

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2026.34.3.001>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

Cockpit Procedure Trainer (CPT) 기반 자율탐승과 비행훈련 성과지표의 연관성

허성민*, 하용훈**

Association between Self-Directed CPT Sessions and Flight Training Performance Metrics

Sungmin Heo*, Yonghoon Ha**

ABSTRACT

Training records from six cohorts in the Republic of Korea Air Force initial pilot training program (2024-2025; n=414) were analyzed to assess whether self-directed CPT practice was associated with training performance. Sessions were summed from the day after the initial evaluation to the final evaluation day. Outcomes were score improvement, final score, and pass/fail. Spearman and Pearson correlations were computed overall and stratified by cohort, initial-score quartiles, and retest status, with regression as a consistency check. Session counts were right-skewed, and associations with performance were generally near zero. Practice during the final week and the gap from the last session to the final evaluation showed no consistent pattern. These findings suggest that practice quality and feedback, rather than session counts, may be more relevant, although causal inference is limited.

Key Words : Flight Training(비행훈련), Flight Simulation Training(모의비행훈련), Performance Metrics(성과지표), Self-Directed CPT Sessions(자율탐승), Self-Directed Training(자기주도훈련)

1. 서 론

모의비행훈련장치는 항공기의 조종실을 동일 또는 유사하게 모방한 장치로서, 조종사의 교육과 정상·비정상·비상절차 숙달 및 특수임무 훈련에 활용된다(Na and Cho, 2022; Aviation Safety Act, Article 2, Subparagraph 15, 2026). 공군을 비롯한 전문교육기관에서는 조종사 양성을 위해 모의비행훈련장치를 활

용하고 있다(Kim and Cho, 2021). 모의비행훈련은 실제 비행훈련에서 수행하기 어려운 기동과 환경을 지상에서 구현하여 소음·위험성 등 운용 제약을 상대적으로 덜 받으면서 절차를 반복 숙달할 수 있다는 운영적 장점을 가진다(Na and Cho, 2022).

공군 비행교육은 입문과정, 기본과정, 고등과정으로 구성되며, 본 연구는 이 중 입문과정 훈련생을 대상으로 수행되었다(ROKAF, 2026). 공군 비행교육 입문과정에서는 절차 숙달을 위한 훈련장비로 cockpit procedure trainer(CPT)를 운용한다. CPT는 비행, 학술, 훈련장비, 조종사 자질 등으로 구성된 정규 훈련 과정에서 훈련장비 항목에 해당한다(Yoon et al., 2015). 한편 훈련생들은 정규 훈련과정 외에도 교관의 감독 없이 CPT를 활용한 자기주도훈련을 보조적으로 수행하고 있으며, 본 연구에서는 이를 '자율탐승'으로

Received: 16. Mar. 2026, Revised: 23. Jun. 2026,

Accepted: 29. Jun. 2026

* 국방대학교 국방과학학부 무기체계학과 석사과정

** 국방대학교 국방과학학부 무기체계학과 부교수

연락처 E-mail : yonghoonha@korea.kr

연락처 주소 : 충남 논산시 양촌면 황산별로 1040, 국방대학교 국방관리대학원

정의한다.

자율탐승은 정규 훈련과정 외에 훈련생이 CPT를 활용하여 비행절차와 비행과목을 반복 숙달하는 활동이라는 점에서 훈련 성과와의 관련성을 검토할 필요가 있다. 그러나, 실제 비행훈련 환경에서 CPT 기반 자율탐승의 양적 활용 정도가 훈련 성과지표와 어떠한 연관성을 가지는지에 대한 실증적 검토는 제한적이었다. 따라서 본 연구는 공군 비행교육 입문과정에서 관찰된 운영자료를 활용하여 CPT 기반 자율탐승 횟수와 훈련 성과지표 간의 연관성을 분석하고, 그 결과를 훈련체계의 맥락에서 해석하여 운영적 시사점을 도출하고자 하였다. 이때 분석의 초점은 자율탐승의 인과적 효과를 추정하는 데 있지 않고, 실제 운영자료에서 관측 가능한 자율탐승의 양적 활용 정도와 성과지표 간 연관성을 확인하는 데 있다.

II. 이론적 고찰

2.1 모의비행훈련장치 분류

항공안전법에서 모의비행훈련장치는 항공기의 조종실을 동일 또는 유사하게 모방한 장치로 정의하고 있으며(Aviation Safety Act, Article 2, Subparagraph 15, 2026), 항공안전법 시행규칙은 모의비행훈련장치의 종류를 모의비행장치(full flight simulator), 비행훈련장치(flight training device), 기본비행훈련장치(aviation training device)로 구분한다(Enforcement Rules of the Aviation Safety Act, Article 10-2, 2026). 또한 국토교통부의 모의비행훈련장치 지정기준 및 검사요령은 모의비행장치를 A~D 등급, 비행훈련장치를 4~7등급, 기본비행훈련장치를 단일등급으로 구분하고, 장치의 종류와 등급에 따라 일반 기준, 정량적 기준 및 정성적 기준을 달리 적용한다(MOLIT Notice No. 2026-177, 2026). 이러한 체계는 모의비행훈련장치가 성능기준과 검사기준에 따라 단계화된 훈련장비 체계로 관리되고 있음을 보여준다.

본 연구에서 다루는 CPT는 공군 비행교육 입문과정에서 운용되는 훈련장비로서, 실제 항공기 조종실 형상과 계기·스위치를 높은 수준으로 모사하고, 시각 시스템, 훈련기록 및 통제 기능을 갖추고 있다. 또한, 시동 및 비상절차, 비행절차, 공중과목, 이·착륙훈련 등 입문과정의 주요 훈련과목 수행을 지원한다. 이러한 장

비 구성과 운용범위를 고려할 때, CPT는 기본비행훈련장치보다는 비행훈련장치에 가까운 기능적 특성을 가진다고 할 수 있다. 반면, 모션 시스템이 설치되어 있지 않은 고정식 장비라는 점에서 모의비행장치와는 구분되며, 비행감각 재현보다 비행절차와 비행과목 수행 흐름의 반복 숙달에 초점을 둔 장비로 볼 수 있다. 다만, 비행훈련장치의 세부등급은 장치별 정량적 성능 검사와 정성적 평가를 통해 판단되는 영역이므로, 본 연구에서 CPT는 특정 등급에 대응시키기보다 고정식 비행훈련장치에 가까운 훈련장비로 이해하는 것이 적절하다.

2.2 선행연구

CPT 기반 자율탐승은 정규 훈련과정 외에 훈련생이 스스로 훈련장비를 활용한다는 점에서 자기주도적 반복훈련의 성격을 가진다. 일반 교육 분야에서는 자율탐승과 같은 자기조절학습이 학업성취에 긍정적 효과를 가질 수 있음이 보고되었고(Kim and Chung, 2024), 비행교육 맥락에서도 멀티모달 피드백이 통합된 시뮬레이터 훈련 체계가 전통적 훈련 방식보다 우수한 수행과 더 빠른 훈련 진전을 보일 수 있음이 제시되었다(Zhang et al., 2025).

이외에도 모의비행훈련장치 활용과 성과지표 간의 관련성을 다양한 관점에서 검토한 연구들이 있다. Na & Cho(2022)는 헬리콥터 비행교육 과정에서 시뮬레이터 성적과 실비행 성과의 관계를 성적자료로 분석하여 모의비행훈련 성적이 실제 비행훈련 과목 성과와 유의한 정적 관계임을 보여주었다. Kim & Kim(2020)은 헬리콥터 계기비행훈련 등 특정 훈련영역에 한정하여 시뮬레이터 훈련과 실비행 훈련을 비교한 결과 두 훈련 간 차이가 크지 않으며 일부 영역에서 대체 가능성을 논의하였다. Jang & Kwon(2022)은 초기 단계 교육에서 basic aviation training device(BATD) 활용을 설문으로 분석하여 훈련장치 실습이 이론 이해 및 후속 훈련 적응에 도움이 될 수 있음을 제시하였다. Lee(2023)는 해군 P-3C 조종사를 대상으로 실제 비행훈련 환경에서 훈련 주기와 성과의 관련성을 검토하였다.

이와 같이 기존 연구들은 모의비행훈련장치 활용, 시뮬레이터 훈련과 실비행 성과의 관계, 특정 훈련영역에서의 대체 가능성, 훈련 주기와 성과 간 관련성 등을 다양한 관점에서 논의해 왔다. 그러나 기존 연구는 헬

리콥터 과정, 해군 기성 조종사, 특정 훈련영역 또는 설문 기반 분석에 초점을 둔 경우가 많아, 공군 비행교육 입문과정 훈련생을 대상으로 CPT 기반 자율탐승의 실제 활용 횟수와 훈련 성과지표 간 관계를 운영자료로 분석한 연구는 제한적이다. 따라서 CPT 기반 자율탐승에 관한 연구는 모의비행훈련장치 활용 연구와 자기주도훈련 연구가 교차하는 영역에 위치한다고 볼 수 있다.

III. 연구 방법

3.1 연구 대상

본 연구는 2024~2025년까지 공군 비행교육 입문 과정에 입과한 공군, 해군 장교를 연구 대상으로 하였고, 해당기간 중 총 6개 훈련기수가 과정을 수료하였다. 훈련과정 중 비행평가는 초기평가와 최종평가로 구성되며(Yoon et al., 2015), 전체 입과 인원 중 초기평가 불합격자와 과정 중 중도 포기자는 성과지표 측정이 제한되어 연구대상에서 제외하였다. 이에 따라 최종 분석 표본을 414명으로 선정하였다. 분석 자료는 개인별 자율탐승 일자 및 횟수, 초기·최종평가 일자 및 성적, 불합격으로 인한 재평가 여부 등을 포함하였다. 분석 전 자료의 누락, 오류 확인을 위해 정합성 검증을 수행하였다.

본 연구의 변수는 Table 1과 같다. 훈련의 성과지표는 초기평가 대비 최종평가 성적 향상도, 최종평가 성적, 최종 합격 여부로 측정하였다. 주 설명변수인 자율탐승은 초기평가 이후부터 최종평가 직전까지 기간 중 CPT를 교관 없이 훈련생 단독으로 탑승한 누적 횟수로 정의하였다.

Table 1. Definitions of study variables

구분	변수
성과지표	- 성적 향상도 (최종평가 성적 - 초기평가 성적) - 최종평가 성적 - 최종 합격 여부
주 설명변수	- 초기평가 이후 자율탐승 누적 횟수
보조변수	- 최종평가 직전 7일간 자율탐승 횟수 - 최종평가 전 최근 자율탐승일 간격 - 재평가 여부

자율탐승 누적 횟수는 훈련생 전원에 대해 일관되게 확보 가능한 운영자료의 공통 지표이므로 주 설명변수로 설정하였다. 이외에도 최종평가 직전 7일간 자율탐승 횟수, 최종평가 전 최근 자율탐승일과의 간격, 불합격으로 인한 재평가 여부 등을 보조변수로 활용하였다. 훈련기수, 초기평가 성적 기준 사분위, 재평가 집단은 층화 분석을 위한 기준 변수로 활용하였다.

3.2 분석 방법

본 연구는 실제 훈련 환경에서 생성된 자료를 획득하여 분석한 것으로, 자율탐승의 선택 동기나 목적과 같은 요인 측정이 제한되어 관측된 관계를 중심으로 연관성을 분석하였다. 이에 따라 분석은 자율탐승의 순수한 인과효과를 추정하기 위한 구조가 아니라, 운영자료에서 관측 가능한 자율탐승의 양적 활용 정도와 성과지표 간 관계를 확인하는 탐색적 연관성 분석으로 수행하였다.

분석단위는 훈련생 개인이며, 분석 대상 414명에 대해 전체 표본 분석을 수행하였다. 전체 분석과 동일한 절차를 6개 훈련기수에 대해 반복 수행하여 입과 시점과 운영 여건 차이에 따른 집단 간 이질성을 확인하였고, 훈련기수 내에서는 초기평가 성적을 기준으로 사분위로 층화하여 초기 수준별 연관성의 반응 차이를 추가로 확인하였다. 또한 비행평가 재평가 경험이 있는 훈련생을 하위집단으로 구성하여 보조 분석을 수행하였다.

성과지표별로는 성적 향상도에 대해 상관분석을 하여 자율탐승 횟수와의 연관성을 평가하였고, 최종 합격 여부는 로지스틱 회귀분석, 최종평가 성적은 선형회귀 분석을 적용하였다. 회귀분석은 전체 표본에 대해 수행하였으며, 세분층화에서는 표본 및 사건 수 감소로 인한 이진/다변량 회귀 추정의 불안정을 고려하여 제외하였다.

IV. 연구 결과

전체 표본, 훈련기수(G1~G6)별 표본, 주 설명변수인 자율탐승 누적 횟수의 기술통계는 Table 2와 같다.

자율탐승 횟수는 Fig. 1과 같이 비대칭(우측 꼬리) 분포를 나타냈다. 이러한 분포 특성과 극단값의 영향을 고려하여 상관분석에서는 값의 순위를 기반으로 단조적 연관성을 평가하는 스피어만 순위상관(Spearman's rank

Table 2. Descriptive statistics of total self-directed CPT sessions overall and by cohort

Group	n	Median(Q1-Q3)	Min	Max
Overall	414	10(8.0-13.0)	2	36
G1	79	16(13.0-20.0)	4	36
G2	67	9(7.0-10.0)	4	19
G3	69	9(6.0-11.0)	3	15
G4	63	9(7.5-11.5)	4	20
G5	64	13(10.0-17.0)	5	24
G6	72	8(7.0-9.3)	2	14

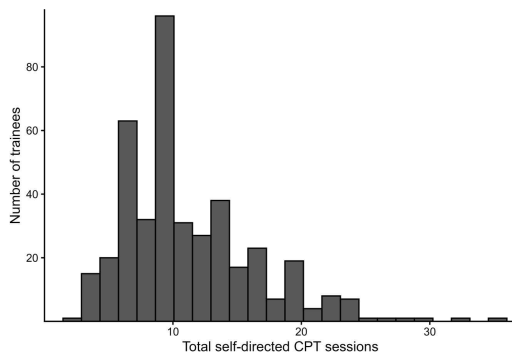


Fig. 1. Distribution of total self-directed CPT sessions among trainees (N=414)

correlation)을 기본으로 적용하였고, 선형 관계를 가정하는 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)는 비교 목적의 보조지표로 함께 산출하였다.

4.1 전체 표본 상관관계 분석

전체 표본에 대해 자율탐승 횟수와 성적 향상도 간의 상관관계를 분석하였다. 상관계수는 스피어만 $\rho = -0.039(p=0.429)$, 피어슨 $r=0.028(p=0.564)$ 로 두 지표 모두 0에 근접하였고, Fig. 2와 같이 산점도에서도 자율탐승과 성적 향상도 간의 뚜렷한 관계 패턴은 관측되지 않았다.

4.2 하위집단 분석

4.2.1 훈련기수별 분석

훈련기수별 자율탐승 횟수 분포의 차이가 관측되어 교육환경 및 시기 차이를 고려한 집단 간 이질성을 확인

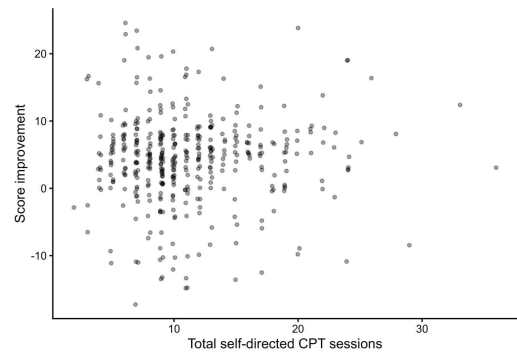


Fig. 2. Scatterplot of self-directed CPT sessions versus score improvement (N=414)

하기 위해 층화분석을 수행하였으며, Table 3과 같다.

훈련기수별 상관분석 결과 대부분의 기수에서 자율탐승 횟수와 성적 향상도 간 상관계수는 0에 근접하였다. 다만 G2에서는 음의 상관이 상대적으로 크게 관측되어 여러 훈련기수에 대한 반복 검정을 고려해 Holm 보정을 수행하였다. 그 결과 피어슨 상관은 유의성이 유지되었으나(adjusted $p=0.008$), 스피어만 상관은 보정 후 유의성이 약화되었다(adjusted $p=0.073$).

4.2.2 훈련기수별 사분위 분석

초기 성취수준에 따른 자율탐승과 성적 향상도 간 관계의 차이를 분석하였으며, Table 4와 같다. 이를 위해 각 훈련기수 내에서 초기평가 성적을 기준으로 훈련생을 사분위(Q1~Q4)로 구분한 뒤, 상대적 초기 수준에 따른 차이를 보기 위해 기수별 동일 사분위 집단을 통합하여 분석하였다. 즉, Q1은 각 훈련기수의 하위 25% 집단을, Q4는 상위 25% 집단을 합친 그룹이다.

Table 3. Cohort-specific correlations between total self-directed CPT sessions and score improvement

Cohort	n	Spearman		Pearson	
		ρ	p	r	p
G1	79	-0.183	0.107	-0.163	0.152
G2	67	-0.305	0.012	-0.383	0.001
G3	69	-0.003	0.980	-0.045	0.712
G4	63	-0.082	0.521	-0.070	0.586
G5	64	0.199	0.115	0.138	0.276
G6	72	0.100	0.405	0.087	0.466

Table 4. Quartile-specific correlations between total self-directed CPT sessions and score improvement

Quartile	n	CPT sessions, median(Q1-Q3)	Score improvement, median (Q1-Q3)	Spearman's ρ	Spearman ρ	Pearson's r	Pearson ρ
Q1	105	10(8.0-14.0)	9.03(4.77-14.36)	-0.116	0.238	0.001	0.992
Q2	104	11(8.0-16.0)	5.23(1.75-7.32)	0.093	0.347	-0.036	0.717
Q3	104	10(7.8-12.0)	3.98(1.39-6.53)	0.035	0.724	0.024	0.812
Q4	101	10(7.0-13.0)	2.42(-0.20-4.95)	0.051	0.610	0.095	0.345

분석 결과 사분위별 자율탐승과 성적 향상도 간 상관관계는 전반적으로 뚜렷하지 않았다. 스피어만 상관계수는 모든 사분위에서 계수의 크기가 작고 통계적으로 유의하지 않았고, 피어슨 상관계수 역시 모든 사분위에서 $|r|$ 이 매우 작은 수준이며 초기 수준에 따른 일관된 증가/감소 패턴은 관찰되지 않았다.

4.2.3 재평가자 분석

재평가자는 훈련 과정에서 1회 탈락을 경험하고 추가 평가를 수행한 특수 집단으로 일반 집단과 훈련·평가 환경이 달라 자율탐승의 성과 관계가 상이할 가능성을 점검하기 위해 Table 5와 같이 별도 분석하였다. 분석 결과 재평가자와 비재평가자 집단 모두에서 자율탐승과 성적 향상도 간 상관계수는 0에 근접하고, 통계적으로 유의하지 않았다. 다만 재평가자 집단은 표본수가 제한적이므로 본 결과는 탐색적 보조 분석으로 해석한다.

4.3 보조 분석: 변수·지표 확장 및 회귀분석

4.3.1 자율탐승 시기·간격과 성적 향상도

자율탐승 시기·간격 변수와 성적 향상도 간 연관성

을 분석하였다. 첫째, 최종평가 직전 7일 간 자율탐승 횟수를 설명변수로 한 상관분석 결과 스피어만 $\rho = -0.052(p=0.287)$, 피어슨 $r = -0.081(p=0.101)$ 로 계수는 0에 근접하였다. 둘째, 최종평가 전 최근 자율탐승 일과 최종평가일 간 간격(일수)을 설명변수로 한 경우 스피어만 $\rho = -0.062(p=0.212)$, 피어슨 $r = -0.036(p=0.468)$ 으로 0에 근접하여 시기 및 간격 변수 적용 시에도 성적 향상도와 뚜렷한 연관성은 관측되지 않았다.

4.3.2 최종평가 성적 및 합격 여부에 대한 회귀분석

성과지표를 합격 여부와 최종평가 성적으로 확장하여 회귀모형에서 자율탐승 횟수와 연관성을 점검하였다.

첫째, 합격 여부를 결과변수로 하여 로지스틱 회귀분석을 수행하였다. 본 연구의 로지스틱 회귀모형은 식 (1)과 같이 설정하였다.

$$\log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_i \quad (1)$$

여기서 p_i 는 훈련생 i 가 합격할 확률을 의미하며, X_i 는 훈련생 i 의 자율탐승 누적 횟수를 의미한다. 또

Table 5. Correlations between total self-directed CPT sessions and score improvement by retest status

Retest status		n	CPT sessions, median(Q1-Q3)	Score improvement, median (Q1 - Q3)	Spearman's ρ	Spearman ρ	Pearson's r	Pearson ρ
Initial retest	Yes	26	8(7-14)	16.59(15.63-19.37)	-0.054	0.792	-0.002	0.992
	No	388	10(8-13)	4.46(0.8-7.20)	0.069	0.173	0.042	0.415
Final retest	Yes	40	10(8-14)	-8.92(-11.05-5.72)	0.041	0.803	0.021	0.896
	No	374	10(8-13)	5.20(2.58-7.87)	0.069	0.183	0.064	0.215

한 초기평가 점수를 공변량으로 추가한 조정 모형은 식 (2)와 같이 설정하였다.

$$\log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 Z_i \quad (2)$$

여기서 Z_i 는 훈련생 i 의 초기평가 성적을 의미한다. 분석 결과 자율탐승 횟수는 합격과 유의한 연관성을 보이지 않았으며(1회 증가당 OR=0.946, 95% CI 0.863-1.038, $p=0.240$), 초기평가 점수를 공변량으로 추가한 조정 모형에서도 자율탐승 횟수의 추정치는 OR=0.955(95% CI 0.873-1.044, $p=0.309$)로 1에 근접하여 결과는 동일하였다.

둘째, 자율탐승 횟수, 초기평가 점수, 훈련기수를 공변량으로 하고, 최종평가 성적을 결과변수로 하여 선행 회귀분석을 수행하였다(Adjusted $R^2=0.108$). 초기평가 점수는 최종평가 성적과 유의한 양(+)의 연관성을 보였다($b=0.234$, $p<0.001$). 반면 자율탐승 횟수는 최종평가 성적과 유의한 음(-)의 연관성이 관측되었다($b=-0.204$, $p=0.003$).

4.4 종합분석

전체, 하위집단, 보조 분석 등 대부분의 분석에서 자율탐승 관련 변수와 성과지표 간 연관성은 전반적으로 약하거나 일관된 패턴이 확인되지 않았다. 따라서 자율탐승 횟수의 증가가 평균 성과지표의 향상으로 연결된다는 근거는 제한적이라 할 수 있다. 이는 자율탐승 효과의 형태, 개인별 활용 목적의 이질성 등 운영 환경의 특성을 고려한 구조적 관점에서 결과를 해석할 필요가 있음을 시사하며 구체적 내용은 다음과 같다.

첫째, 자율탐승이 평균적으로 뚜렷한 추가 효과를 실제 갖지 않을 가능성이 있다. 자율탐승은 입문과정 교육 체계에서 필수 항목이 아니라 교육환경에서 훈련생에게 선택적으로 제공되는 자율적 추가 훈련수단이다. 따라서 단순한 탐승 횟수 증가가 훈련생 기량의 질적 향상으로 연결되지 않을 수 있고, 교관 피드백이 결여된 조건에서는 학습 효과가 제한적일 수 있다.

둘째, 본 연구의 결과를 해석함에 있어 자율탐승뿐 아니라 실제 비행훈련과 교관 피드백으로 구성된 기존 훈련체계의 역할을 함께 고려할 필요가 있다. 만약 실제 비행과 교관 피드백이 성과 형성에 이미 주된 요인으로 기여하고 있다면 자율탐승의 추가 효과는 평균

성과지표에서 미세하게 나타나거나 통계적으로 관측되기 어려울 수 있다. 이는 자율탐승의 '무용'을 단정하기보다 기존 훈련체계가 성과 형성의 주요 요인으로 작동하고 있음을 보여주는 결과로 해석될 수 있다.

셋째, 자율탐승의 기능이 실제 운용 맥락에서 성과를 일률적으로 끌어올리는 수단이라기보다 실제 비행 공백의 보완, 취약 구간 반복 연습, 감각·절차의 유지 등 보완적 기능으로 활용될 수 있다. 이 경우 자율탐승의 효과는 평균 점수의 상승보다 비행기량의 하락 방지 또는 편차 완화로 나타날 수 있으며 그 결과 성과지표에서는 관계가 약하게 관측되거나 통계적으로 유의하지 않게 나타날 수 있다.

넷째, 보조 회귀분석에서 관측된 자율탐승 - 최종평가 성적 간 역방향 연관성은 자율탐승이 자기 선택적으로 활용되는 과정에서 보상적 사용과 성과 수준이 자율탐승을 유발하는 역인과 구조가 반영된 결과일 수 있다. 예컨대 추가 보완이 필요하다고 인지한 훈련생이 자율탐승을 더 많이 활용하는 선택 구조가 작용할 경우 자율탐승이 증가할수록 성과가 상대적으로 낮게 관측되는 것이다. 반면 상위권 훈련생은 이미 높은 성과 수준에 위치해 추가 상승 여지가 제한되는 천장효과(ceiling effect)로 인해 '횟수 - 성과' 관계가 약화되거나 집단 평균에서 상쇄될 수 있다.

다만, 자율탐승은 자기 선택적으로 수행되는 활동이며 본 연구 자료는 자율탐승의 목적·내용·피드백 수준 등 추가 요인을 직접 관측하지 못하므로, 보상적 사용, 역인과 구조, 천장효과 등에 관한 논의는 자율탐승의 인과적 효과를 설명하기 위한 것이 아니라 운영자료에서 관측된 결과의 해석 범위를 명확히 하기 위한 설명으로 이해되어야 한다.

4.5 시사점 및 개선방안

본 연구에서 자율탐승 횟수와 평균 성과지표 간 관계가 뚜렷하게 관측되지 않았다는 결과는 현행과 같은 탐승 횟수 중심의 운영만으로는 자율탐승이 비행기량 향상으로 연결되는 데 한계가 존재할 수 있음을 시사한다. 따라서 자율탐승의 횟수보다 수행 방식과 피드백 관점에서 훈련 체계를 재구성할 필요가 있다. 자율탐승이 효과적으로 작동하기 위해서는 훈련생이 자신의 취약점과 오류를 인지하고 교정할 수 있어야 한다. 그러나 자율탐승은 교관 피드백이 상시 제공되지 않으며, 훈련 과정에서의 미흡사항을 훈련생 스스로 인지하고

분석하기에는 한계가 있다.

이러한 한계를 보완하기 위해서는 자율탐승을 객관적으로 기록, 측정하여 훈련생의 취약점과 오류를 가시화할 수 있는 수단이 필요하며, 그 대안으로 eye tracking 기술을 활용해 시선·주의 분배를 정량화할 수 있다. 항공기 조종에서 시선 이동과 주의 분배는 조종사의 절차 수행과 상황 인지의 양상을 반영할 수 있으며, 착륙 단계에서 기성 조종사와 훈련생 간 시선 특성 차이를 시선추적으로 비교한 연구에서도 이러한 지표가 수행 특성의 차이를 구분하는 데 활용될 수 있음이 보고된 바 있다(Lee et al., 2018; Kwon and Lee, 2024).

기록·측정 결과가 실제 학습 효과로 연결되기 위해서는 수집된 정보를 바탕으로 훈련생에게 개선사항과 다음 자율탐승 또는 실비행에서 수행해야 할 훈련 과제를 제공하는 피드백 체계가 함께 설계되어야 한다. 예컨대 eye tracking 등 측정 체계로 가시화된 데이터를 AI가 분석하여 훈련 과제 부여로 연결하는 AI 기반 피드백 체계를 구성할 수 있다. 측정된 데이터 기반 피드백 체계가 갖추어지면 자율탐승이 보상적 사용이나 단순 반복에 머무르지 않고, 훈련생 개별 취약 구간 교정과 목표 지향적 반복 학습으로 작동하도록 지원하는 보완 장치가 될 수 있다. 나아가 자율탐승의 훈련 효과를 표준화된 지표로 확인하고 개인별 기량발전 과정을 점검할 수 있는 운영 기반이 마련된다.

이는 훈련운영 및 자원배분 관점에서 실비행 훈련에 교관 자원을 배치하면서도 자율탐승의 훈련 성과를 관리할 수 있는 수단을 제공한다. 또한 지상훈련 장비의 가용성과 비용 대비 효율성은 병력 감소와 군 구조 변화 환경에서 훈련체계의 지속가능성을 보완하는 방향의 시사점으로 제시될 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 실제 비행훈련 환경에서 수집된 운영자료를 활용하여 CPT 기반 자율탐승과 비행훈련 성과지표 간의 연관성을 분석하고, 그 결과를 바탕으로 훈련체계 운용에 관한 시사점을 도출하였다. 연구 결과 자율탐승 횟수와 평균 성과지표 간 관계는 전반적으로 뚜렷하게 관측되지 않았고, 로지스틱 회귀, 선형회귀 등 다양한 분석을 적용하였으나 결과는 대체로 일관되었다. 다만 이 결과는 자율탐승의 교육적 효과가 존재하지 않는다

는 의미가 아니라, 본 연구에서 확보한 운영자료와 분석모형의 범위에서 관측된 제한적 결과로 해석되어야 한다. 이러한 분석 결과는 단순한 자율탐승 횟수의 증가만으로는 비행훈련 성과 향상을 충분히 설명하기 어렵고, 자율탐승의 효과를 높이기 위해서는 횟수 자체보다 수행 방식과 피드백 체계가 더 중요할 수 있음을 시사한다.

본 연구는 다음과 같은 한계가 있다. 첫째, 훈련기관의 운영 자료를 제공받아 수행한 관찰연구로서 자율탐승이 훈련생의 선택에 의해 이루어진다는 점에서 동기·목적·훈련내용·피드백 등 주요 교란요인을 반영하지 못하였으며 이에 따라 인과적 해석에는 제한이 있다. 둘째, 분석 대상이 공군 비행교육 입문과정 훈련생에 국한되어 있어 기본·고등과정을 비롯한 다른 비행교육 환경으로 결과를 확대 해석하는 데 한계가 있다. 셋째, 연구대상인 입문과정의 지상훈련장비가 CPT이므로 모션 시스템 등 고충실도 재현 기능을 갖춘 상위 수준의 모의비행훈련장치를 적용할 경우 관계 양상이 달라질 가능성이 있다. 이러한 연구 한계에도 불구하고 본 연구는 실제 비행훈련 환경의 운영자료를 활용하여 자율탐승과 비행훈련 성과지표 간의 관계를 실증적으로 확인하고, 향후 자율탐승 운영과 피드백 체계 개선을 위한 기초 근거를 제시하였다는 점에서 의미가 있다.

향후 연구에서는 자율탐승을 선택한 동기·목적, 훈련내용, 시나리오 등 추가 자료를 확보하여, 탐승 횟수 뿐 아니라 훈련의 질적 요인을 포함한 분석이 이루어질 필요가 있다. 또한, 훈련 단계·장비·운영 조건이 다른 집단으로 연구대상을 확대하여 결과의 일반화 가능성과 해석의 타당성을 함께 검토할 필요가 있다.

References

1. Aviation Safety Act. Article 2, Subparagraph 15. Act No. 21636, 2026.
2. Na, Y. C., and Cho, Y. J., "Analysis between flight training and flight simulator training in helicopter flight training course", Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics, 30(2), 2022, pp.7-13.
3. Kim, S. J., and Cho, Y. J., "A study on the improvement of the flight simulation training device system", Journal of the Korean

- Society for Aviation and Aeronautics, 29(3), 2021, pp.66-75.
4. Republic of Korea Air Force, "Understanding the ROKAF: What flight training is required to become an air force pilot?", 2026, Available from: <https://rokaf.airforce.mil.kr/airforce/454/subview.do>
5. Yoon, Y. K., Lee, S. W., and Park, S. K., "The effects of personality types of flight instructor and student pilot on the introductory flight training results", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 23(4), 2015, pp.57-65.
6. Republic of Korea, "Enforcement rules of the aviation safety act, article 10-2", Ordinance of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport No. 1578, 2026.
7. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Designation criteria and inspection guidelines for flight simulation training devices", MOLIT Notice No. 2026-177, 2026.
8. Kim, S. Y., and Chung, Y. K., "Meta-analysis on the effect of intervention in academic achievement of self-regulated learning program", *The Korean Journal of Educational Psychology*, 38(2), 2024, pp.253-284.
9. Zhang, Y., Chen, J., Zhong, X., Shao, Y., and Fu, W., "Evaluating the effectiveness of flight simulator training on developing perceptual-motor skills among flight cadets: A pilot study", *Scientific Reports*, 15, 2025, Article 28062.
10. Kim, S. C., and Kim, J. M., "Effectiveness analysis of helicopter flight simulator and actual flight training: Focused on instrument flight training", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 28(1), 2020, pp.75-82.
11. Jang, D. K., and Kwon, M. J., "The effective use of basic aviation training device (BATD) and the analysis of flight training effectiveness", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 30(3), 2022, pp.117-122.
12. Lee, J. B., "Analysis of flight performance and efficiency according to the number of consecutive flight of navy pilots", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 31(2), 2023, pp.66-71.
13. Kwon, M. J., and Lee, J. Y., "A study on the eye movement according to the student pilot's manual operation skills and situation awareness competency", *Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics*, 32(4), 2024, pp.123-131.
14. Lee, W. J., Kim, C. H., and Kim, S. H., "Comparison of eye tracking features between expert and novice pilots during landing", *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 37(6), 2018, pp.713-720.