メンタルワークロード (MWL) のとりえ方について 生体負担 (PWL) の測定評価

斎藤 和雄 (北大・医)

Evaluation and Measurement of Physical Work Load
Kazuo Saito (Hokkaido Univ. School of Medicine)

I. はじめに

ISO 6385「作業システムの設計のための人間工学の原則」では、作業ストレス、作業負担および作業疲労をそれぞれ次のように定義している。

すなわち、(1) 作業ストレスは外的負荷とも云い、作業システムにおいて人の生理的、心理的状态を乱すように作用する外的条件や要求の総量をいう。(2) 作業負担は内的反応とも云い、作業ストレスが個人の特性や能力と関連して与える影響である。(3) 作業疲労は局部的あるいは全身的であるが病的ではない作業負担の現れで、休息によって完全に取り除くことができる。

作業の負担要因と生体の負担状態を測定評価することは容易でないが本フォーラムでは作業に関連する外的要因と内的反応としての生体負担を測定評価する方策について考えてみたい。

II. 従来の生体負担判定法

これまで生体負担、とりわけ、疲労の評価に用いられている検査法をあげると次のごとくである。

1. 疲労自覚症状調査表 ①自覚症状しらべ、②蓄積的疲労徴候調査表

2. 精神心理機能検査 ①ブロッキング、②一位加算法、③労研アメフリ抹消検査、④点数え法、⑤認知時間、⑥反応時間、⑦速度見越し反応、⑧フリッカー検査、⑨集中維持

機能 (TAF) 検査、⑩VRT検査、⑪本川氏電気閃光法、⑫GSR、⑬脳波、⑭誘発電位

3. 筋力・運動機能検査 ①握力、②背筋力、③肩腕力、④脚力、⑤膝蓋腱反射、⑥タッピング、⑦作業分析

4. 感覚機能検査 ①視力、②調節力、③屈筋力、④眼球運動、⑤触二点弁別閾値、⑥平衡機能、⑦聴機能

5. 自律神経機能検査

6. 呼吸循環機能 ①心拍数、②血圧、③肺活量、④最大酸素摂取量

7. 生化的検査法 ①尿中蛋白、②尿中糖、③尿中ウロビリノーゲン、④ウロペプシン、⑤ケトステロイド、⑥Na/K比、⑦カテコールアミンおよびその代謝物、⑧血液比重、⑨血清蛋白濃度、⑩好酸球、⑪血中カテコールアミン、⑫唾液pH、⑬唾液コルチゾール、⑭肝機能

8. 作業分析 ①作業態様の分析、②作業の種類、③姿勢、④速度、⑤密度、⑥精度、⑦難易度、⑧作業時間、⑨生活時間

III. 最近の労働とMWL

MWLはすべての作業に伴い、肉体労働でも作業を成就するパフォーマンスの面では直接MWLとなり、負担の程度は作業の種類によって異なる。

コンベアシステムを採用した単純繰り返し作業としての視覚系手腕作業では調整、判断、

認知などの高次精神活動が要求される。オートメーションシステムを採用した工場の監視センター、船舶や航空機の運転作業では同様に視覚系を介した計器の観察、情報判断、注意の集中、配分等の高次精神活動によって、MWLがもたらされる。

事務作業ではOA化が急速に進み、VDTやマイクロコンピュータの導入によって視覚系の疲労と同時に心理的に負担が強くなっている。

コンピュータのハードウェアやソフトウェアの開発、高次の情報処理作業等は、代表的頭脳労働であり、脳における高次精神活動が中心となる。長時間に渡る頭脳労働は直接MWLとなり、特に難解な問題解決型作業で著しい。極度なMWLでは精神疲労が疲憊状態に移行し、精神機能の低下のみならず、身体機能も低下し、作業行動というパフォーマンスの減少につながる。

精神労働は肉体労働と違って、筋肉を使用する割合はきわめて少なく、エネルギー消費は非常に少ない。しかし、脳のエネルギー消費量は安静時でも筋労作と異なり、エネルギー代謝率はあまり高くない。精神緊張状態では、情緒的変化や軽度ながら全身的筋緊張の高まり、脈拍数の増加、精神的発汗等が認められる。精神労働の強さは、作業の性質、作業者の能力、習熟度などとの関連で、精神緊張の反応に違いがみられるので、RMRのような量的尺度で表現することは困難である。

高度な頭脳労働は問題解決型の作業であり、高次の神経活動が要求される。精神労働はいかに効率的に頭脳を使うかであり、いったん疲労がたまると、その回復には長い時間がかかる。精神疲労の状態では、新皮質の活動が鈍るために、旧皮質、脳幹、視床、視床下部の活動と調整にも乱れが生じ、内臓、とくに胃の機能、自律神経系、内分泌系にも影響を及ぼす。精神労働を円滑に遂行させるためには、適当な一連続作業と作業速度を選定する

ことが重要である。

IV. MWLの生理的基盤と評価

各種作業の基本である随意運動は、皮質連合野、大脳基底核、小脳外側部で計画され、皮質運動野および小脳中間部を介して末梢運動神経に伝えられ、運動が遂行される。動作時の脳の血流量は著しく増加することが知られている。末梢の運動ニューロンでは興奮性および抑制性シナプス、シナプス前抑制および後抑制性線維が存在し、それらの協応のもとに筋活動が行われている。

情報の認識は感覚受容器による刺激の受容、下位神経における要素への分解、特徴抽出、特徴空間への写像によって行われる。更に、中枢神経で統合、パターン分類、照合、識別、認識が行われる。これらの神経活動は神経伝達物質の放出に始まり、Cyclic AMPを介してシナプスのイオン透過性が変化し、その結果、膜電位の変化が起こることによって行われる。

情報の入力系としての感覚器と出力系としての手足などの運動器、これらの仲介となるいわゆる高次精神機能は、注意の集中、配分、認知、認識、判断である。注意集中時には、脳波波形数およびベータ波の増加、アルファ波の減少がみられ、自己相関が減少し、脳超音波減衰が増加する。また、精神作業ではC/NVやP300の間隔、ERCパターンが変化したり、Fm θ が出現する。

V. おわりに

MWLの測定と評価は、精神作業の種類、難易度、作業時間、作業に伴う環境要因、取り扱う機械、作業態様などの人間工学的分析から得られる情報とそれに対応する生体反応の特徴を明らかにし、それらを客観的指標として用いることによって可能となる。とりわけ、脳機能については、最近の種々な神経生理学的手法によってMWLの客観化を試みる必要があると思われる。