

자연형 IVB(Independent Visual Background)의 Simulator Sickness 감소효과

김도회· 林正偉

Human Interface Technology Laboratory, University of Washington, Seattle, WA

Effects of Natural Independent Visual Background for Reducing Simulator Sickness

Do-Hoe Kim· James Jeng-Weei Lin

Human Interface Technology Laboratory, University of Washington, Seattle, WA

Several studies indicated that an independent visual background (IVB) reduced simulator sickness (SS) and balance disturbance associated with exposure to virtual environments (VEs) and motion simulators. A recent study showed that an IVB comprised of an earth-fixed grid was less effective in a complex driving simulator than in a simple VE. Subjects' post-experiment reports indicated that the VE motion "induced" motion of the earth-fixed grid IVB. This led to the suggestion that an IVB comprised of clouds would be less subject to induced motion and therefore would alleviate nausea more effectively than a grid IVB. Clouds are "natural" and are usually perceived as relatively stable, whereas a grid has no inherent stability. 12 subjects were exposed to complex motion through a simulated environment in a driving simulator under 3 IVB conditions: grid, less clouds, many clouds. They reported less nausea when the many-cloud IVB was used relative to the grid IVB condition.

Keywords : independent visual background (IVB), simulator sickness, balance disturbance

1. 서론

Prothero (1998)는 가상환경(VE)이나 시뮬레이터에서의 현실감이나 멀미를 이해하는데 있어 "rest frame"을 고려하는 것이 편리할 수 있다고 제안했다. Rest frame이란 가상공간에서 현재의 위치가 어디인지 공간적인 판단을 할 수 있도록 고안된 일종의 reference frame이다. Prothero는 시각적 장면들은 "관심의 대상"과 "Independent Visual Background(IVB)"라고 불리는 성분으로 나뉘질 수 있고, IVB 성분이 rest frame의 역할을 할 수 있다고 하였다. 또 그는 IVB가 멀미나

Simulator Sickness(SS)의 발생의 원인인 cue conflict 이론(Griffin, 1990)에 기초하여, 시각적 움직임과 전정기관의 방위감각간의 불일치를 해소해 줄 수 있다고 하였다. 따라서 그는 가상환경에 IVB를 포함시켜서 시뮬레이터나 가상현실에 노출됨으로써 일어나는 Cybersickness나 SS를 줄일 수 있다고 제안하였다. 또 여러 연구(Prothero et al., 1999; Duh, et al., 2000; Duh, 2001; Kim, 2001; Kim et al., 2001; Lin et al., 2001)에서 가상환경에 IVB를 이용하게 되면, 시각적 화면변화에 의해 일어나는 SS나 균형 장애를 줄일 수 있다는 가설이 입증되었다.

그러나, 이 연구들에서 SS를 줄이는데 IVB가 효과가 있었지만 피실험자들 간에는 큰 차이가 있었다. 이 연구들의 대부분은 화면에 격자를 그려 넣어 그것을 IVB로 사용하였다. 실험 후에 행한 설문에서, 몇몇의 피실험자는 격자형 IVB가 움직여서 작업에 방해가 되었다고 말하였다. 그들은 격자형 IVB가 있을 때 "내가 생각하기에 더 어지럽고 멀미가 나게 하기 위해 격자를 만들어 놓았구나.", "격자가 왜 이렇게 요동치고 움직이는지 이해할 수가 없네요."라고 하였다.

이러한 현상은 관찰자가 사각형 틀에 공이 그려져 있을 때, 사각형 틀을 오른쪽으로 이동시키면 그 안의 그려져 있는 공이 왼쪽으로 구르는 것 같아 보이는 것과 같은 현상이다. 이렇게 공이 움직이는 것처럼 보이는 착시현상을 동작유도(motion induction)라고 하며(Duncker, 1929), 이런 현상은 많은 연구의 주제가 되어왔다.

특히, Gogel & Kodlow(1971)은 사각 틀과 표적이 관찰자로부터 같은 거리에서 있을 때 동작유도 현상이 가장 뚜렷이 나타나고, 시야 내에서 프레임의 (주변과 중심의)상대적 위치가 중요한 요소라고 하였다.

시각적 움직임으로 인한 격자형 IVB의 동작유도 현상은 체계적으로 조사되지는 않았지만 이전의 여러 실험들에서도 지적되었다(e.g., Parker et al.1999; Duh et al., 2000; Duh et al., 2001). 이 실험들에 주로 이용된 실험 장비는 실제차량이 들어있는 fixed based driving simulator에 크레용으로 채색된 가상공간(Crayolaland)이 이용되었다. 이 실험들에서 일어난 동작유도 현상은 격자형 IVB가 유리창에 붙여진 것처럼 차의 일부로 인식될 때 가장 현저하게 나타났다. 대부분의 피실험자들은 실제 차를 운전한 경험을 가지고 있었기 때문에, 그들은 차가 고정된 배경에 상대적으로 움직일 것으로 기대했다. 따라서 자동차의 일부분으로써 감지된 모든 화면의 구성 요소는 그것과 함께 움직인 것으로써 인식되었을 것이다. 물론, 자동차와 격자형 IVB는 고정되어 있고, 오직 Crayolaland의 화면만이 움직였다.

IVB의 유도된 동작은 몇몇 피실험자의 SS를 증가시킬 수 있다. 이런 경우, IVB는 화면에 "고정된 배경"이라기보다는 "움직이는 물체"로 인식될 수 있고, 이 움직이는 물체는 아주 큰 시야(Field of View;FOV), 즉 화면전체에 걸쳐있게 된다. 격자형 IVB는 피실험자에게 기준축 역할을 해주기도 하지만 종종 Crayolaland의 객체들과는 완전히 다른 방향으로 움직이고, 피실험자들에게 시각적으로 움직이는 느낌을 주는 vection 현상을 방해하기 쉽다는 보고들(Kim, 2001; Kim et al., 2001; Lin et al., 2001)이 있었다.

이러한 이전의 연구들에 의해, 본 연구에서 다음과 같은 의문을 제기하였다. 그것은 "격자형 보다는 구름과 같이 의미가 있는 객체들로 구성된 자연스런 IVB가 격

자형 보다 SS를 줄이는데 더 효과적일까?", "구름의 양이 적은 것보다 많은 양의 구름들이 더 효과적일까?" 하는 것이다.

따라서 본 연구에서는 구름모양의 자연스런 IVB를 제시하여 그 효과를 측정하였고, 또 그 양에 따라 SS의 감소효과를 측정하였다.

2. 방법

2.1 피실험자

본 실험에 참여한 피실험자는 20세에서 40세 사이의 남자 8명과 여자 4명으로 University of Washington 부설 Human Interface Technology Laboratory의 subject pool에서 선발하였다. 피실험자들의 연령대는 20대는 남자 6명, 여자 3명이었고, 30대인 경우는 남자 2명, 여자 1명이었다. 이들은 모두 본 실험 환경을 처음 접해보는 사람들이었고 청각장애나 균형 장애, 멀미에 민감한 사람들은 없었다. 피실험자들에게는 시간당 \$15가 지불되었고, 실험 프로토콜은 University of Washington Human Subjects Review Committee의 승인을 받았다.

2.2 실험장치

본 실험에서 이용된 장비로는 그림 1과 같이 full-size 차량(Saturn; General Motors Company)이 내장된 Real Drive driving simulator (Illusion Technologies International, Inc.)가 이용되었다. 이 시뮬레이터는 800 x 600 pixel의 Sony Superdata Multiscan VPH-1252Q projectors 3대와 가로(230cm) x 세로(175cm)의 대형스크린 3개를 가지고 있다. 가상공간인 Crayolaland는 Silicon Graphics사의 Onyx2 system을 이용하였고, University of Illinois의 EVL에서 개발된 CAVE software library에 의해 구동되었다. Crayolaland는 그림 2와 같이 오두막, 연못, 꽃밭, 숲이 크레용으로 그려져 있는 가상의 공간이다.

Crayolaland 화면 위에 수평으로 8개의 선과 수직으로 35개의 선을 그려 격자형 IVB를 구성하였고, 7개의 구름이나 28개의 구름으로 자연형 IVB를 구성하였다. 컴퓨터로 만들어진 영상은 3개의 스크린에 파노라마방식으로 제공되며 그 시야는 약 220°가 된다. 화면은 좌우 렌즈를 교대로 차폐시켜서 입체영상을 만드는 CrystalEyes 입체안경(StereoGraphics Inc.)을 이용하였다.

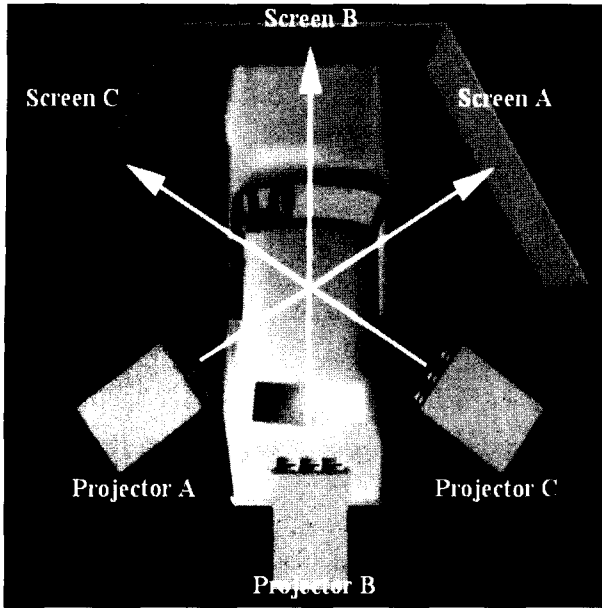


그림 1 Driving Simulator

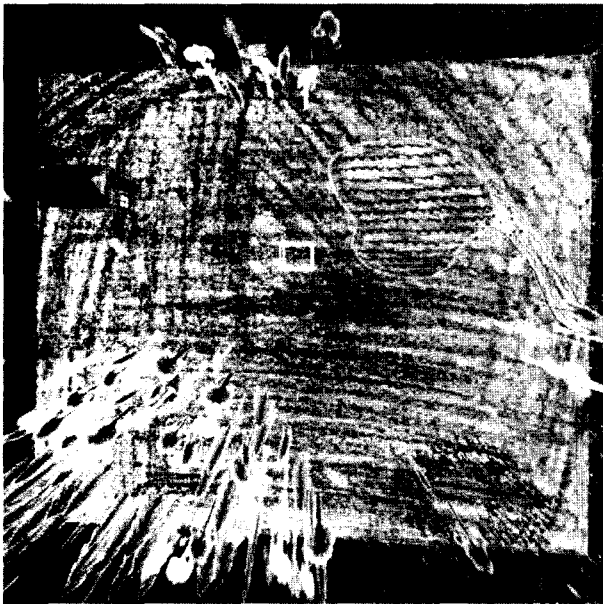


그림 2 Crayolaland 평면도

2.3 실험 계획 및 절차

본 실험에서의 독립변수는 IVB의 3가지 형태이다(격자형(Grid) IVB (G); 적은 구름형(Less clouds) IVB (L); 많은 구름형(Many clouds) IVB (M)). 실험계획은 Within-subjects design을 이용하였고, 각 피실험자가 3가지 IVB 조건에 노출되도록 배치하였다. 각 6가지 실험순서 조합(GLM, GML, LGM, LMG, MLC, MCL)에 2명씩의 피실험자를 랜덤하게 할당하였다.

피실험자에게 제공되는 실험 안내문은 다음과 같다.

"Welcome to the driving simulator! You are participating in a virtual environment experiment. We are investigating whether the virtual environment gives you a sense of presence, how strongly the virtual environment evokes a sense of "being there." This experiment includes 3 trials. During each trial, you will experience 2 minutes following a pre-recorded path through a virtual environment called Crayolaland. There will be slight differences in the virtual environment between trials. If you notice the differences, please let me know after each trail. After each trial, we will ask you several questions regarding your sense of presence. Since simulator sickness is a side-effect of exposure to virtual environments, we will also ask you to tell us about any simulator sickness symptoms."

각 실험에 들어가기 전에 SS증상의 기준치를 구하기 위하여 피실험자들에게서 24개 증상들로 이루어진 RSSQ (Revised Simulator Sickness Questionnaire; 김도희, 1998)를 작성하도록 하였다. 각 실험은 미리 만들어 놓은 Crayolaland 안의 이동경로를 2분간 바라보도록 하여 가상환경에 노출시켰다. 각 실험을 마친 후에는 현실감(presence)과 유쾌함(enjoyment)을 측정하기 위한 E²I (Lin et al., 2002)와 RSSQ를 작성하게 하였다. 여기서 E²I는 Enjoyment, Engagement, Immersion의 약자로 engagement와 immersion에 관한 항목 9개, enjoyment에 관련된 항목 5개로 이루어진 설문이다. 피실험자들은 이전 실험으로 인한 SS가 기준치로 되돌아오도록 각 실험들 간에 최소 5분 이상의 휴식을 취하도록 하였고, 총 실험시간은 약 1시간이 소요되었다.

3. 결과

종속변수인 RSSQ의 5가지 점수들(종합점수, 메스꺼움, 방향감각상실, 안구운동 불편, 긴장/혼동)에 대한 결과가 그림 3'5에 나타나 있다. 그 경향은 안구운동 불편에 대한 점수를 제외하고는 거의 모든 RSSQ 점수들이 자연형 IVB를 이용 할 때가 격자형 IVB를 사용할 때 보다 낮은 점수를 나타내는 경향을 보였다.

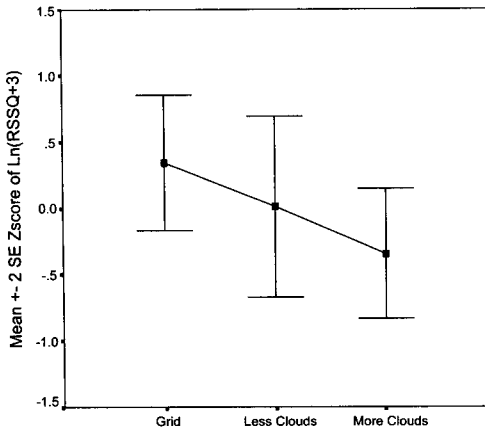


그림 3. IVB 형태별 RSSQ의 종합점수

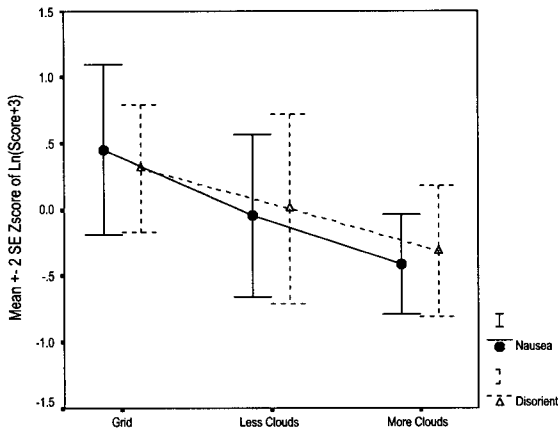


그림 4. IVB 형태별 RSSQ의 메스꺼움과 방향감각상실 증상군의 점수

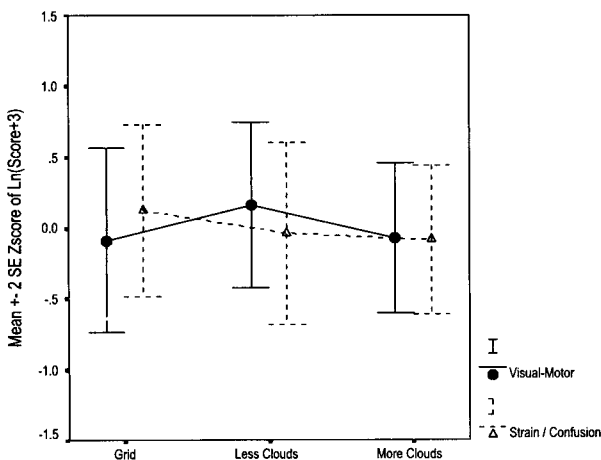


그림 5. IVB 형태에 따른 RSSQ의 안구운동불편과 긴장/혼동 증상군의 점수

- 본 연구에서는 다음과 같은 3가지 독립가설을 세웠다.
- (1) 많은 구름형 IVB보다 격자형 IVB를 이용할 때 SS가 클 것이다.
 - (2) 적은 구름형 IVB와 많은 구름형 IVB의 평균 보다 격자형 IVB의 SS가 클 것이다.
 - (3) 많은 구름형 IVB보다 적은 구름형 IVB일 때 SS가 클 것이다.

가설의 검정을 위해서 Paired-t test를 시행하였고, RSSQ와 E2I 데이터의 정규성과 등분산성 가정을 진단하였다. normal quantile-quantile plot, residual plot, 그리고 분산의 동질성을 보기 위한 Bartlett test 등을 시행한 결과, 분석의 가정을 충족시키기 위해 RSSQ의 점수들에 로그변환을 하였다.

Paired t-test 단측 검정 결과, 첫번째 가설은 RSSQ 점수들 중 종합점수($t(11)=1.89, p=0.043$)와 메스꺼움 증상군의 점수($t(11)=3.19, p=0.004$)가 유의하게 나왔다. 두번째 가설은 메스꺼움 증상군의 점수($t(11)=3.09, p=0.005$)가 유의하였으나, 종합점수에 대해서는 유의하지 않았다($t(11)=1.43, p=0.090$). 세번째 가설에 대해서는 종합점수나 어떤 증상군의 점수도 유의하지 않았지만, 메스꺼움 증상군의 점수가 유의에 가깝게 근사하였다($t(11)=1.54, p=0.076$). 메스꺼움 증상군의 점수는 가설 1과 2에 대해서도 매우 유의하였다. 즉, 이것은 격자형 IVB보다는 자연형 IVB가 제시되었을 때 메스꺼움과 관련된 증상이 덜하였음을 의미한다.

E²I 데이터에 대해서는 현실감 항목에 대해서는 평균값이 격자형, 적은 구름형, 많은 구름형으로 갈수록 약간씩 떨어졌고, 반면에 유쾌함 항목에 대한 평균값은 약간씩 증가하였다. 그러나 전체 E²I 값이나 현실감, 유쾌함의 점수 중 어느 것도 분산분석(ANOVA)상 유의한 차이를 보인 것은 없었다(E²I: $F(2,22)=0.08, p=0.908$; 현실감: $F(2,22)=0.41, p=0.612$; 유쾌함: $F(2,22)=0.46, p=0.633$). 심지어 SS 가설 검정을 위해 실시한 것과 같은 3쌍의 paired t-test에서도 어떤 유의함을 찾지 못하였다.

4. 결론 및 토의

본 연구의 결과, 자연형 IVB는 구름과 같이 의미가 있는 물체로 되어있어서 격자형 IVB보다 SS를 경감시키는데 효과적이었다. 그러나 적은 양의 구름보다 많은 양의 구름이 더 효과적 일 것 이라는 가설에 대해서는 명백히 밝혀내지는 못하였다.

그리고 RSSQ의 메스꺼움 증상군의 점수가 통계적으로 강한 유의차를 보였다. 이것은 그림3, 4의 오차막대가 나타내는 것과 같이 개인차가 큼에도 불구하고

고 통계적 유의성이 강하여 매우 의미 있는 결과로 생각된다. 또한 가상환경이나 시뮬레이터에서의 방해를 경감시키기 위해서는 메스꺼움 증상군의 점수가 주로 이용된다. 이 증상군은 7가지 증상(침분비의 증가, 발한, 호흡곤란, 트림, 구토, 위장에 대한 부담감, 메스꺼움)으로 되어 있으며, 이는 실제 멀미와 많은 관련이 있는 증상들이다. 안구운동불편이나 긴장/혼동 증상군은 가상환경의 광학적 부분이나 가상환경에서의 작업수행의 어려움을 나타내는데 이용된다. 그리고 실제로 IVB는 안구운동불편이나 긴장/혼동 증상군의 문제를 해결하기 위해 고안되지는 않았다.

E²I 점수와 현실감, 유쾌함에 대한 점수가 유의하지 않게 나온 것은 IVB형태가 피실험자의 현실감이나 유쾌함에 영향을 미치지 않았음을 의미한다. 현실감 항목에 대한 평균점수의 분포는 현실감과 SS간에 양의 상관관계($R=0.424$, $p=0.01$)가 있음을 나타내었고, 반면에 유쾌함 항목에 대한 평균점수의 분포는 유쾌함과 SS가 음의 상관관계($R=-0.486$, $p=0.003$)가 있음을 나타내었다. 이는 Lin et al.(2002)의 연구에서 얻은 결과와도 일치하였다. 여기서 유쾌함과 SS간의 음 상관관계는 피실험자가 SS를 격게 되면 그로 인하여 유쾌함이 경감되었음을 의미하고, 현실감과 SS간의 양 상관관계는 피실험자들이 본 실험환경에 깊이 몰입되어 현실감이 높다고 느끼게 되면 SS가 증가될 수 있음을 의미한다.

또한 본 연구에서 이용된 IVB의 휘도나 밝기는 confounding 변수가 될 수 있다. IVB의 총 휘도는 많은 구름형 조건이 가장 컸고, 격자형 일 때가 가장 적었다. Duh et al.(2001)은 IVB의 휘도가 밝을수록 자세불안정을 감소시킬 수 있다고 하였다. 따라서 휘도 차가 본 연구에서 언급한 효과에 영향을 주었을 수도 있다.

마지막으로 Kim(2001)에서 입증된 것처럼 피실험자의 기대감이 본 연구의 결과에 영향을 미칠 수 있기 때문에, 본 연구에서 이용된 실험안내서는 Kim의 "non-expectation" 그룹에 대한 안내서를 이용하였다. 본 연구의 안내서가 실험의 목적과 IVB의 기대효과가 무엇인지를 피실험자들이 알지 못하도록 설계하였음에도 불구하고 매우 분명한 결과를 얻었다.

따라서, 구름모양으로 만들어진 자연형 IVB가 덜 자연적이고, 애매모호한 격자형 보다 메스꺼움을 더 효과적으로 경감시킨다고 할 수 있다.

참고문헌

- [1] 김도희; "자동차 모의운전환경에서 Simulator Sickness의 정량화 기법 개발 및 분석에 관한 연구", 박사학위논문, 한양대학교, 1998.
- [2] Duh H. B. L., Parker D. E., Furness T. A.; "An "Independent Visual Background" reduced balance disturbance evoked by visual scene motion: implication for alleviating simulator sickness," *Proceeding of the CHI 2001 conference on Human Factors in Computing Systems (ACM CHI 2001)*, Seattle, WA, March/31 -April/5, pp. 85-9, 2001.
- [3] Duh H. B. L.; "Use of an Independent Visual Background to Alleviate Simulator Sickness in the Virtual Environments that Employ Wide-Field Displays," *Doctoral Dissertation, University of Washington, Seattle Washington, 2001.*
- [4] Duncker, K.; "Ueber induzierte Bewegung. Ein Beitrag zur Theorie optisch wahrgenommener Bewegung. [Concerning induced movement. A contribution to the theory of visually perceived movement.]," *Psychologische-Forschung*, 12, 180-259, 1929.
- [5] Gogel, W. C., & Kodlow, M. A.; "The effects of perceived distance on induced movement," *Perception and Psychophysics*, 10, 142-146, 1971.
- [6] Griffin, M. J.; *Handbook of human vibration*. London: Academic Press, 1990.
- [7] Kim, D. H.; "Effects of User Expectation on Independent Visual Background Efficacy," *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 24(68), 31-36, 2001.
- [8] Kim, D. H., Duh, H. B., & Lin, J. J.; "Preliminary study of effects of user expectations on independent visual background efficacy," *Tech. Rep. No. R-01-01*, Seattle, Washington: University of Washington, Human Interface Technology Laboratory, 2001.
- [9] Lin, J. J., Kim, D. H., & Duh, H. B.; "Effects of user control of luminance on independent visual background efficacy," *Tech. Rep. No. R-01-02*, Seattle, Washington: University of Washington, Human Interface Technology Laboratory, 2001.
- [10] Lin, J. J., Duh, H. B., Parker, D. E., Abi-Rached, H., & Furness, T. A.; "Effects of field of view on presence, enjoyment, and simulator sickness in a virtual environment," *Proceedings of IEEE Virtual Reality 2002*, Orlando, Florida, 2002.
- [11] Mack, A.; "Perceptual aspects of motion in the frontal plane," In K. R. Boff, L. Kaufman, & J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and*

Human Performance. New York: John Wiley & Sons, 1986.

- [12] Prothero, J. D.; "The role of rest frames in vection, presence and motion sickness," Unpublished doctoral dissertation, University of Washington, Seattle, Washington, 1998.
- [13] Prothero, J. D., Draper, M. H., Furness, T. A., Parker, D. E., & Wells, M. J.; "The use of an independent visual background to reduce simulator side-effects," Aviation Space Environmental Medicine, 70, 277-83, 1999.