

産業衛生技術フォーラム・温熱環境研究会シンポジウム

2. 発汗サーマルマネキンを用いた、日本産業衛生学会の勧告する高温の許容基準の検討

森實 修平

産業医科大学産業生態科学研究所 産業保健管理学教室

【背景】日本産業衛生学会の「高温の許容基準」(以下、現行基準)は改訂が必要な時期に来ている。改訂する際は、作業環境・作業強度ごとに作業の継続が許容できる時間を示す方が実用的である。

【目的】人体温熱生理モデルであるFIALAモデルに基づき人間の熱的特性に近い制御ができるとされる発汗サーマルマネキン(Newton, Measurement Technology Northwest, 以下Newton)を使用すれば、人間を対象とした実験には不適切な暑熱環境や身体負荷でも推定核心温の推移を測定でき、許容基準の検討に有用である。そこで、高温ストレスに対するNewtonと日本人の反応を比較し、Newtonの結果から人間の推定核心温を予測する方法を検討し、可能であれば作業環境・作業強度ごとに許容される作業継続時間を示すことを目的とした。

【方法】2017年9月から2018年12月までの間に、健康な男性12名(年齢 26.0 ± 4.4 歳, 体重 64.5 ± 9.7 kg)を対象に実験を行った。被験者のうち6名には作業強度4 Metabolic equivalents (METs)で作業環境Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) 23, 25, 27, 29, 31°Cの条件で、6名には3METsでWBGT 21, 29°Cと、5METsでWBGT 21, 25, 29°Cの条件で60分間の運動を実施させた。Newtonには作業強度2, 4, 5, 6, 8METsでWBGT15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35°Cの条件で、120分の運動負荷を指示した。Newtonの3METsの結果は機械故障により得られな

かったことから、2METsと4METsの間をとることにより予測した上で、Newtonと人間の直腸温を比較し、JMP Pro 14を用いて重回帰分析を実施した。

【結果】運動開始から30分以降は、Newtonと人間の直腸温の差が直線的に拡大する傾向を認め、その差は環境条件と作業条件が上がるほど、Newtonの方が高い値を示す結果となった(図)。運動開始30分以降に限定して重回帰分析を行い、 $y=0.38931 \cdot a+0.04486 \cdot b+22.764$ (y:人間の予測値 a:Newtonの直腸温 b:METs, $R^2=0.84$)を得た。Newtonの実験で得られた直腸温の結果に、今回得られた予測式を用いて推定される人間の直腸温が38.0°C, 38.5°Cを超えるまでの時間を求めた(表)。

【考察】人間とNewtonとの熱的な特性は概ね一致したものの実験結果には一定の差を認めた。その最大の要因は、FIALAモデルの妥当性及びNewtonなどの発汗サーマルマネキンの妥当性と考えられた。また、人間は運動負荷がエルゴメーターであり風を発生させることや、汗をふくためのタオルを利用できることなども考えられた。

【結論】Newtonの直腸温を用いて人間の運動開始30分以降の直腸温の予測式を得た。その予測式を元に、実際によく見受けられる作業時間・作業環境の条件で許容される作業継続時間を推定した。本実験の実験環境や対象者には偏りがあり、実際の現場での活用や、個人差における留意点については議論が必要と考えられる。



図. Newtonと人間の直腸温の差

演者略歴

2014年 産業医科大学医学部医学科卒業
2014年 JR 東日本健康推進センター
2016年 産業保健管理学教室修練医