

전장 스트레스 및 피로에 대한 대처기술과 한계

Countermeasures for Stress and Fatigue in War Field and its Limitation

김 동 수*

Dongsoo Kim

Abstract

War field differs from conventional military education and training environments. Warfighter may confront frequently unexpected physical and psychological stimulation. Cumulative psychological stress and physical fatigue can be causes of mood distortion, declined alertness, and decreased combat capability in warfighters. Countermeasures of combat stress and fatigue is very important for keeping combat capability and saving of life. Here in, the countermeasures of combat stress and fatigue have reviewed, and limitation and the direction of research and development of countermeasures of combat stress and fatigue are proposed.

Keywords : Stress(스트레스), Fatigue(피로), Countermeasures(대처기술), Alertness(각성), Combat Capability(전투력), Post Traumatic Stress Disorder(외상 후 증후군)

1. 서론

전장 환경은 낮과 밤의 일주성 주기에 의한 임무편성이 무시되며, 평상의 교육훈련에서 경험하지 못했던 물리적 상황의 연속이다. 새벽시간, 야간 임무, 그리고 24시간 이상의 지속 임무 등은 신체적 피로 수준을 상승시키며, 개인의 각성 정도를 낮추고 집중력을 저하시킨다. 지속된 물리적 피로나 정신적 긴장은 신체의 스트레스 반응을 유발하고 전투원들의 전투력 저하로 이어진다. 스트레스/피로 상승에 따른 전투력 저하는 전투력 손실은 물론 안전사고 등 전쟁 비용의 증가와 전체적 사기를 저하시키는 요인이기도 하다.

전장스트레스는 전투력을 급격히 저하시킬 뿐 아니라 전후 전쟁 참가 군인들에게도 여러 가지 부정적 질환으로 이어져 전후 비용과 사회적 부담이 되기 때문에 전장 스트레스/피로 해소 및 완화를 위한 대처기술(Countermeasures of Battle Stress/Fatigue)의 연구개발과 적용은 매우 중요하고 시급한 문제이다.

미군은 피로에 대한 Countermeasures를 전투임무 환경에서 각성을 유지하여 생존성을 향상시키고 전투력을 유지하는 전략(Counter-fatigue Strategies)으로 표현하고 있는데 우리 군은 아직 현실에서 멀리 떨어져 있는 부분이다. 현재 우리 군의 규정이나 교범에서 피로/스트레스 Countermeasures에 대한 내용이 삽입되어 있지 않으며, 전투 피로나 전장 스트레스에 대한 Countermeasures의 개념조차 가지고 있지 않다. 현실적으로 전투원의 각성유지와 피로 감소를 위한 부분은 단위 지휘관 수준에서 관리되고 있다. 피로수준 관리

† 2010년 6월 14일 접수~2010년 8월 20일 게재승인

* 공군사관학교(Air Force Academy) 기초과학과

책임저자 : 김동수(kimd@afa.ac.kr)

는 전투원의 피로나 각성유지보다는 안전관리 측면에서 강조되고 있으며, 임무 중 각성이 저하 되었을 때 매우 큰 전력 손실이 예상되는 전투기 조종사나 함정 근무자의 경우는 각 군 혹은 부대별로 규정과 지침을 만들어 특별한전관리를 하고 있다(예, 공군 총화적 안전관리). 전투원의 피로 경감 Countermeasures가 전장 환경에 지속적으로 노출되어 온 일부 선진국의 개념일 수 있으나 유엔평화유지군 참여가 많아지고 참여 병력도 점차 증가될 것으로 예상하는 우리 군도 이 분야 연구개발과 체계화에 주목할 시점이 되었다.

본 연구는 전장에서 활용되고 있거나 현재 개발 중인 전장 스트레스/피로 대처기술의 수준과 한계점을 분석한 결과이며, 향후 국방과학 연구에서 전투원 중심 연구개발 추진을 위한 기초 연구로 수행되었다.

2. 전장 스트레스와 피로

스트레스는 사람들이 일상생활에서 경험하는 답답하거나 긴장된 몸과 마음의 상태를 나타내거나, 주변 환경과 나 사이에서 일어날 수 있는 어렵다고 느끼는 상황에 의한 곤란함 등을 표현하는 일반적인 용어로 사용되고 있다¹¹. 신체의 스트레스 반응은 생존에 대한 위협으로부터 그 근원을 찾을 수 있다. 한 생물체가 포식자나 경험하지 못한 위협에 직면했을 때 근육을 움직여 몸의 털을 세우거나 적에게 위협이 될 수 있는 자신의 신체적 특성을 최대한 이용하여 시간적 여유를 얻으며 대응 반응을 시작하게 된다. 대응 반응은 뇌의 시상하부에서 시작하여 자율신경을 통해서 처음 시작되어 전신으로 신호를 주며, 이어서 시상하부에 시작되는 호르몬 체계가 뇌하수체와 부신으로 이어지는 축(Hypothalamic-Pituitary-Adrenal(HPA) Axis)을 통해 지속된다^{17,19}. 자율신경과 HPA 축을 통해 매개되는 스트레스 반응은 혈중 포도당의 공급을 증가 시킴으로써 에너지 생성을 늘리는 동시에 에너지 소비가 많은 소화 기능(Digestion), 면역 기능(Immunity), 성적 활동(Sexual Activity)과 같은 생리적 기능은 일시적으로 제한한다. 아울러 산소공급과 에너지 공급을 증가시키기 위해 호흡량을 늘리고 혈류량을 증가시킨다. 또한, 맞서 싸우거나 도망을 하기 위해 근육의 힘을 강화시킨다. 그러므로 Fight 혹은 Fright 반응으로 설명되는 스트레스 반응은 위급상황에 적극적으로 저항할 것인지 아니면 피해야할 것인지를 판단하여 직

접 행동으로 이어지게 하는 정상적인 생리반응으로 이해할 수 있다⁹. 그러나 순간적 위협에 대처하기 위한 신체생리적 반응이 지속될 경우 면역기능, 소화기능과 같은 일상의 필수 생리기능들이 제한되고 근육이 강직되어 유연성을 상실하거나 반응속도가 느려지는 등 스트레스 반응에 동반된 여러 부정적 영향을 받게 된다.

전쟁에 참가한 군인에게 가중된 심리적 부담, 육체적 피로, 그리고 불규칙한 일주성 주기(Circadian Rhythm)는 스트레스 반응을 유발하여 신체 생리적 변화로 나타난다. 전쟁지역에 전개된 것 자체만으로도 참전 군인들의 7%가 외상 후 스트레스 증후군(PTSD : Post Traumatic Stress Disorder), 9%가 우울증 증세를 나타내었고, 전투 환경에 노출이 많을수록 삶에 대한 애착이 감소하였다¹². 공포, 놀람, 그리고 근심과 같은 심한 감성적 변화는 스트레스 수준을 높이고 신체 피로를 가중시켜 신체 생리적 변화를 불러오는 것으로 해석되어 질 수 있다. 결국 스트레스 반응은 위급상황에서 자신을 방어하기 위한 내재된 생리적 반응이나, 전장 환경에서 지속되거나 반복적으로 나타날 수 밖에 없는 스트레스 반응은 근육을 멎치게 하여 유연성이 없애고 통증을 유발하고 혈압을 상승시키며 소화기능과 면역기능을 약화시켜 개인의 건강을 위협하고 전투력의 약화로 이어진다.

피로는 정도의 차이는 있지만 모든 사람이 경험하는 정신생리적인 현상으로 명확히 정의하기는 힘들며 생리적인 측면과 정신적인 측면으로 분리하여 정의할 수 있다. 생리적으로 피로는 반복되거나 계속된 근육에 대한 자극에 일시적으로 근육의 반응성을 상실하는 것을 말하며 누구나 강도 높은 육체적 과업의 결과로 생리적 피로를 경험할 수 있다. 생리적 피로는 Table 1에서 나타난 것처럼 수면부족, 영양부족 등의 원인에 의해 가속되거나 중해될 수 있다. 정신적 피로는 육체적 임무가 아닐지라도 반복된 비육체적 과업이나 반복되지 않더라도 상대적으로 복잡적이고 복잡한 비육체적 임무를 수행하거나 고립된 상태에서 단독으로 임무를 수행해야 할 경우 발생되며 인지기능의 저하와 주의력 결핍 등은 생리적 피로와 무관하지 않다. 정신적 피로가 누적될 경우 불안, 걱정, 스트레스 수준이 상승되어 개인과 임무조원의 전투력을 약화시키는 결과를 초래할 수 있다.

피로의 수준은 Table 2와 같이 급성피로, 일주성 피로, 누적피로, 만성 피로로 구분 할 수 있다. 피로는

개인의 주관적 경험이나 일반적으로 주의력이 저하되고 업무의 질을 낮추는 공통의 특징이 있으며, 초기 피곤함을 느끼는 것으로 시작하여 차츰 유머를 잃고 주의력이 결핍되며, 갑자기 임무를 거부하는 등의 돌발행동의 원인이 되기도 한다. 또한 같은 임무조원이

나 상사 혹은 부하들과의 의사전달에 문제가 야기되고 급기야 감정조절이 안되고 주변인과의 불화를 초래하게 된다. 동일 임무를 수행하는 임무조원간의 의사전달 미흡과 불화는 단위부대의 전투력 손상으로 이어진다.

Table 1. 피로의 원인과 결과

	원 인	결 과
생 리 적 피 로	반복된 육체적 임무 수면부족 소음 기온의 급변화 산소결핍 신체조건 약화 임무-휴식 주기 급변	주의력 결핍 근육 반응성 저하 의사전달 미흡 감정조절 실패
	원 인	결 과
정 신 적 피 로	반복된 비육체적 임무 복합된 비육체적 임무 고립상태	주의력결핍 인지기능 저하 불안 스트레스 의사전달 미흡 감정조절 실패
	원 인	결 과

Table 2. 피로의 수준

분 류	내 용
급성 (Acute)	한 가지 임무 수행 후 경험하는 피로로 일회의 완전 수면으로 회복될 수 있는 피로
일주성 (Circadian)	24시간 일주 주기 동안 각성과 수면 주기의 변화에 의해 유발되는 피로로 일회의 숙면으로 회복 가능하다
누적 (Cumulative)	일주일 이상의 일하는 시간 변경이나 수면부족 등에 기인하며 일회의 숙면으로 회복이 불가능한 피로로 미군의 경우 누적피로부터 만성 피로로 분류한다
만성 (Chronic)	연장된 누적 피로에 의해 발생하며 단순 수면으로 회복이 불가능한 상태에 이른 것을 의미한다

3. 스트레스/피로의 Countermeasures

정신적 긴장과 공포 뿐 아니라 수면부족이나 육체적 활동으로 인해 유발된 피로는 스트레스를 동반하고 이때부터는 스트레스 수준과 피로의 수준을 구분하기 힘들다. 피로의 수준은 두 가지로 모니터링 하는데, 첫째는 연장된 임무시간이고, 둘째는 일주성 주기에 변화를 주는 임무시간 변경이다. 이른 새벽이나 야간 임무 자체를 피로 유발 요인으로 간주하고 개인 간 차이는 개입되지 않은 상태에서 임무시간의 길이와 임무시간 변경시간이 피로의 척도가 된다. 미 해군의 경우 하루 18시간 이상 각성상태에 있지 않도록 규정에 정하고 있으며 임무시간이 18시간을 초과 할 경우 15시간 이상의 휴식 시간을 보장한다. 미 공군 승무원 기준의 예로는 전투기 조종사의 경우 8시간 이상의 임무, 폭격기의 경우 12시간 이상의 임무가 부여 되었을 때 피로수준이 적정 기준을 초과한 것으로 간주하여 약물 사용을 승인하기도 한다. 결국 임무 성격이나 지연시간에 따라 피로의 수준을 관리자 수준에서 결정하고 거기에 대비한 Countermeasures를 사용한다. 특히 전장 환경에서는 전투원의 생존성을 증대시키고 전투력을 보존하기 위해 체계적인 피로 회피 전략이 필요하다. 피로에 대한 대처 전략은 Behavioral Countermeasures, Administrative Countermeasures, 그리고 Pharmacological Countermeasures로 구분하여 설명될 수 있다.

가. Behavioral Countermeasures of Stress/Fatigue

스트레스를 극복하기 위한 방법은 다양하게 연구되어 있으며 스트레스 대처방법 개발이 여전히 진행 중이다. 그러나 전장 환경에서는 교육자 또는 보조자 없이 개인 수준에서 Countermeasures를 수행해야 하기 때문에 효과적인 행동적 스트레스/피로 대처방법은 그리 많지 않아 보인다. 보조자 없이 개인 수준에서 수행할 수 있는 방법은 스트레칭을 포함한 운동(Exercise), 이완요법(Relaxation), 심 호흡법(Deep Breathing), 목욕

(Spa), 스트레스 볼(Stress Balls), 숙면을 위한 보조행동, 낮잠(Naps) 등이다. 운동은 신체활성을 향상시킬 뿐 아니라 집중력을 강화하고 숙면을 하게 한다^[22]. 그러나 과도한 운동은 면역력을 약화시키고 피로를 누적시킬 우려가 있다. 전투 환경에서는 평소 육체적 부하가 많이 걸리기 때문에 운동량이 많지 않아야 (Mild) 한다. 가벼운 운동은 스트레칭을 포함하여 30분 정도(1시간을 초과해서는 안 된다)를 말하며, 운동간 간격은 4시간 이상 되어야 한다. 이완요법은 부분 이완법(Fractional Relaxation)과 진행이완법(Progressive Relaxation)으로 구분할 수 있으며, 모두 근육의 긴장을 이완하여 신체를 편안히 하고 불안과 스트레스를 해소하는 방법이다. 심호흡법은 근육의 이완을 돕고 신체 산소 포화도를 높여 생각과 기분을 좋게 하여 신체나 마음의 안정을 주고 스트레스를 완화하는 방법이다. 목욕은 근육이완과 혈액순환을 돕고 수면의 질을 향상시켜 스트레스/피로 해소에 도움을 준다. 스트레스 볼은 직경 7cm 이하의 말뚝말뚝한 장난감 공으로 손으로 쥐어짜거나 손가락으로 만지면서 손의 긴장을 풀어주고 스트레스를 완화할 수 있도록 고안된 것이다. 명상(Meditation)도 효과적인 스트레스/피로 완화기법이나 명상은 심호흡, 운동(스트레칭, 요가 등), 이완요법을 종합하고 사고(Thinking)가 포함된 종합적 기법으로 보조자가 없는 경우 초보자가 현장에서 쉽게 이행하기 어려운 단점이 있다.

또한 스트레스 보다 피로 회복이나 완화에 절대적인 것이 수면이다. 전장 환경에서는 임무 뿐 아니라 환경적 영향으로 숙면을 취할 수 없거나 일주성 주기의 변화에서 비롯된 수면 부족과 수면 패턴 변화로 피로가 누적된다. 수면 부족에 의한 피로는 낮잠(Nap)과 전투 낮잠(Combat naps)으로 경감할 수 있다. 낮잠은 수면 지연시간(약 10분)을 포함하여 30분 정도의 낮잠을 의미하며 전투낮잠은 비행기의 조종석이나 임무지역에서 10분 정도 수면을 취하는 것으로 전투 환경에서는 이 또한 피로 회복에 효과가 크다고 한다^[8]. 수면을 위한 보조행동은 피로 대처에 매우 좋은 수단이다(Table 3). 그래서 전쟁에 참가하는 전투원에게는 건강한 수면을 위한 연습과 행동적 습관화가 필요하다. 충분한 각성을 유지하기 위해 하루 수면은 약 8시간 필요하다^[25]. 수면이 충분하지 않거나 자주 깨어나면 기억력이 나빠지고, 자극에 대한 반응시간이 길어지며 각성 수준과 기분에도 영향을 준다^[5]. 피로를 최소화하기 위한 수면 습관을 정리하면 Table 3과 같다^[8].

Table 3. 숙면 보조행동

- 매일 같은 시간에 자고 일어나 일주성 주기 변화를 최소화 한다.
- 독립된 잠자는 공간을 만든다.
- 가능하면 잠자기 전 습관화된 패턴을 가진다. (예. 독서 → 온수 샤워 → 침대)
- 유산소 운동을 하되 잠자기 2시간 전은 피한다.
- 잠자는 숙소는 조용하고, 완전히 어둡고, 안락해야 한다.
- 잠자는 숙소는 적정 온도를 유지한다.
- 알람시계를 눈에 안 떠는 먼 곳에 둔다.
- 오후나 저녁시간에는 가급적 카페인 음료를 안 마신다.
- 수면을 위해 알코올을 사용하지 않는다. (잠이 잘 올지 모르지만 숙면을 방해한다.)
- 잠자기 직전 니코틴을 피한다.(각성작용)
- 30분 이내에 잠들 것이 아니라면 침대에 눕지 말고 줄음이 올 때 침대로 간다.

또한 적당량의 영양섭취 행동은 스트레스/피로 대처법에서 중요한 것 중 하나이다. 영양섭취 행동으로 잠자기 두 시간 전 음식섭취는 수면을 방해할 수 있기 때문에 추천하지 않는다. 고지방, 저탄수화물 식사는 고탄수화물 식사에 비해 더 졸리고 피로하게 한다^[26]. 필수 아미노산 중에서 수면과 각성 주기에 영향을 주는 세로토닌의 전구체인 트립토판의 결핍은 수면 주기를 방해하고 숙면에 장애를 주므로 반드시 섭취해 주어야 한다. 결론적으로 스트레스/피로 완화를 위한 영양섭취는 고탄수화물 저 지방식으로 하되, 필수 아미노산이 모두 포함된 영양식을 해야 하며 식사는 잠자기 두 시간 전까지 이루어져야 한다.

기타 스트레스와 피로해소 방법으로 적당한 친교의 시간이나 교회 등 종교시설을 찾는 것도 몸과 마음의 이완을 통한 스트레스/피로의 해소나 완화에 도움이 된다.

나. Administrative Countermeasures of Stress/Fatigue

시스템에 의한 스트레스나 피로 Countermeasures는 예상하지 못한 상황에 대한 불안과 공포를 해소시켜 주고 전장에서 피할 수 없는 피로나 스트레스가 최소

화되도록 관리해주는 것이다.

전장 스트레스나 피로가 생리적 문제이며 이로부터 유발되는 문제로 충분히 인식되고 있으나, 미군의 경우도 스트레스에 대한 해결책은 구체적으로 갖고 있지 못하며 주로 피로의 문제로 접근하여 수면과 연관된 피로 회복을 위해 가이드라인을 정하고 운영 중이다. 물론 스트레스나 피로는 서로 분리해서 생각할 수 없는 부분도 있지만 출발은 다를 수 있다. 전쟁에 참전하는 군인들의 스트레스는 공포, 정신적 긴장 등에서 기인하여 전쟁지역으로의 전개 전부터 스트레스 수준이 상승하며 전개 후 물리적 환경의 변화로 심화된다. 특히 젊고, 조종사처럼 직접적 전투 환경에 노출이 많은 계층에서 PTSD 수준이 높고 삶에 대한 의미부여에서 저급한 만족도를 보였다. 전장 피로는 주로 예상하지 못한 작전 시간, 연장된 임무시간, 일주성 주기, 즉 낮과 밤 수면 주기의 불규칙성, 그로 인한 수면 부족이나 수면의 질 저하에 의해서 누적된다.

Table 4. 조종사 최소 휴식 시간과 최대 비행시간 기준

구 분	Non-Augmented crew	Augmented crew
비행 전 최소 휴식시간	10h	10h
비행 후 최소 휴식시간	10h	12h ※18h for multiple time zones
최대 비행시간	10h	12h
최대 임무시간	14h	16h

이렇듯 스트레스와 피로의 출발점은 다르지만 전장 환경 노출이 길어지면서 생리적 기능의 저하나 정신적 우울 등을 유발하는 공통점을 찾을 수 있고 처방과 완화 기법도 공유될 수 있는 부분이 많아진다. 관리상의 스트레스/피로 대처방법은 전투원 개인의 시간 관리, 즉 일주성 주기 변화를 최소화하면서 양질의 수면과 수면시간을 보장하는데 그 기준이 맞춰져 있으며, 임무시간이 길어지고 일주성 주기변화를 피할 수 없을 때 생리적 영향을 최소화하는 방법을 개인 수준, 관리자 수준, 그리고 군의관 수준에서 개발하여 제시하는 것이다.

민간 수준에서 미국항공관리국(FAA : Federal Aviation Administration)은 피로 완화를 위한 기준(Guidelines)을 세부적으로 정해놓고 운영 중이다(Table 4). Table 4에서 지시된 승무원 휴식은 모든 비행 임무와 행정상 업무에서 자유로운 휴식 상태를 말한다. 미군은 민간에서 운영되는 FAA의 관리 규정 보충판을 육군(2000), 해군(2004), 공군(2007)이 각각 민간보다 단순하게 만들어 운영 중이다^{18,24)}. 미 공군은 임무 전 12시간의 휴식 중 8시간 연속 휴식을 보장하며, 미 해군은 임무 전 24시간 이내에 8시간의 연속 휴식시간을 보장한다. 또한 각성시간은 연속 18시간을 초과하지 못하도록 관리하고 있으며, 초과될 경우 15시간 이상의 휴식시간을 보장한다. 미 육군은 지휘관의 책임 하에 피로 관리를 할 수 있도록 하고 있다. 결국 엄격한 시간 관리를 통해 임무시간을 제외한 시간에 휴식을 보장하는 것이 지휘관 수준에서 관리상 대처 방법이다.

다. Pharmacological Countermeasures of Stress/Fatigue

연장된 수면부족이나 수면장애에서 비롯된 피로는 약물을 이용하여 경감하거나 해소 할 수 있다. 약물에 의한 스트레스/피로의 Countermeasures는 전투피로 해소를 위해 숙면, 이른 수면, 수면보충을 도와주는 진정수면제(Hypnotics)의 사용과 넓은 수면주기의 간극을 채워줄 수 있는 각성향상 약물(Alertness-enhancing Drugs)의 사용으로 나누어질 수 있다.

진정수면제는 임무 전과 후에 사용될 수 있으며 특히 전투임무 수행에서는 숙면을 취할 수 없는 환경으로 인해 진정수면제가 동원되어야 하는 상황이 빈번하다. 수면제를 사용해야 할 경우는 잠자는 장소가 적절하지 못한 때, 개인의 정신적 신체적 상태가 불안정(흥분, 불안, 공포) 할 때, 그리고 수면주기가 맞지 않아 쉽게 잠을 잘 수 없을 때 등이며, 이때 처방에 의해 수면제 사용을 인가 할 수 있다. 진정수면제는 전투원의 휴식을 보장하는 좋은 방법은 아니나 숙면을 취하게 하여 피로를 경감하고 수면 후 각성 유지에 도움을 줄 수 있다. 이들 수면제는 반감기, 효능, 수면 가능 시간 등을 고려하여 처방해야 한다.

진정수면제와 함께 각성을 유지하거나 향상시키는 약물 또한 수면 부족으로 인한 피로를 경감시키는 약물로 사용 가능하다. 전투 환경에서는 피로를 경감시키는 것과 각성을 향상시키는 것이 혼용되어 사용 되

고 있는 것 또한 사실이나 피로가 상승된 상태에서 각성제에 의한 각성유지는 피로감을 줄이고, 무드를 향상시켜 임무에 집중하게 할 뿐 아니라 자극에 대한 반응 속도를 높인다^[10]. 물론 모다피닐이나 암페타민 같은 각성 향상 약물이 임무수행 능력이나 전투력 보존에 영향을 주고, 저하된 신체적 정신적 능력을 보상하는 역할을 하나 신체질환 유발 수준까지 상승한 스트레스를 치유할 수 있는지는 의문이다. 그러므로 각성 향상 약물은 스트레스 완화 보다는 피로감을 줄이는데 근간이 맞춰져 왔다. 전통적으로 사용되던 각성 향상 약물인 암페타민과 카페인, 그리고 새로이 개발된 모다피닐 모두 각성 효과가 뛰어나며 전투 환경에서 사용했을 때 효능성이 입증되었다^[6,14,15].

수면부족 해소와 각성 유지를 위해서 모다피닐이나 카페인 처방이 계획되어 있는 경우 수면제, 졸피뎀에 의한 예방 수면이 모다피닐이나 카페인의 각성효과를 증진시켰다^[4,7]. 신경안정제나 진정제를 통한 예비 수면이 향후 있을 수면부족을 예방하는 방편이 될 수 있으면서 각성제의 효능을 증진시키는 부가의 효과가 있으므로 정상적인 예비수면이 곤란할 경우 약물을 사용한 강제 수면을 통해서 도움을 받을 수 있다는 증거이다.

피로의 countermeasures로서 진정수면제와 각성향상 약물은 독립적으로 사용되어 수면의 질을 향상시키고 무드를 향상시켜 피로의 해소나 경감에 훌륭한 도구이고, 연합하여 사용되었을 때 진정수면제는 임무의 전과 후에 피로 차단이나 회복에, 그리고 각성 향상 약물은 피로의 경감과 주의력 유지 및 기분(Mood)의 향상에 기여하여 상호 상승작용이 있는 약물임이 증명되고 있다.

4. 스트레스/피로 Countermeasures를 위한 제언

가. 스트레스와 피로 수준 측정의 한계

스트레스는 본질적으로 광범위하고 추상적이며 매우 주관적인 내용들을 포함하고 있어서 그 측정이 매우 어려운 특징이 있다. 현재 개인의 스트레스 수준 측정은 평가자에 따라 다양하게 이루어지고 있다. 심리학이나 정신과학 분야에서는 스트레스 인자에 대한 주관적인 평가나 지각을 측정하는 자기보고식 설문지 형태를 통하여 점수 척도를 만들고 개인 스트레스 수준을 평가하게 된다^[11]. 설문지를 사용하는 검사는 수

검시간이 길고 결과 해석 및 분석에 상당한 전문성이 요구되며 개인의 주관이 크게 반영되어 임상 척도로서의 신뢰성과 타당성이 부족하고 수검자의 응답 편이(Response Bias)가 발생할 수 있는 단점이 있다^[3,20]. 인간공학에서 주로 사용되는 행동적 스트레스 반응검사는 집중력 및 정보처리 능력의 저하 등을 performance test 등을 통해 측정하여 개인의 스트레스 수준을 평가하는 도구이다^[13]. 행동 반응검사는 스트레스 수준이 매우 심각할 경우 나타나고, 행동변화를 측정하기 때문에 스트레스의 정량적 평가에 적합하지 못하다. 또한 의과학 분야에서는 자율신경 활동을 측정하는 생리적 방법과 스트레스 반응경로에서의 작용물질 변화를 측정하는 생화학적 방법으로 스트레스 수준을 측정한다^[11]. 생리적 방법에 의한 스트레스 수준 측정은 생리적 신호를 얻기 위해서 특정한 장치가 필요하고 측정 센서를 신체에 부착하고 측정함으로써 행동에 제약을 주는 단점은 있으나 비교적 일관적이고 신뢰성 있는 데이터를 제공한다^[16,23]. 생화학적 방법은 혈청(Serum), 타액(Saliva), 소변(Urine) 등에서 스트레스 호르몬이나 신경전달물질의 양을 측정하는 것으로 이 중 코티졸(Cortisol)이 인간의 스트레스 수준을 정확히 나타내는 신뢰성 있는 생체지표이었다^[2,19]. 그러나 생화학적 방법 역시 분석하는데 시간이 오래 걸리고 전문가와 전문장비가 필요하여 현장에서 실시간으로 사용하기에는 부적합하다.

한편 개발 중인 미래병사체계는 전투원의 기본적인 생리적 요구수준을 지휘관과 본인이 모니터링 할 수 있도록 한 시스템으로 전투원의 정신적 상태 혹은 스트레스 수준과 연관된 데이터를 모니터링 할 수 있는 수준은 아니다. 다만 현재의 시스템에서 측정되는 생체신호를 이용하여 간접적으로 전투원 개인의 피로 수준을 추정할 수 있다. 에너지 소비, 수분함량, 혈압, 체온 등의 신호를 종합하여 육체적 피로 또는 소진 상태를 점검하고 대처할 수 있는 수준이다.

효과적인 전장 스트레스나 피로 Countermeasures 개발을 위해 우선 스트레스나 피로의 수준을 측정하는 도구 개발이 추진되어야 한다. 임무 상황이나 전장 환경 노출에 따라 달라지는 스트레스나 피로에 의한 생리적 변화를 실시간(Real-Time)으로, 현장에서(On-Site) 측정 가능한 장치를 개발하여 불필요하게 전투원 전원에게 적용되는 각성 약물과 같은 Countermeasures의 사용을 제한하고 차별적으로 운영할 수 있는 기반을 먼저 조성해야 한다. 그리고 전투원의 스트레스 수준이

나 각성 수준에 따른 맞춤형 스트레스/피로 대처 방안 연구를 시작해야 한다.

나. 스트레스와 피로 수준 측정에서의 신뢰도 증진 방안

추상적 개념의 스트레스에 대한 개인의 주관적 평가를 배제하고 정량적 측정을 하기 위해서는 정신적 스트레스와 신체적 스트레스가 생리적 반응으로 나타나는 수준이 되어야 가능하다. 또한 전장에서 사용하기 위해서는 실시간으로 현장에서 사용할 수 있는 도구이어야 하는데, 여기에는 생리적 변화를 측정하는 방법이 최적의 방법일 수밖에 없다. 생리적 측정방법은 자율신경계의 활동도를 측정하는 것으로서 Heart Rate Variability(HRV), Blood Pressure, Pulse Wave, Skin Temperature, Electrodermal Activity 등을 측정하는 것이다. 생리적 신호의 획득은 Wearable Computing 기술과 Physiological Sensing 기술을 이용하여 가능하나 이들 생리적 신호에서의 개인차로 인해 일반화된 기준을 세우지 못하고 있다. 스트레스를 정량하여 측정하는 진단용 계측기기는 없다. 다만 임상용도가 아닌 의료 서비스의 일환으로 활용되는 스트레스 수준 계측 장비가 상용화되어 있다. 이 장비는 HRV를 측정하여 스트레스 수준을 제공하는 의료서비스 계측기로 정량적 데이터를 제공하지만 낮은 신뢰도로 인해 스트레스 측정과 Countermeasures 적용에 문제가 있다. 스트레스를 나타내는 생리적 신호 중 가장 신뢰도 높은 HRV로 획득되는 신호조차 개인차가 심하다는 한계가 있다.

개인의 피로 수준 역시 정량화하는 것은 쉽지 않다. 물론 수면부족이나 육체적 활동으로 인해 유발된 피로는 스트레스를 동반하고 이때부터는 스트레스 수준과 피로의 수준을 구분하기 힘들다. 미군의 경우 피로의 수준은 연장된 임무시간의 길이와 일주성 주기에 변화를 주는 임무시간인 이른 새벽과 야간임무 등으로 기준을 만들어 피로의 척도로 사용한다. 그러므로 Countermeasures 적용 자체도 개인의 피로수준에 근거한 것이 아니고 일괄적 기준에 따라 Countermeasures를 제공할 수밖에 없는 한계가 있다.

같은 스트레스 유발 상황에서도 개인 간 스트레스 수준차이가 분명할 뿐 아니라 같은 스트레스 수준에서도 생리적 신호에서 차이가 크기 때문에 객관적으로 개인의 스트레스 위험 수준을 찾아내는 것은 쉽지 않다. 생리적 방법이 현장에서 실시간으로 사용될 수 있

는 적절한 스트레스 수준 측정방법이지만 생리적 방법에 의한 단일 측정값이 스트레스 수준을 나타내는 기준이 될 수 없다는 의미이다.

개인의 스트레스 수준은 절대적 기준으로 일괄 적용할 수 없는 개념이었다. 즉, 스트레스를 나타내는 생리 신호에서의 개인차를 극복할 수 있는 상대적 값으로 스트레스 수준을 정량하는 새로운 방법이 모색되어야 한다. 스트레스를 나타내는 생리적 신호의 반복된 측정을 통한 측정값의 변화량이 개인의 스트레스 수준의 변화를 나타내는 새로운 기준이 될 수 있을 것이다. 안정된 시기에 측정된 값을 기준으로 스트레스 수준이 상승된 시기 측정된 값의 변화량이 스트레스의 상대적 수준이 되는 것이다. 데이터베이스를 이용하여 집단 데이터를 누적하고 변화량을 분석하여 위험수준을 구분하는 기준을 만들고 적절한 Countermeasures를 찾아 적용하는 맞춤형 방법의 도입이 장기적 발전모형이 될 것이다.

다. 스트레스 Countermeasures 발전방향

전투피로의 경우는 휴식관리, 수면유도, 그리고 약물에 의한 피로해소 등 전장에서 활용 가능한 Countermeasures가 개발되어 있으나, PTSD나 우울증과 연계되고 전반적 전쟁후후군으로 발전할 수 있는 전장 스트레스에 대한 효과적인 Countermeasures는 구체적이지 못하다. 전장 환경에 노출된 상황에서 전투원들의 스트레스 수준 상승은 자명하고 그 결과로 우울증이나 PTSD를 동반할 것이 예상되나 스트레스로 인한 증상이 개인마다 매우 상이하게 나타날 뿐 아니라 스트레스 경감을 위한 대처방식의 선호도와 효과성이 개인마다 다르기 때문에 스트레스에서 비롯된 정신 및 신체 질환은 군의관이나 종교인의 몫이 되어왔다. 물론 현장에서 스트레스 수준을 측정하고 수준에 따라 적절한 Countermeasures를 적용하여 전투원의 스트레스 수준을 낮출 수 있으면 전투력 보존에 매우 유용할 것이다. 그러나 전장에서 모든 참전 군인들의 스트레스 수준을 측정하고 맞춤형 처방을 적용할 수 있는 수준에 도달하지 못한 것이 현실이다.

피로와 다르게 스트레스는 개인 차원에서 관리할 수 있는 능력을 평소 교육훈련에서 준비하면 보다 효율적인 방법이 될 수 있다. 스트레스 해소를 위한 Countermeasures로는 규칙적 운동, 명상, 숙면, 이완요법 등이 있으며, 이들을 통해 스트레스 완화나 해소 효과를 내기 위해서는 전문지도자나 개인의 숙련도가

필요하다. 특히 전장 환경은 불안요소를 배제할 수 없어 효과적인 수련이 될 수 없는 한계가 있다. 평시 교육훈련 프로그램에 스트레스 관리를 위한 훈련 프로그램이 개발되고 적용되기 위해서는 첫째로 전투원 각자가 전문 강사 없이도 개인 스트레스 관리 프로그램을 스스로 수행할 수 있는 숙련도를 가지게 하는 방안이 있을 수 있으며, 둘째로는 일부 분야의 간부들을 스트레스 Countermeasures 수행 숙련도가 높은 전문 강사로 양성하여 활용하는 방안이 있을 수 있다.

5. 결론

국방과학연구는 무기체계개발과 성능향상에 중점이 두어질 수밖에 없으나 하드웨어인 무기체계를 효율적으로 운용하는 인적자원의 생존성 증대와 능력신장에 대한 연구로 확대되어야 한다. 개인 방호와 전투력 강화는 장비와 교육훈련을 통해 향상시킬 수 있으나 지금까지의 크고 작은 전쟁에서 경험했듯이 장비 개선과 교육훈련 성과도 개인의 정신생리적 특성이 충분히 반영되었을 때 극대화할 수 있었다. 현재까지 관심이 적었거나 무기체계 개발에 집중하다보니 소홀할 수밖에 없었던 전투원 중심연구를 준비할 때라 믿는다. 다수의 전쟁을 수행한 미군은 전투력 향상을 위해 개인장구 개발은 물론 전쟁(후)증후군 혹은 전장스트레스 해소 및 완화(Countermeasures of Battle Stress/Fatigue)를 위해 연구를 지속하여 실전에 적용하고 있으며 전투력 향상을 위한 약물을 사용하기도 한다.

우리 군은 아직 전투피로나 전장 스트레스에 대처하기 위한 구체적 대안을 갖고 있지 못하다. 세계 평화유지군 참여 등 전장 환경에 노출되는 빈도가 점점 증대되는 현실에서 전투피로나 전장 스트레스에 대한 체계적인 대처방법을 마련하는 것은 전투원의 생존성을 신장하고 전투력을 향상시키는 지름길이 될 것이다. 관련연구를 장려, 발굴해야 하고, 여기에서 누적된 결과를 체계화하고 적용하는 전문기관이나 부서의 설립이 검토되어야 한다.

후 기

본 연구는 국방과학연구소 기초연구지원사업의 지원으로 수행되었습니다.

Reference

- [1] 고정봉, 스트레스와 정신신체의학, 서울 : 일조각, 2002.
- [2] 김동수, 정연수, 박세권, 스트레스 호르몬인 타액 코티졸과 자기보고식 스트레스 척도 점수 사이의 관계, 한국심리학회지 : 건강, 9(3), pp. 243~263, 2004.
- [3] Andre A., Wickens C., When Users Want What'S not Best for Them, Ergonomics in Design, October, pp. 10~14, 1995.
- [4] Batéjat D., Coste O., Van Beers P., Lagarde D., Piérard C., Beaumont M., Prior Sleep with Zolpidem Enhances the Effect of Caffeine or Modafinil During 18 hours Continuous Work, Aviat Space Environ Med. 77(5), pp. 515~525, 2006.
- [5] Bonnet M. H., Arand D. L., Clinical Effects of Sleep Fragmentation Versus Sleep Deprivation, Sleep Med Rev 7, pp. 293~310, 2003.
- [6] Caldwell J. A., Caldwell J. L., Crowley J. S., Jones H. D., Sustaining Helicopter Pilot Performance with Dexedrine During Periods of Sleep Deprivation, Aviat Space Environ Med. 66(10), pp. 930~937, 1995.
- [7] Caldwell J. A., Caldwell J. L., Comparison of the Effects of Zolpidem Induced Prophylactic Naps to Placebo Naps and Forced Rest Periods in Prolonged Work Schedules, Sleep, 21, pp. 79~90, 1998.
- [8] Caldwell J. A., Mallis M. M., Caldwell J. L., Paul M. A., Miller J. C., Neri D. F., Aerospace Medical Association Aerospace Fatigue Countermeasures Subcommittee of The Human Factor Committee, Fatigue Countermeasures in Aviation, Aviat Space Environ Med. 80, pp. 29~59, 2009.
- [9] Cannon, The Wisdom of the body, New York : Norton, 1932.
- [10] Childs E, de Wit H, Enhanced Mood and Psychomotor Performance by a Caffeine-containing Energy Capsule in Fatigued Individuals, Exp Clin Psychopharmacol. 16(1), pp. 13~21, 2008.
- [11] Cohen, S., Kessler, R. and Gordon L, Measuring Stress A Guide for Health and Social Scientists, Oxford University Press, 1997.

- [12] Ferrier-Auerbach A. G., Erbes C. R., Polusny M. A., Rath C. M., Sponheim S. R., Predictors of Emotional Distress Reported by Soldiers in the Combat Zone, *J. Psychiatry Res.* [Epub Ahead of Print], 2009.
- [13] Hancock, P. and Vasmatazidis, I., Human Occupational and Performance Limits Under Stress : The Thermal Environment as a Prototypical Example, *Ergonomics*, 41(8), pp. 1169~1191, 1998.
- [14] Huck N. O., McBride S. A., Kendall A. P., Grugle N. L., Killgore W. D., The Effects of Modafinil, Caffeine, and Dextroamphetamine on Judgments of Simple Versus Complex Emotional Expressions Following Sleep Deprivation, *Int J Neurosci.* 118(4), pp. 487~502, 2008.
- [15] Killgore W. D., Rupp T. L., Grugle N. L., Reichardt R. M., Lipizzi E. L., Balkin T. J., Effects of Dextroamphetamine, Caffeine and Modafinil on Psychomotor Vigilance Test Performance After 44 h of Continuous Wakefulness, *J Sleep Res.* 17(3), pp. 309~321, 2008.
- [16] Kramer, A, Physiological Metrics of Mental Workload : A Review of Recent Progress, In D. Damos(ed.), *Multiple Task Performance*, Taylor & Francis, 1991.
- [17] Lawrence, D. A. Kim, D, Central/Peripheral Nervous System and Immune Responses, *Toxicology*, 142, pp. 189~201, 2000.
- [18] Lu L., Shepard J. D., Hall F. S., Shaham Y., Effect of Environmental Stressors on Opiate and Psychostimulant Reinforcement, Reinstatement and Discrimination in Rats : A Review, *Neurosci Biobehav Rev.* 27(5), pp. 457~491, 2003.
- [19] McEwen, B. S., Biron, C. A., Brunson, K. W., Bulloch, K., Chambes, W. H., Shabbar, F. S., Goldfarb, R. H., Kitson, R. P., Miller, A. H., Spencer, R. L. & Weiss, J. M, The Role of Adrenocorticoids as Modulators of Immune Function in Health and Disease : Neural, Endocrine and Immune Interactions, *Brain Research Review*, 23, pp. 79~133, 1997.
- [20] Quick, J, Introduction to the Measurement of Stress at Work, *Journal of Occupational Health Psychology*, 3, pp. 291~293, 1998.
- [21] Scholl J. L., Feng N., Watt M. J., Renner K. J., Forster G., Individual Differences in Amphetamine Sensitization, Behavior and Central Monoamines, *Physiol Behav.* 96(3), pp. 493~504, 2009.
- [22] Stepanski E. J., Wyatt J. K., Use of Sleep Hygiene in the Treatment of Insomnia, *Sleep Med Rev* 7, pp. 215~225, 2003.
- [23] Tsang, P. Wilson, G, Mental workload, In G. Salvendy(ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, 2nd ed., Wiley, 1997.
- [24] USAF, Aeronautics and Space General Operating and Flight Rules, 14, 2007.
- [25] Wehr T. A., Moul D. E., Barbato G., Giesen H. A., Seidel J. A., Barker C., Conservation of Photoperiod-responsive Mechanisms in Humans, *Am J Physiol.* 265, pp. 846~857, 1993.
- [26] Wells A. S., Read N. W., Uvnas-Moberg K., Alster P., Influences of Fat and Carbohydrate on Postprandial Sleepiness, Mood, and Hormones, *Physiol Behav.* 61, pp. 679~686, 1997.