なって小樽, 苫小牧のフェリー基地まで運送し, フェリーターミナルで貨物車を切り離してトレーラーヘッドだけで札幌の会社に戻る作業であった。他の 2 人はトレーラーヘッドのみでフェリーターミナルに向かい, そこで本州方面からの荷物が積み込まれている貨物車をつなぎ, 荷主の倉庫まで運送し, 荷おろし作業と荷積み作業を行ない, 別の北海道からの荷物を積んだ貨物車をフェリーターミナルに運ぶ作業であった。残りの 1 人は北海道の貨物を関東地方へ直接運送して運び, 北海道に本州の荷物を積んで運送するという作業であった。

荷扱い作業は 1 個 10 kg 前後の段ボールや冷凍魚, 馬鈴薯などの農産物の袋を 1,000~2,000 個, 手積みで積み込む場合が多く, 作業時間が 2 時間から 3 時間以上に及ぶ場合もあり, それ自体重筋労働である。また, 長距離の運転は車両整備等の運転以外の様々な労働が要求される。

2) 作業時間と作業区分

測定時間および作業時間の概要は表 1 のとおりである。1 運行行程は最も長い例が 93 時間 31 分で, 最も短い例でも拘束時間は 14 時間 47 分であった。全行程について, 分単位で調査者が作業内容などを記録したが, 解析にあたって, 作業内容を①運転②荷扱い③付帯作業④睡眠⑤その他の 5 つに分類した。「荷扱い」とは荷物の積み込み, 積み卸しに関する作業, 「付帯作業」とは車両整備, 荷主との連絡事務作業等, 「その他」とは食事, トイレ, 休憩などの時間と定義した。

全拘束時間を出社から退社までの時間としたが, 実際の心電図測定では上記 5 つの作業区分に属さない時間が発生した。これは, 入浴などのために, 心電図をはずしたことがあったことと, 業務上の都合で心電図を測定で

表 1 作業区分および作業時間

ケース	年齢	全拘束時間	運 転	荷扱い	付帯作業	仮 眠	その他	測定除外時間
例 1	32	14時間47分	7時間55分	1時間55分	51分	1時間14分	50分	2時間02分
例 2	31	17時間45分	7時間25分	4時間20分	38分	1時間00分	1時間32分	2時間50分
例 3	51	22時間43分	14時間17分	6時間50分	00分	00分	1時間36分	00分
例 4	44	23時間56分	9時間03分	6時間47分	42分	2時間03分	5時間21分	00分
例 5	54	49時間35分	18時間00分	6時間06分	1時間26分	11時間50分	10時間14分	1時間59分
例 6	55	93時間31分	21時間58分	10時間52分	2時間33分	29時間01分	14時間50分	15時間07分

注: 全拘束時間=出社から退社までの時間 荷扱い=荷積み, 荷下ろし作業 付帯作業=車両整備および書類受け渡し等の作業 その他=食事, トイレ, 休憩等 測定除外時間=全拘束時間のうち, 心電図をはずした等の理由で分析対象とならない時間

きなかったためである。このため、6例中4例に心電図測定をできない時間および作業区分を分類できない時間(全拘束時間の9.9%)となった。これらの時間は分析から除外するため「測定除外時間」とした。

調査は事業主と運転手に調査目的と方法を十分に説明し、了解と協力の下に行なわれが、業務に支障を来さないように最大限注意を払うことを優先した。

運転時間は、全拘束時間の50%を超える例(例1, 例3)があり、全体でも35.4%に及んだ。

3) 作業経過による心拍変動測定結果

次に個々の事例に沿って作業経過と観測した心拍変動の結果について示す。紙面の都合上、本稿では心拍変動の特徴をわかりやすく説明するために6例中4例に絞って記述する。

図2は時間経過に沿って心拍数、RR₅₀、LF/HFパワー比について5つの作業区分とあわせて表現した図である。縦軸は1分ごとの心拍数及びRR₅₀の計測数、横軸は時間経過、図中の折れ線は上から順に心拍数、RR₅₀及びLF/HFパワー比、横線はそれぞれの作業区分である。午後10時から翌日の午前6時までの深夜帯については斜線で囲んだ。心拍数について、運転中の10分間の平均値が前の10分間の平均値よりも10%以上減少している場合、その個所に矢印をつけ、「心拍数漸減傾向あり」とした。図3～図5についても同様の表現とした。

例1は深夜にトレーラーヘッドのみで会社から約100km離れたフェリーターミナルに向かい、仮眠せずに荷積み作業(機械による)を行ない、また100km離れてい

る倉庫に荷物を運送して、別の荷物を積んで再びフェリーターミナルに戻るという作業であった。4時45分ころ路面が凍結していてタイヤのスリップにヒヤリとする場面に遭遇した(以下図中矢印で印す)。6時35分にはトレーラーと乗用車が追突事故を起こした直後の事故現場横を通過している。8時30分には交差点を右折しようとしたところ、対向車が前方から直進してきてヒヤリとしている。3回のヒヤリとする場面に遭遇した直後に、いずれの場合にも心拍数の急激な増加を観測した。前例と同様にLF/HFパワー比を重ね合わせると3回のヒヤリとした時間の6分以内に急激な増加を認めた。また、交通事故現場を通過した時にはRR₅₀が比較的增加しているにもかかわらず、心拍数は急増している。この例では深夜帯にはRR₅₀の増加は認めず、むしろ翌日の午前中にRR₅₀増加を認めた。

次に例3の心拍数、RR₅₀経時変化を示す(図3)。この例は札幌市内の会社で1日目夕方から荷物の積み込み作業を5時間余りにわたって行ない、夜に釧路市に向かって運転(途中日勝峠を通過)、翌朝早朝に釧路で荷下ろし作業を行ない、仮眠をとらずにえりも町、苫小牧市経由で札幌市の会社に戻るという作業であった。

夕方の荷扱い作業時、心拍数が上昇しているが同時に作業の後半(20時～22時)はRR₅₀の増加を認めた。深夜帯の運転作業時は心拍数の漸減傾向を認める。RR₅₀については荷扱い作業時に比べて増加は認めなかった。2日目午前中の運転作業時にはRR₅₀の増加と心拍数漸減傾向を認めた。

次に例4の心拍数、RR₅₀経時変化を示す(図4)。この

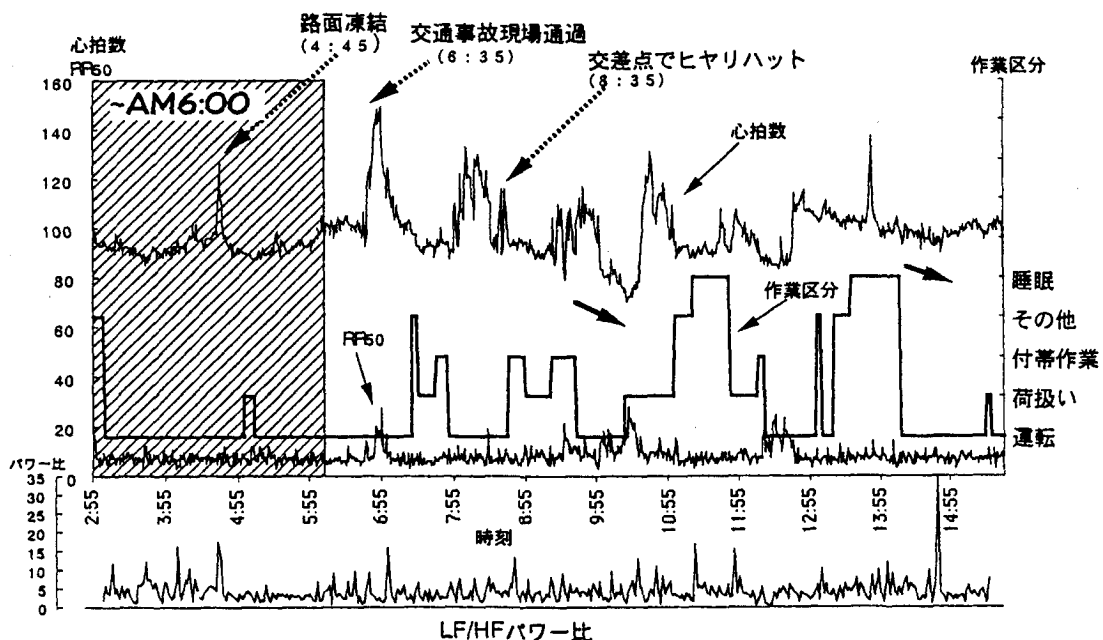


図2 例1の作業経過と心拍変動

例は夕方に札幌で荷物の積み込み作業を行ない、深夜帯に峠越え(狩勝峠)の運転を行ない、釧路漁港倉庫近くで仮眠後2時間荷物の積み込み作業を行ない、フェリーターミナルに荷物を運送した。

この例でも深夜帯のRR₅₀増加にともなって運転中心拍数が漸減傾向を示している。深夜帯を通じて心拍数は漸減しており、RR₅₀は増加傾向を示した。また、夜が明

けて午前8時頃強い眠気を訴えながら運転しているが、この時間帯もRR₅₀の増加が観測されたが、心拍数は70~90/分で変動している。

最後に例5を示す(図5)。この例は1日目の夕方に荷物の積み込み先に到着し、深夜帯はトラック内で睡眠をとり、2日目の日中に荷物の積み込み作業を行ない、夕方にかけて運転作業に従事している。

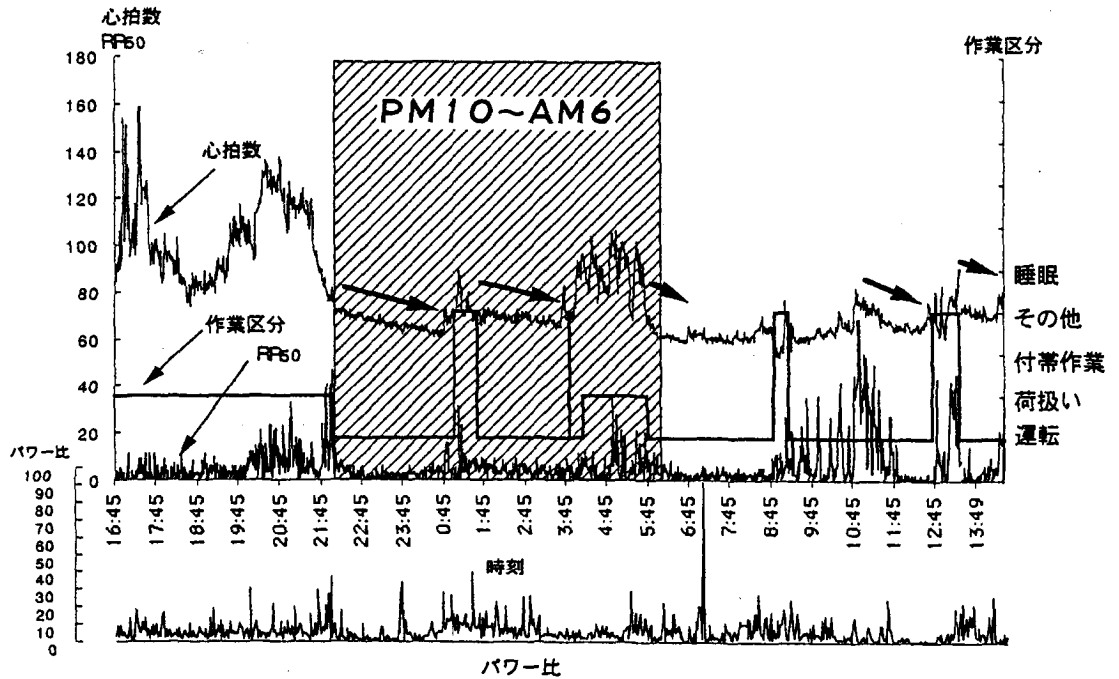


図3 例3の作業経過と心拍変動

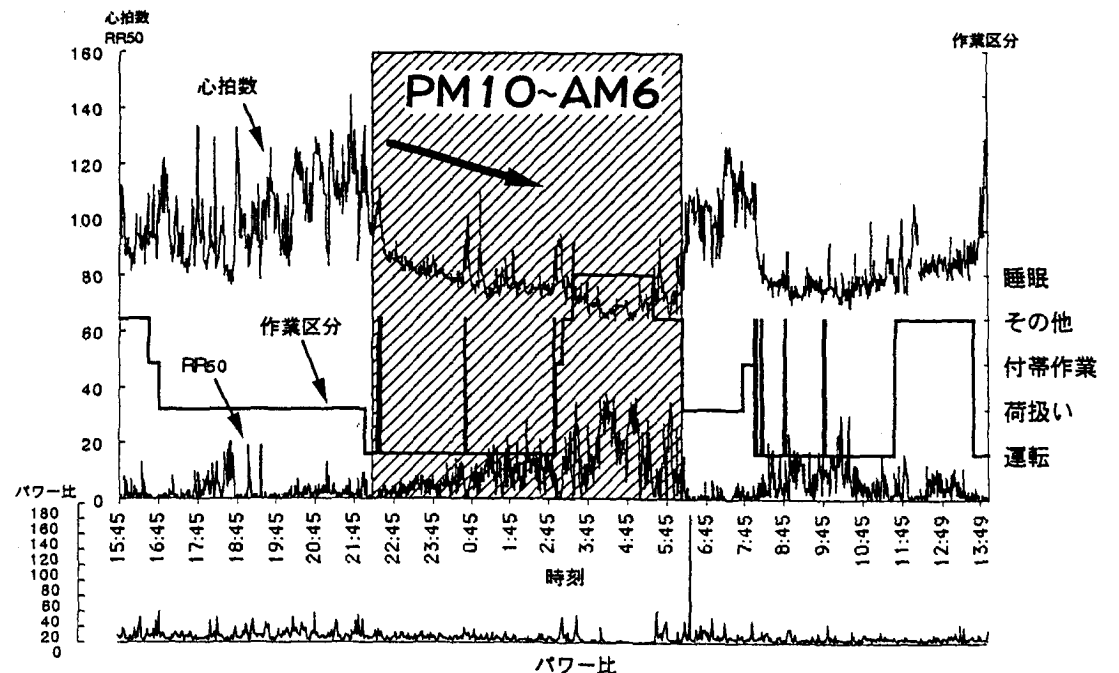


図4 例4の心拍変動と作業区分

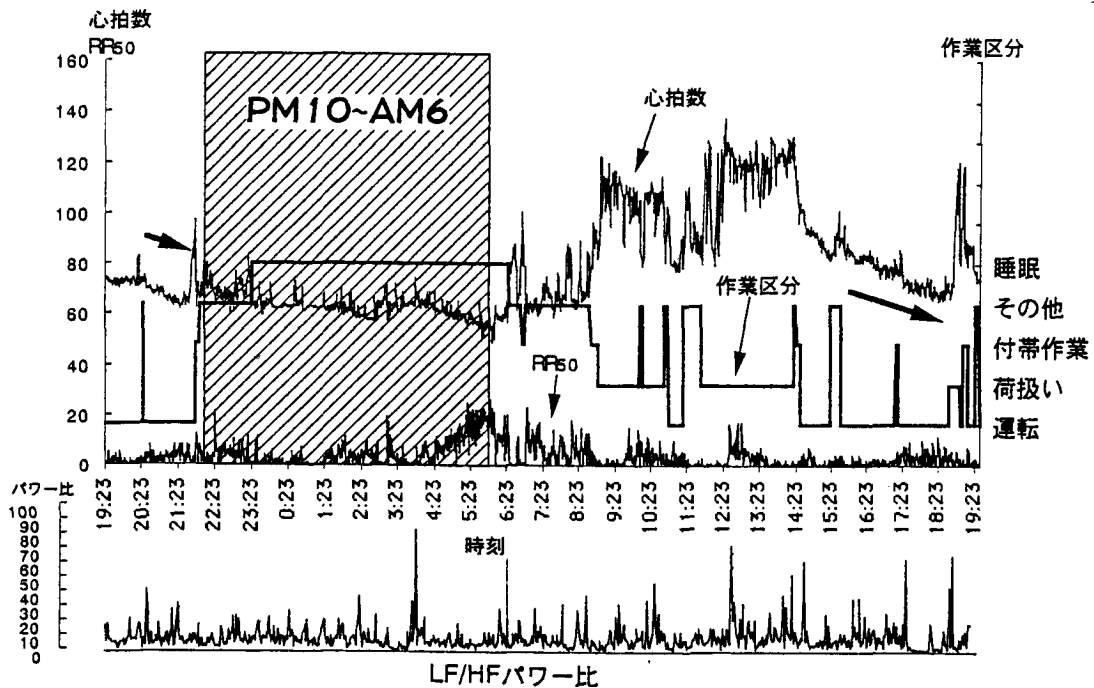


図5 例5の心拍変動と作業区分

深夜帯はRR₅₀が増加しており、特に早朝の時間帯は心拍数が漸減していて深い睡眠状態だったと推測される。2日目の荷物の積み込み作業中は心拍数の増加を認めるが、RR₅₀も比較的高いレベルにあるが、LF/HFパワー比を重ね合わせると、心拍数が多くなっている時間はパワー比も増加している。2日目の夕方の運転中は心拍数の漸減傾向があり、RR₅₀もわずかに増加傾向を示した。

本稿では例2及び最も作業時間が長かった例6については紙面の都合上割愛したが、作業と心拍変動の推移は上記4例と同じ傾向を示した。特に例6については本州への往復という、極めて長時間労働の観測結果であるので、別途報告を準備したい。

IV 考察

我が国の職業ドライバーの労働負担については、特に深夜運転労働を伴う場合循環器系への負担増加が指摘され、健康管理の重要性が指摘されている⁹⁾。北海道の長時間貨物トラック輸送労働は、ほとんどが交通量の少ない時間帯すなわち深夜帯に運転をしている。これは、交通量が少ない時間帯の輸送で輸送効率を上げる、大型のトラックを動かすことによる交通事故の危険を回避する、本州からのフェリー到着時間に合わせて荷物を運ぶ、という経済的理由によるところが大きい。そのことによって、長時間トラック運転手は「深夜運転」という非生理的な労働を強いられているといえる。さらに、輸送繁忙期(9月~12月)はほとんど休日がなく、極端な事例では1カ月に1~2回しか自宅に帰らずにトラック内で寝

泊りをして運転労働を続ける事例も見られる。今回の6人の運転手についても例外ではなく、例4~例6はまる1日(24時間)以上休むということがない状態が続く中で、1運行行程についての観測を行なった。したがって、本来は前日までの作業の状態、疲労の蓄積についても考慮に入れなければならないであろう。行政は政令等によって職業ドライバーの労働負担が過重にならないための諸施策を出して事業主などへの指導を行なっているが¹⁰⁾、今回の調査範囲でも実際の作業実態は労働時間の規制範囲を超えている。北海道における長時間トラック運転労働による過労死事件判例^{11,12)}を見ても長時間運転労働が脳心疾患を誘発し得るということが社会通念一般に認識されるに至った今日、規制範囲を超えた運転労働の実態を改善するための検討が必要であろう。

心臓迷走神経は心臓に対して自動能を抑制して心拍数を減らし心筋の虚血を改善する方向に作用する一方、交感神経は心臓の自動能を亢進させ心拍数を増加させる方向に作用し、通常は概日リズムが維持されて生体の恒常性が保たれている¹³⁾。前の調査で我々は深夜のトラック運転労働中に心拍数が漸減する傾向を観測した¹⁴⁾。運転労働中の自律神経機能変化については前原らは深夜運転を行なうタクシー運転手について心室性期外収縮と心拍数、%RR₅₀の測定結果をもとに交感神経系と副交感神経系の活動性のバランスの変化として論じているが¹⁵⁾、今回の長時間トラック運転手のRR₅₀およびLF/HFパワー比の時系列的解析によって通常運転中に心臓迷走神経の活動性が増加して心拍数が漸減することが観測でき

た。

心拍変動による自律神経機能解析については健常者と心臓移植後の患者や重症糖尿病患者などとの比較, 年齢による比較などの数多くの研究がされているが¹⁴⁾, 職業ドライバーの長時間運転労働の実態に即した自律神経機能解析の研究は皆無といってよい。本研究で運転作業中, 特に深夜及び2日目の日中に心拍数の漸減傾向とRR₅₀の増加は, 運転中においても心臓迷走神経(副交感神経)の活動性が交感神経よりも優位に働いていることがあることを確認できたと言える。

運転労働は本来精神的には緊張を保ちながら, 瞬時の危険回避を要求される作業である。しかし, 深夜労働を繰り返しているトラック運転手の場合, 心臓については迷走神経が優位の状態すなわち「休息モード」に入っているながら運転を続けているとも考えられる。ヒヤリハット(運転中ヒヤリとする危険な場面)や荷扱い作業の時にはHF/LFパワー比の増加にも示されるように一時的に交感神経が優位に働き, 心拍数の急激な増加を認めるがRR₅₀が増加しているのは「本来心臓は休息を求めている」証拠とも考えられる。

健常者の日内変動ではRR₅₀は夜間に増加し, 昼間は減少するが, 今回の事例では全例で深夜運転労働後の日中RR₅₀が一時的に増加し, 心拍数は漸減していることが観測された。心拍数の日内変動では本来夜間に心拍数が減少し, 心筋が休息して翌日の活発な心筋の活動に備えるのであるが, これは心臓が運転中に「休息モード」に入っている証拠ともとれる。深夜運転労働後に心臓が生理的に休息を求めているサインと考えられる。運転労働は交通環境が常に変化し, 危険を伴う作業であるため, 常に精神的緊張が強いられる。その中で心臓が「休息」しているのは生理現象とはいうものの, 身体の自律神経バランスとしては矛盾する現象である。

心臓迷走神経の活動性が優位であることが即ち全身の自律神経のバランス, 特に意識覚醒レベルと関係しているかどうかは本研究では不明であるが, 同乗した調査者の記録によると運転手はさかんに眠気と疲労を訴えていた時期と運転中RR₅₀増加と心拍数漸減傾向が一致する場合が多かった。RR₅₀の増加については個人差があるものの, 本調査で測定した深夜運転を繰り返している運転手の日内変動は通常の深夜に増加して日中減少するパターンからは大幅にずれている。特に2日目の午前中に増加しているケースがほとんどであった(図2~図5)。このことは, 深夜運転を繰り返す職業ドライバーの自律神経機能の日内変動パターンが日勤者と異なっていることを示唆しており, 居眠り運転を経験している職業ドライバーが50%以上にのぼる状況¹⁵⁾を考慮に入れると, 自律神経の日内変動にあった運転作業のための対策が必要

であろう。

ヒヤリハットに遭遇した際には心拍数と血圧が上昇することは古くから知られているが¹⁷⁾, 今回の調査でもわれわれはヒヤリハットに遭遇し, 心拍数の上昇を確認した事例があった(例1)。LF/HFパワー比がそれらの出来事にほぼ一致して一時的に上昇していることは, ヒヤリハットに遭遇して一時的に交感神経の活動性が高まったと考えられる。パワー比は体動時, 荷扱い作業時に増加しているが, 運転作業中は体の動きは少ないが精神的な緊張によって一時的に増加したと考えられる。

運転労働は常に突然起きる危険を回避するための緊張を強いられる作業であり, 走行距離や時間, 道路気象環境, 走行速度によって危険度が大きく左右される。前回の調査でもヒヤリハットに遭遇しているが, 数少ない我々の調査でこれだけ多くのヒヤリハットに遭遇するということは, 長時間トラック運転手にとってそれが日常茶飯事である可能性が高い。我々が実施したアンケート調査では全国的に大型トラック運転手が1年以内に人身・物損事故を起こした割合が15%に及んだが¹⁸⁾, その割合から類推しても事故に至らないヒヤリとする経験はその何倍もの回数になるはずである。

今回の観測で深夜運転労働が自律神経の概日リズムを変化させている可能性を指摘したが, 日内変動のパターンを日勤労働者や休日と比較検討することは今後の課題である。また, 作業内容や時間経過などと自律神経機能の変化が不整脈や心筋収縮力へどのような影響を及ぼしているか等についても労働負担を検討する上では重要であろう。

V 結 論

北海道の長時間トラック運転をしている6人のベテラン運転手の1運行に同行し, 長時間心電図記録測定を行なうと同時に1分単位で作業内容および作業環境の測定を行ない, 心臓自律神経機能と作業との関連の検討を行なった。

その結果,

- 1) いずれも拘束時間が長く, 最長で93時間以上に及び, 運転時間も長かった。
- 2) 深夜の運転中および翌日の日中の運転中に心拍数の漸減とRR₅₀の増加を認め, 心臓の自律神経は副交感神経優位になっていることが推測された。
- 3) ヒヤリハットの際には心拍数の急激な増加とパワー比増加を認め, 心臓の自律神経は交感神経優位になっていると推測された。
- 4) 長時間運転労働の結果, 作業時間の後半に心臓は日中でも副交感神経優位になっており, 安全対策および運転手の健康対策上問題があると考えられた。

謝 辞

本調査研究の一部は1998年度北海道勤労者医療協会「研究助成」によって行なわれた。調査研究にご協力をいただいた関係各位に深謝いたします。(本稿の要旨は第63回北方産業衛生学会において発表した。)

文 献

- 1) 桜林 耐, 沢登貴雄, 石井博之他: 心臓への迷走神経機能の加齢に伴う経時的リズム変動の意義. *Journal of Cardiology*, 23: 87-97, 1993
- 2) Ewing, D. J. and Neilson, J. M. M. et al: Twenty four heart rate variability: effects of posture, sleep, and time of day in healthy controls and comparison with bedside tests of autonomic function in diabetic patients. *Br Heart J*, 65: 239-234, 1991
- 3) Cowan, M. J. et al: Effects of Gender and Age on Heart Rate Variability in Healthy Individuals and in Persons After Sudden Cardiac Arrest. *Journal of Electrocardiology*, 27: 1-9, 1994
- 4) Otsuka, K. et al: Chronobiology in cardiology. *Ann Ist Super Sanita*, 29: 633-646, 1993
- 5) 数馬紀夫, 白瀬江里奈, 松岡郁美他: 気管支喘息児における副交感神経機能の24時間リズムの検討, *アレルギー*, 47: 1248-1251, 1998
- 6) Ewing, D. J. and Neilson, J. M. M. et al: New method for assessing cardiac parasympathetic activity 24 hour electrocardiograms. *Br Heart J*, 52: 396-402, 1984
- 7) Pagani, M. et al: Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circ Res*, 59: 178-193, 1986
- 8) Victor, R. G., Secher, N. H., and Lyson, T. et al: Central command increases muscle sympathetic nerve activity during intense intermittent isometric exercise in humans. *Circ Res*, 76: 127-131, 1995
- 9) 夜間走行を伴う職業ドライバーの循環器系機能の変動と作業負担に関する調査報告書. 労働科学研究所, 1989
- 10) 新版自動車運転者労務改善基準の解説. 労働省労働基準局, 1993
- 11) 釧路地方裁判所 平成4年(行ウ)第2号遺族補償年金等不支給処分取消請求事件判決, 1996
- 12) 美馬孝人: 斉藤過労死訴訟の経過及び判決について, *北海学園大学経済論集*, 44(4): 1-30, 1997
- 13) 麻野井英次: 自律神経系による循環調節, 循環器疾患と自律神経機能, 1996: 15-34
- 14) 佐藤修二, 埴田和史, 若葉金三他: 北海道における長距離トラック運転手の血圧・心電図動態. *産業衛生学雑誌*, 41: 206-216, 1999
- 15) 前原直樹, 佐々木司, 李 卿他: 深夜運転を行なっているタクシー運転手3事例の勤務日, 勤務明け日及び公休日での心室性期外収縮出現の様相. *労働科学*, 72: 396-412, 1996
- 16) 全日本運輸一般労働組合: 労働と健康に関するアンケート調査. 滋賀医科大学予防医学講座, 1997
- 17) 小木孝和: 運転状況による生理反応パターン. *人間工学*, 4: 331-336, 1968