

# Enhancing Warfighter Effectiveness with Wearable Biosensors and Physiological Models

(STO-TR-HFM-260)

## Executive Summary

Physiological monitoring has many potential applications for the military where actionable real-time health and performance status of individual soldiers can be provided to the individual, leaders, and medical personnel. This panel advanced the science of wearable physiological monitoring technology applications for protection and enhancement of soldier performance. The results of four years of research discussion, coordination, and direct multinational collaborations were evident in three demonstrations and numerous peer-reviewed publications. The impact of the panel can be measured by comparing accomplishments to the state-of-the-art in a predecessor panel, RTG HFM-132 (June 2010), where concepts and sensor technologies were described and research applications were just beginning. Specifically, RTG HFM-260 took this to the next level with coordination of national efforts in physiological monitoring applications, two multinational field research experiments, and three Cooperative Demonstrations of Technology. A frequently asked question from military leaders is why can't troops be equipped with the latest wearable monitoring technology available in the commercial sector? The answer is simple: raw heart rates, sleep history, and activity levels are interesting but not useful information by themselves; however, actionable information relevant to military applications can be derived through development of physiologically-based algorithms and iterative testing with soldiers in realistic field environments. This leaves it to the military to fill critical gaps in the design and application of sensor systems and to obtain relevant intelligence on our own soldiers. The resulting system design, sensors, and algorithms are likely to be selected by industry and commercialized for the wider civilian market, not the other way around. A current example is the core temperature algorithm developed by Mark Buller from the US Army that accurately estimates elevation in core temperature from time series heart rate, rather than having to swallow core temperature pills every day. This algorithm has been licensed to commercial companies to also estimate core temperature increases in the civilian community.

Major accomplishments of this panel were:

- Information exchanges on technologies and use cases for wearable monitoring technologies;
- Synchronized national wearable monitoring efforts with exchange of best practices and lessons learned;
- Establishing a common approach to real-time thermal strain monitoring in the field, now proposed as a new RTG to include development of a STANREC;
- Shared mature national efforts on alertness monitoring and aircrew rest scheduling techniques (FRA);
- Explored the state-of-the-art in sensor technologies to fill specific monitoring needs such as: boot inserts for ground reaction forces (NLD, USA), Inertial Measurement Units (IMUs) for inertial navigation (ITA), and skin temperature monitoring in cold environments (CAN, NOR, USA), and load monitoring (energy expenditure) during daily military routine (CAN, CHE, GBR, NLD, USA);
- Disseminated findings from national and multinational studies through relevant conferences and symposia, including annual IEEE Body Sensor Networks conferences;

- 
- Conducted and reported results of two multinational studies led by Switzerland;
  - Developed monitoring systems for applications in training safety for recruits (GBR, NLD, SCH, USA), highlighted in a Cooperative Demonstration of Technology (CDT) led by GBR; and
  - Engaged in joint research efforts (NOR-CAN, USA-CAN, USA-GBR, USA-GBR-NLD-CHE).

# Amélioration de l'efficacité du combattant à l'aide de biocapteurs portatifs et de modèles physiologiques

## (STO-TR-HFM-260)

### Synthèse

Le monitoring physiologique a de nombreuses applications potentielles chez les militaires, car l'état de santé et les performances en temps réel de chaque soldat peuvent être fournis à l'individu, aux chefs et au personnel médical, ce qui permet d'intervenir. La présente commission a fait progresser la science des applications de la technologie portative de monitoring physiologique visant à protéger et améliorer les performances des soldats. Les résultats de quatre années de discussions, de coordination et de collaboration multinationale directe de recherche ont été manifestes lors de trois démonstrations et de nombreuses publications à comité de relecture. L'effet de la commission peut être mesuré en comparant les résultats de la technique de pointe d'une commission précédente, le RTG HFM-132 (juin 2010), dans laquelle les concepts et technologies de détection ont été décrits alors que les applications de recherche commençaient tout juste. Plus précisément, le RTG HFM-260 a franchi une autre étape en coordonnant les travaux nationaux sur les applications de monitoring physiologique et en menant deux expériences multinationales de recherche sur le terrain et trois démonstrations en coopération des technologies. Les responsables militaires demandent fréquemment pourquoi les troupes ne peuvent pas être équipées de la dernière technologie de monitoring portative disponible dans le commerce. La réponse est simple : la fréquence cardiaque brute, l'historique de sommeil et les niveaux d'activité sont des informations intéressantes, mais inutiles en soi. En revanche, il est possible de déduire des informations utiles à des applications militaires en développant des algorithmes et des essais itératifs basés sur la physiologie avec des soldats dans des environnements de terrain réalistes. Il incombe par conséquent aux militaires de combler les lacunes critiques de conception et d'application des systèmes de capteurs et d'obtenir des renseignements pertinents sur nos propres soldats. Le modèle de système, les capteurs et les algorithmes en résultant sont susceptibles d'intéresser l'industrie et d'être commercialisés sur le marché civil, et non l'inverse. L'algorithme de température centrale en est actuellement un exemple. Élaboré par Mark Buller, de l'armée des États-Unis, il estime l'élévation de la température centrale à partir d'une série chronologique de fréquences cardiaques, plutôt qu'à l'aide d'un thermomètre en pilule avalé chaque jour. Cet algorithme a été concédé sous licence à des entreprises commerciales pour estimer également la hausse de la température centrale chez les civils.

Les grandes réussites de cette commission ont été :

- L'échange d'informations sur les technologies et les cas d'utilisation des technologies portatives de monitoring ;
- La synchronisation des travaux nationaux de monitoring portatif avec l'échange des meilleures pratiques et des enseignements ;
- L'établissement d'une démarche commune de monitoring de la contrainte thermique en temps réel sur le terrain, maintenant proposée comme nouveau RTG pour inclure l'élaboration d'un STANREC ;
- Le partage des travaux nationaux matures sur le monitoring de la vigilance et les techniques de programmation du repos des équipages aériens (FRA) ;

- L'étude de l'état de la technologie des capteurs pour répondre à des besoins de monitoring spécifiques tels que : les inserts dans les bottes des forces d'intervention terrestres (NLD, USA), les centrales inertielle (IMU) pour la navigation inertielle (ITA), le monitoring de la température cutanée dans les environnements froids (CAN, NOR, USA) et le monitoring de la charge (dépense d'énergie) pendant la routine militaire quotidienne (CAN, CHE, GBR, NLD, USA) ;
- La diffusion des conclusions d'études nationales et multinationales à travers des conférences et colloques pertinents, notamment les conférences annuelles « Body Sensor Networks » de l'IEEE ;
- La réalisation de deux études multinationales menées par la Suisse et le compte rendu des résultats ;
- Le développement de systèmes de monitoring pour des applications de sécurité dans la formation des recrues (SCH, NLD, USA, GBR), mis en lumière par une démonstration en coopération des technologies (CDT) menée par le Royaume-Uni ;
- L'implication dans des travaux de recherche communs (NOR-CAN, USA-CAN, USA-GBR,, USA-GBR-NLD-CHE).