

조종사 정상 체크리스트와 휴먼에러의 탐색적 사례연구를 통한 훈련방안 개선 연구 : General Aviation 학생조종사를 중심으로

A Exploratory Case Study to Improve Student Pilots' Checklist Training with Correlation Analysis between Normal Checklist and Pilot Human Error

이근영¹ · 손병욱^{2*} · 박성식³

¹한국교통대학교 항공운항학과, ²한국교통대학교 비행훈련원, ³한국교통대학교 항공운항학과

Gun-Young Lee¹ · Byoung Wook Son^{2*} · Sung-Sik Park³

¹Department of Flight Operation, Korea National University of Transportation, Chungcheongbuk-do, 27469, Korea

²Flight Training Center, Korea National University of Transportation, Chungcheongbuk-do, 27469, Korea

³Department of Flight Operation, Korea National University of Transportation, Chungcheongbuk-do, 27469, Korea

[요 약]

조종사는 휴먼에러(human error)를 감소시키기 위한 방법들 중 하나로 체크리스트를 사용하여 항공의 안전에 도움이 되는 도구로 사용하고 있다. 하지만 복잡한 체크리스트는 경험이 부족한 학생 조종사들에게는 체크리스트가 작성된 본연의 목적과 다르게 안전에 위해요인이 될 수 있다. 본 연구는 우선 학생조종사들이 사용하는 정상 체크리스트의 구성항목들을 단계 별로 살펴보았다. 이를 통해 체크리스트를 구성하는 요인들이 휴먼에러를 구성하는 요인들과 어떤 상관관계를 내포하는 지 학생조종사들을 대상으로 한 사례연구를 통해 규명하고자 하였다. 탐색적 사례연구를 통해 다음과 같은 시사점을 제안하였다. 학생조종사들이 preflight inspection 체크리스트 점검을 수행함에 있어 기체에 대한 외부점검을 효율적으로 수행하도록 기체구조 또는 동력계통에 대한 전문지식 강화가 필요하다. 비행 시마다 조종사뿐만 아니라 해당 비행기의 정비 담당자가 외부점검을 실시하여 더블체크를 하는 재확인 절차를 통하여 안전을 증진시켜야 할 것이다.

[Abstract]

Pilots have used checklist as a valuable tool to improve aviation safety and to reduce human error. A checklist however is too complex for a student pilot to use with less flight experience or time than a commercial pilot. It is agreed upon such complex checklist be a factor to threaten aviation safety for student pilots. This paper has focused on a checklist by dividing it into a couple of basic three flight procedures. Making exploratory case study of student pilots, researchers could analyze the correlation between checklist factors and those of human errors. First of all, it was necessary for student pilots to be educated professional knowledge regarding aircraft structures and engines to perform preflight inspection reducing human errors. Moreover it was recommended student pilots as well as maintenance crew confirm checklist together to enhance aviation safety.

Key word : Aviation safety, Human error, Checklist, Student pilot, Correlation analysis.

<https://doi.org/10.12673/jant.2019.23.1.8>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 6 January 2019; Revised 28 January 2019

Accepted (Publication) 20 February 2019 (28 February 2019)

*Corresponding Author; Sung Sik Park

Tel: +82-10-3879-5447

E-mail: sunsikpark@hotmail.com

1. 서론

라이트 형제가 1903년 12월 17일 플라이어 1호로 인류 역사상 처음 동력비행을 시작한 이후[1], 100년 이상이 지난 항공업계는 다양하고 수많은 항공기 사고를 겪으면서 항공사고를 줄이기 위한 노력과 투자를 지속적으로 해왔으며, 과거에 비해 현저히 항공 사고가 줄고 있는 것은 사실이다[2]. 그러나 아직도 항공 사고의 가능성은 항상 열려있으며, 과거 발생한 사고유형과 같은 일련의 사고들이 종종 반복적으로 발생하고 있는 실정이다[2]. 미국 연방항공청 (FAA; Federal Aviation Administration) 통계에 따르면, 항공사고의 70~80%는 휴먼에러(human error)와 관련되어 있다고 한다[3]. 미 연방교통안전위원회 (NTSB; National Transportation Safety Board) 연구에 의하면, 항공기 사고는 하나의 큰 실수나 요인이 아닌 서로 관련성이 있는 7개 이상의 작은 휴먼에러들이 복합적으로 작용해 발생한다고 한다[4].

그러므로 조종사는 이러한 휴먼에러들을 감소시킬 수 있는 체크리스트를 사용하여 항공의 안전에 도움이 되는 도구로 사용하고 있다. 오늘날 가장 기본적이면서 항공기 비행운항에 필수적으로 사용되는 체크리스트는 최첨단 시스템의 도입으로 인해 점검절차들이 복잡해지고 있는 실정이다. 그러나 복잡한 체크리스트는 경험이 부족한 학생 조종사들에게는 체크리스트가 작성된 본연의 목적과 다르게 안전에 위해요인이 될 수 있다. 또한 항공기 운항에 필수적으로 사용되는 체크리스트에 대한 이론 및 관련 실증연구 역시 부족한 실정이다.

한국 속담에 세 살 버릇이 여든까지 간다는 말이 있듯이 조종 또한 학생조종사 시절의 습관 및 인식은 쉽게 바뀌지 않는다. 학생조종사에게 좋은 기반을 마련해주는 것이 중요할 것이다. 이 연구에서는 학생 조종사의 체크리스트 수행 사례연구를 통해 체크리스트 사용의 중요성을 살펴보고 실증연구결과를 바탕으로 체크리스트에 대한 표준화에 대한 연구를 수행하였다.

II. 조종사 체크리스트

2-1 체크리스트의 정의

모든 항공기는 운항에 관련하여 체크리스트를 가지고 있으며, 항공기의 체크리스트를 통한 점검은 안전에 필수적 요소이다. 체크리스트란 항공 안전에 도움이 되는 인적 요소(Human Factor)로서 실수를 최소화하기 위해 사용되는 도구이며, 모든 작업을 체계적이고 올바르게 수행하기 위한 순차적인 목록이다. 체크리스트는 항공기 계기들과 시스템을 점검, 설정, 작동하는지 확인하고 시스템 오작동이나 기내 응급 상황 발생 시 적절한 절차가 수행하는 것을 확인하는 데 사용된다[5].

미 연방항공청에 의하면 체크리스트는 요소 또는 동작 그룹을 식별, 계획, 비교 또는 확인하는 데 사용되는 공식 목록이라고 한다. 체크리스트는 사용자들에게 인간의 단기 기억의 한계

를 극복하게 해주는 시각적 또는 구두(verbal) 보조물로 사용된다. 체크리스트는 특정 일련의 지정된 조치 또는 절차가 올바른 순서로 수행되는지 확인하는 데 사용되며 항공기 체크리스트는 특정 비행 단계에서 올바른 항공기의 형태가 설정되었는지 확인하는데 사용된다[6].

2-2 체크리스트의 종류

항공기 조종을 위한 체크리스트는 일반적으로 정상(normal), 비정상(abnormal) 그리고 비상(emergency)로 총 3가지로 분류되며[6], 미국 공군사관학교 및 국내

국립대학에서 훈련기로 운영 중인 cirrus 항공기의 조종 운항 교범(FOM; flight operation manual)에 따르면 체크리스트는 다음 3가지로 분류된다[7].

- 1) 정상 점검표(normal checklist) = 항공기의 정상 운항 단계에서 사용되는 절차
- 2) 비정상 점검표(abnormal checklist) = 즉시 위협하지는 않지만 해결되지 않으면 비행 안전에 영향을 줄 수 있는 시스템 고장 및 오작동에 대한 대응 절차
- 3) 비상 점검표(emergency checklist) = 비행 안전에 즉각적인 위협이 되는 시스템 고장 및 오작동에 대한 대응 절차[7].

2-3 체크리스트의 구성요인

1) 미 연방항공청

각각의 조종실 체크리스트는 다음의 절차들을 포함하고 조종사는 항공기 운항을 할 때 사용해야 한다.

- before starting engines
- before takeoff
- cruise
- before landing
- after landing
- stopping engines
- emergencies[8]

2) AFH (airplane flying handbook)

또한 체크리스트는 비행단계별 최소한 다음과 같은 요소들을 포함해야 한다.

- preflight inspection
- before engine Start
- engine starting
- before taxiing
- before takeoff
- after takeoff
- cruise
- descent

- before landing
- after landing
- engine shutdown and securing[9]

2-4 체크리스트 가이드라인

정상 및 비상 상황에서 적절한 체크리스트의 사용은 안전에 필수적이다. 운영 지침서에는 체크리스트의 표준 사용법에 대한 지침이 포함되어야 한다. 체크리스트를 사용하는 실제 방법은 항공기 유형에 따라 다르며 일부 항공기의 체크리스트는 실제 필요한 조치가 완료되었거나 또는 확인을 위한 복창 또는 백업 용도로 읽는다. 다른 체크리스트는 호출된 항목에 대한 응답으로 특정 조치가 취해지는 방법이다. 또한 조종사의 수는 체크리스트가 수행되는 방식에 영향을 미치기도 한다. 어떤 경우든, 운영 지침서에는 누가 체크리스트를 읽고 누가 필요한 조치를 취할 것인지 또는 필요한 조치가 수행되었다면 확인하고 필요한 대응을 할 것인지를 분명히 명시해야 한다. 일반적으로 점검이 다음단계로 진행되기 전에 각 체크리스트 항목이 응답되어야 하며 특정 점검요소는 특정 조종사가 읽어야 하는 내용도 포함될 수 있다. 예를 들어 비행 전 점검은 부기장이 읽고 기장이 응답하도록 지정되어야 한다. 비상 체크리스트에는 일반적으로 "암기 항목"이 포함된 훈련이 있으며 체크리스트 목록은 일반적으로 이러한 항목들을 확인하는데 사용된다[10],[11].

[조종실 체크리스트 가이드라인 예시]

1. 정상 및 비상 운항을 위한 최신 조종실 체크리스트의 사용은 의무 사항이다. 하나의 체크리스트는 각 조종실에서 쉽게 사용할 수 있는 위치에 있어야 하고 다른 하나의 체크리스트는 항공기 사석에 있어야 한다. 일반적으로 비행하지 않는 조종사가 체크리스트를 읽으나, 항공기에 지정된 절차에 특정 절차에 따라 일부분의 체크리스트를 항공기사가 읽을 수도 있다.
2. 각 체크리스트의 항목은 특정 기종의 지침에 따라 체크리스트의 특정 부분이 조용히 수행되지 않는 이상, 큰 소리로 호출되어야 한다. 체크리스트의 다음 항목이 제대로 검사되기 전까지는 다음 항목은 호출되지 않아야 한다. 조종실 체크리스트의 정확한 용어가 준수되어야 한다.
3. 조종사의 비행 전 또는 출발 전 체크리스트를 수행하는 도중 두 조종사가 동시에 조종실을 비울 경우, 이 검사의 수행은 무효화 된다. 이것은 기본 3명의 조종사가 필요한 항공기에 2명의 조종사가 동시에 조종석을 비울 때도 적용된다.

- 체크리스트의 올바른 사용은 안전에 필수적이며 조종사의 올바른 훈련이 항상 유지되어야 한다.
- 다른 조종사나 항공기사의 방해는 가능한 한 피해야 한다.
- 체크리스트 수행 도중 무선 통신에 의해 간섭이 된다면, 그 무선 통신이 중단 될 때 까지 체크리스트 수행이 중단되어야 한다[12].

2-5 체크리스트에 영향을 미치는 요인

1) 인식

몇 가지 체크리스트 관련 사고는 조종사가 기체를 올바르게 설정하고 점검했다고 생각했지만 실제로는 그렇지 않은 상황의 결과였다. 인간의 인식은 물리적 자극 그리고 들어오는 정보와 이미 기억에 저장된 정보가 조화되는 방식에 따라 끊임없이 변한다[13]. 따라서 조종사가 임무를 수행하거나 체크리스트 항목을 점검하는데 단순히 물리적인 자극에만 의존해서는 안 될 것이다.

대부분의 조종사는 부적절이 사용되고 있는 체크리스트 항목을 자주 보았지만 적절히 사용되고 있는 것으로 인식하고 이에 수행하였다. 이 현상은 비행기 조종사가 비행기의 플랩 또는 이륙용 슬랫을 사용하지 않아 발생한 delta airlines flight 1141 사고조사 보고서를 보면 알 수 있다[14]. 보고서에 의하면 이륙 플랩 핸들 위치, 플랩 표시기 및 슬랫 확장 표시등에 대한 적절한 체크리스트 점검개시가 사용되었다. 이 사고를 분석하는 동안 NTSB 조사관은 기장의 점검개시("플랩")와 부기장 응답("15, 15, 녹색 불빛") 사이의 기록 된 시간 지연을 측정했다. 조사관은 점검개시와 응답 사이의 시간은 1초 미만으로 응답에 따른 알맞은 조치를 취할만한 시간이 없었다고 한다[14].

2) CRM

조종실 자원 관리(CRM; cockpit resource management)는 지난 10 년 동안 조직화, 사회적 과정 그리고 2명의 조종사가 필요한 항공기의 조종사간의 성과 등 집중이 되는 관심 주제였다 [15].

체크리스트 절차들은 조종사들 간 협력과 의사소통을 통해 수행된다. 또한 체크리스트 절차는 매우 명확한 역할이 정해지는 방식으로 설계된다. 또한 기장이 체크리스트를 적절히 수행하지 않았을 경우 부기장의 적극적인 조언이 요구되며, 부기장의 이와 같은 문제를 일으킨 경우 기장의 확고한 지도력이 필요하다. 조종실 자원 관리(CRM)과 체크리스트 사용 절차간의 상호 작용은 체크리스트 문제들을 이해하는데 있어 조종실 자원 관리(CRM)가 매우 유용한 분야가 되게 한다. 불행히도 이 중요한 영역을 여기서 완벽히 다룰 수는 없다.

조종실 자원관리 개념에 대한 선구적인 연구에서 H. P. Ruffell Smith는 종종 조종사의 수행 능력은 "기장이 특정 상황에서 조종사의 과부하를 예상하지 못함"[16]으로 인해 어려움이 발생한다고 하였다. 이와 유사한 문제가 발생한 ASRS(Aviation Safety Reporting System) 보고서에 따르면, 기장은 직무를 소홀히 하는 비행 엔지니어를 무시하고 이륙했다. 이에 따른 결과는 이륙 전 점검 체크리스트는 VI[임계 이륙 속도] 10 kt 이전에 완료되었다. 이것은 비행 엔지니어의 잘못이 아니라 기장의 잘못이다. 기장은 비행 엔지니어가 자신의 임무를 제대로 수행 할 수 있도록 30 초를 기다릴 수 있었는데도, 성급하게 이륙을 단행하였기 때문이다.

3) 방해와 주의산만

조종실 업무수행의 중단과 혼란에 대한 연구에서 Monan은 항공기의 운항에서 위험한 사건이 빈번히 발생하는 원인 중 하나는 주의 산만에 대한 인간의 민감성이다"라고 하였다. 그는 주의 산만 때문에 조종사 한 명은 흐름이 깨지고 중요한 고차 점검 능력이 사라진다고 주장하였다[20].

Republic airlines MD-82는 1982년 유타 주 브라이스 북쪽 20 km 지점에서 35,000 피트로 순항하다가 두 엔진을 정지 되었다. 비상 강하 상태에서 조종사는 적절한 비상 절차를 수행하여 12,000 피트에서 두 엔진을 다시 살렸다. NTSB 조사에 따르면 비행에 필요한 모든 연료가 중앙탱크에 있는 반면, 각 날개의 주 연료 탱크는 비어있었던 것으로 나타났다.

항공사의 MD-82 climb 체크리스트 방법에 의하면 조종을 실시하고 있지 않은 조종사가 체크리스트를 혼자 실시해야 했다. 절차에 따르면, 중앙 탱크 연료 펌프는 이륙 직후에 작동되도록 조작했어야 했다. 조종실 안팎의 정비 업무는 방해, 주의 산만 등은 잘못된 요인이 될 수 있다. 일반적으로 정비사는 항공기 정시 출발을 위해 일을 신속히 맞추어야 하는 일정한 압력을 항상 받고 있다. 정비사는 정비작업을 하는 도중에 때로 항공기의 부품을 바꿔보거나 특정 시스템을 작동 불능 상태로 만들어야 할 때도 있다. 그러나 정비사들이 시간에 쫓기게 되면, 이러한 시스템을 원래 상태로 복구하는 것을 잊을 수 있다. ASRS 보고서에 따르면 정비사들이 회로 차단기를 당겨놓고 다시 넣는 것을 까먹거나, 엔진 연료 분사 레버를 공회전 상태로 두거나, 의도하지 않게 자동 경고 시스템 불능 시킨 사례가 종종 있었다 [17],[18].

4) 체크리스트의 모호성

모호한 용어의 사용은 엄격히 정해져있는 체크리스트절차에서도 발견 될 수 있다. 체크리스트의 수행 완료를 나타내기 위해 모호한 응답인 "설정", "확인", "완료"등의 용어를 사용한다. ASRS 보고서에서는 이러한 모호성을 상세히 설명하고 해결법을 제공한다.

ASRS 보고서에 따르면 체크리스트의 응답 부분을 “확인 또는 설정”이 아닌 “보는 것을”으로 응답 되어야 할 필요가 있다고 한다. 예를 들면 "altimeters-30.10" 또는 "대기 속도 -125"이 정확한 응답이지, “확인”은 체크리스트를 제대로 수행하는 것이 아니다. 이렇게 보는 것을 응답하는 시간과 "확인 및 설정"이라고 말하는 것의 시간은 비슷하게 걸리나, "확인" 및 "설정"이라 표현하는 것은 아무의미 없이 쉽게 사용될 수 있기 때문이라고 한다 [17].

2-6 체크리스트 항목별 중요도 및 설계

체크리스트 항목들은 조종사가 특정 행동을 수행하지 못함에 따라 발생하는 잠재적 효과로 중요도를 매길 수 있다. 중요 항목들은 올바르게 수행하지 않으면 안전에 직접적인 악 영향을 주는 항목이다. 비 중요 항목은 특정 비행 단계에서 일상적으로 수행해야하는 관리항목 또는 시스템 관리 항목이지만, 생

략하면 안전에 최소한의 영향을 미치는 것이다. 어느 하나의 항목이 특정 단계의 체크리스트에서는 중요하게 여겨지지만, 다른 특정 단계에서는 중요하지 않은 항목으로 간주될 수 있다. 예를 들어 조종사가 before take off 체크리스트를 수행할 때 플랩을 특정 상태로 조작하지 못하는 것은 극히 엄청난 결과가 일어날 수 있다. 그러나 after landing 체크리스트를 수행할 때 플랩을 올리지 못하는 것은 안전에 거의 영향을 주지 않는다. 운영자와 POI는 각 비행 단계를 분석하여 해당 비행 단계의 중요 항목들을 식별하고 모든 중요 품목이 점검 목록에 포함되도록 해야 한다[6].

미 연방항공청에서 제시하는 체크리스트 설계방법은 점검 개시 - 수행 - 확인(CDV; challenge-do-verify)와 수행 - 확인(DV; do-verify) 방법으로 이 두 가지 수행 방법으로 체크리스트를 수행하면 안전요소를 향상시킨다[6].

1) 점검개시-수행-확인

Challenge-Do-Verify 방법은 체크리스트를 행동으로 수행하기 전에 체크리스트 항목을 말하고 행동을 취한 다음 행동 항목이 완료되었는지 확인하는 방법이다. CDV 방법은 한 명의 조종사가 체크리스트 항목을 말하고 두 번째 조종사가 첫 번째 조종사가 말에 반응하여 체크리스트를 수행하고 그 수행을 확인 할 때 가장 효과적이다. 이 방법은 검사 목록을 한번에 하나씩 체계적으로 수행해야한다. CDV 방법의 가장 큰 장점은 각 체크리스트 항목을 수행하는데 신중하고 체계적인 방식이다. CDV 방법은 관련된 모든 조종사가 체크리스트를 수행하는데 참여하게 하고, 수행이 되기 전에 두 번째 조종사의 동의를 제공하며, 체크리스트 수행 완료되었음을 확인한다. CDV 방법의 단점은 경직되고 융통성이 없고 조종사가 동시에 다른 작업을 수행 할 수 없다는 것이다[6].

2) 수행-확인

Do-Verify 방식은 사전에 말하지 않고 순서에 연연하지 않고 수행되는 체크리스트로 구성된다. 체크리스트의 모든 항목 수행이 완료되면 각 체크리스트 항목을 다시 읽으면서 확인한다. DV 방식은 조종사의 기억으로부터 동작을 빠르고 효율적으로 수행하는 플로우 패턴을 사용하게 해준다. 각각의 조종사가 독립적으로 작업 할 수 있으므로 조종사간의 업무량을 감소시키는데 도움이 된다. DV 방법은 CDV 방법보다 체크리스트의 항목을 누락시킬 높은 위험이 있다[6].

3) 체크리스트 설계 방법의 선택

체크리스트 설계의 CDV 및 DV 방법은 모두 현재 정상적인 체크리스트에 성공적으로 사용되고 있다. 전통적으로 운영자는 정상적인 체크리스트에는 DV 방식을 선호하고 비정상 및 비상 체크리스트에는 CDV 방식을 선호한다. 그러나 운영자는 모든 체크리스트 목록에 대해 CDV 방법도 성공적으로 사용했다. 대부분의 경우 비정상 및 비상 체크리스트는 CDV 방법을 사용할 때 더욱 효과적이다. 비정상 및 비상 체크리스트 항목 범주에 포

함된 조치 및 절차를 올바르게 수행하는 것이 중요하며 체계적인 접근 방법이 필요하다. 그러나 이러한 체크리스트는 거의 사용되지 않으므로 조종사에게는 정상 체크리스트 절차보다 익숙하지 않다. 또한 비정상 및 비상 체크리스트는 조종사가 쉽게 기억할 수 있는 흐름 패턴을 개발되지 않는다. CDV 방법은 또한 조종사의 협력, 교차 점검 및 확인 작업을 향상시키며 이 모두 것은 운항 조종사 스트레스의 악영향을 극복 데에 도움이 된다 [6].

2-7 체크리스트 구성의 충족요건

- 1) 정상상황에 사용되는 점검표는 조종사에게 다음의 정보를 제공하여야 한다.
 - 조종실 조작용의 범위와 논리적인 순서
 - 내부 및 외부 조종실 운영조건을 모두 만족하는 논리적인 행동순서
 - 조종사의 동일상황에 대한 인지를 동시에 공유하도록 하는 상호 확인절차
 - 조종실 임무의 논리적인 배분을 보장하게 하는 조종사 협력
- 2) 비정상과 비상상황에서 사용되는 점검표는 조종사에게 비정상과 비상상황의 조치사항을 인식하게끔 하여야 하며, 과중된 임무상황 하에서 발생할 수 있는 인적오류를 최소화하도록 보완되어야 하며, 다음사항을 포함하여야 한다.
 - 각 조종사가 수행하여야 할 역할과 임무
 - 문제해결과 의사결정, 진단에 대한 지침과 행위
 - 시간적, 순차적 방법에 의한 비상조치절차
- 3) 점검표의 항목의 순서는 다음과 같은 사항을 고려하여 구성되어야 한다.
 - 항공기 시스템의 작동순서
 - 작동기기 등의 조종실 내 물리적인 위치
 - 객실승무원이나 부기장(co-pilot)의 임무와 연관된 운항환경
 - 비상상황 바로 직전 정상상황에서 점검된 비상상황과 연관된 항목
 - 비정상 및 비상상황에서 가장 먼저 수행되어야 할 항목
- 4) 점검표 점검항목의 수가 비행안전에 저해하는 경우 제한되어야 한다.
- 5) 점검표간의 순서는 단계별로 상호 간섭되지 않아야 하며, 점검표 간섭 시 조종사의 조치사항은 표준운항절차에 명확하게 기술되어야 한다.
- 6) 점검표의 응답은 점검항목(스위치, 레버, 등, 램 등)의 량이나 실제 상태를 표현하여야 하며, set, checked, completed 와 같은 부정확한 응답은 피해야 한다.
- 7) 점검표는 비행의 특정단계(엔진시동, 지상 활주, 이륙 등)별로 구성할 수 있으며, 이 경우 표준운항절차는 각 비행단계별 중요부분의 점검표가(예를 들면, 활주로 상에서 이륙점검표) 조종사로 하여금 당해 점검표를 이행하는 데 점검항목간 겹침이 없이 여유롭게 수행할 수 있도록 수립하여야

한다.

- 8) 점검표의 형태와 디자인은 모든 조종실 환경 하에서 판독이 가능하도록 문자체에 대한 기본원칙이 있어야 한다.
- 9) 색상을 사용하는 경우, 점검표의 인덱스 디자인에 표준색상을 사용하여야 하며, 일반적으로, 정상점검표는 녹색, 시스템 고장은 황색, 비상점검표는 적색을 사용한다.
- 10) 색상을 적용하여 정상, 비정상과 비상점검표를 식별하는 수단으로만 사용해서는 안 된다[19].

2-8 체크리스트 관련 휴먼에러

조종사가 체크리스트를 사용하지 않는 경우 체크리스트의 중요성의 가치는 없어진다. 적절한시기에 적절한 체크리스트를 사용하기 위한 규율 및 헌신이 없다면, 오판에 의해 오류가 발생할 수 있다. 점검표를 사용하지 않는 조종사는 심각하게 자만해지고 기억에만 의존하기 시작한다. 이는 체크리스트와 관련된 휴먼에러를 발생시킬 가능성을 증가시킨다. NASA의 연구에 의하면 체크리스트 관련 오류는 비행편당 3.2±2.9건이 발생된다고 한다[2].

체크리스트 관련 휴먼에러는 총 5가지로 분류된다.

1. 생략에러(omission error)
 - 수행해야 할 checklist의 일부 또는 전체 단계를 잊고 빼먹음
2. 실행에러(commission error)
 - 체크리스트를 수행하였으나, 행동을 잘못 수행하여 발생하는 에러
3. 순서에러(sequential error)
 - 체크리스트의 순서를 잘못 수행하여 발생하는 에러
4. 시간에러(timing error)
 - 체크리스트를 너무 빠르게 또는 느리게 수행하여 발생하는 에러
5. 의사결정에러(decision error)
 - 부적절한 결정으로 잘못된 체크리스트를 수행하여 발생하는 에러[2].

이와 같은 휴먼에러들이 발생하는 원인으로는 시간압박, 중단, 방해, 과중한 업무, 부적절한 우선순위 결정, 불충분한 CRM, 과한 기억 의존, muti-tasking, 경험이나 반복, 기억에 의한 위험요소, 기대편향 등이 있다[2]. 이에 의한 조종사들은 체크리스트를 사용하지 않고 습관적으로 몸에 익힌 대로 수행하는 암기식 수행을 하게 되며, 체크리스트를 읽어내지만, 실제로는 점검항목을 확인하지 않으며, 필요 없다고 생각하는 일부 부분을 생략·단축하는 휴먼에러를 유발한다.

III. 연구 설계

3-1 개념적 연구흐름도

본 연구는 우선 학생조종사들이 사용하는 정상 체크리스트의 구성항목들을 단계 별로 살펴보았다. 이를 통해 체크리스트를 구성하는 요인들이 휴먼에러를 구성하는 요인들과 어떤 상관관계를 내포하는 지 학생조종사들을 대상으로 한 사례연구를 통해 규명하고자 하였다. 체크리스트 구성항목들은 비행 전 준비 절차에 따라 크게 3단계로 구분하였는데, 1단계는 pre 1 flight inspection 이고 2단계는 before engine start & after engine start 이며 마지막 3단계는 taxi & before takeoff/line up 으로 설정하였다. 체크리스트 1단계는 총 15개의 점검항목들로 구성되어 있으며 15개의 점검항목들은 총 2개의 영향요인들로 구분되었다. 조종사의 기체 외부점검에 해당하는 요인들로서 요인1은 outside-look 이며 요인2는 outside-touch 이다.

체크리스트 2단계는 총 10개의 점검항목들로 구성되어 있다. 2단계 점검항목들 역시 총 2개의 영향요인들로 구분되었다. 조종사의 기체외부 및 조종석 내부점검에 해당하는 요인들로서 요인1은 outside-look 이며 요인2는 inside-touch 이다.

체크리스트의 마지막 단계는 총 15개의 점검항목들로 구성되어 있다. 항공기가 지상이동을 시작한 단계이므로 외부점검 없이 모두 외부점검들로 구성되어 있으며 총 3개의 영향요인들로 구분되었다. 요인1은 inside-touch, 요인2는 inside-look 이고 요인3은 flight instrument 이다. 따라서 본 연구는 조종사 정상체크리스트와 휴먼에러의 사례연구를 위해 그림 1과 같은 개념적 연구 흐름도를 제시하였다.

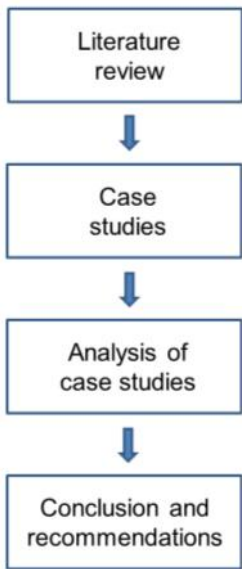


그림 1. 개념적 연구흐름도
Fig 1. Conceptual flow

3-2 탐색적 사례연구

연구 흐름도는 [21]의 탐색적 사례연구에서 제시한 개념적 연구모형과 [22] 및 [23]이 제시한 탐색적 사례연구 방법론을 참조하여 총 4단계 절차로 구성되어 있다. 첫 번째 단계는 이론적 고찰이며 두 번째 단계는 사례연구다. 사례연구 단계에서 연구자는 현상(phenomena)을 파악하고 현장조사(field work)를 수행하고 마지막으로 데이터를 수집(data collection) 한다. 세 번째 단계에서는 실증분석을 통해 가설을 검증한다. 마지막으로 네 번째 단계에서는 연구자가 고찰한 선행이론과 검증된 연구 가설들을 근거로 연구결과를 제시한다.

Kilic et al.은 연구대상이 된 지역 소비자들에 대한 사례연구를 통해 가구당 경제지표들과 식품소비 간 긍정적인 상관관계가 있음을 실증 분석하여 소비자 행동에 영향을 미치는 결정요인들을 제시한 바 있다[21]. Yin은 사례연구의 적용이라는 저서를 통해 탐색적 사례연구(exploratory case study)가 가장 잘 알려진 사례연구의 방법들 중 하나이며 현장조사와 데이터 수집이 선행 된 후 연구에 대한 최종 질문 즉, 연구 가설을 검증한다고 언급하였다[22]. 제3자에게 이러한 사례연구 절차가 다소 느리고 직관적으로 보일 수 있으나 사례를 통해 현상을 파악하고 이론을 검증할 수 있는 가장 입증된 절차라는 점을 강조하였다[24].

3-3 자료수집 절차 및 방법

자료 수집은 무안국제공항에서 훈련 중인 4년제 대학교 항공운항학과 학생들 및 사설 비행훈련(교육) 기관을 포함한 항공종사자 전문교육기관에 소속된 학생조종사들을 대상으로 random sampling 으로 인터뷰 후 설문지를 작성하게 하는 방법으로 하였다.

사례조사를 위해 학교 및 사설기관의 관계자 협조를 받아 학생조종사가 훈련 비행을 마친 후 자발적으로 참여하도록 요청하였다. 조사기간은 2018년 7월 2일부터 2018년 8월 25일까지 약 8주간 실시하였다. 관찰조사 대상이 된 학생조종사들은 총 60명 이었으며 비행시간 외에 이착륙횟수가 불충분하거나 정상 체크리스트 숙지훈련이 미진하다고 판단된 학생조종사들을 제외한 총 51부의 설문지를 회수할 수 있었다.

탐색적 사례연구의 측정도구라고 할 수 있는 설문지의 신뢰성은 크론바흐 알파(cronbach's alpha) 분석을 통해 확인하였다. 체크리스트 단계별 요인분석을 실시하였고, 이와 관련한 외적 타당성 검증은 탐색적 요인분석을 통해 확인하였다. 탐색적 요인분석을 통해 도출된 영향요인들은 단계 별로 휴먼에러(OE : 생략에러, CE : 실행에러, SE : 순서에러, TE : 시간에러 및 DE : 의사결정에러)와의 상관분석을 실시하여 연관성 여부를 분석하였다. 이를 위해 통계 패키지 소프트웨어는 IBM SPSS 21.0 version과 Amos 20.0 version을 사용하였다.

IV. 실증 분석

4-1 신뢰성 및 외적 타당성

본 연구는 연구기설의 검정에 앞서 설문지의 신뢰성과 외적 타당성을 확인하였다. 탐색적 요인분석을 실시하기 전 현장조사를 통해 수집한 데이터가 요인분석에 적합한지를 확인을 위해 표 1와 같이 cronbach's alpha, KMO (Kaiser-Myer-Olkin) 표본 적절성 지수 및 bartlett's 구형성 검정 통계량을 확인하였다.

첫째, 표 2와 같이 preflight inspection 단계에서 체크리스트 15개 구성항목들의 신뢰성을 나타내는 cronbach's alpha는 .955에서 .956 사이로 매우 높은 것으로 나타났다. KMO 지수는 .930, bartlett's 구형성 검정치는 691.881(p<.01)로 분석되어 자료가 탐색적 요인분석을 통해 요인을 추출하는 데 적합한 것으로 판단되었다. 고유값(eigen value)은 1.0 이상인 요인들을 추출하였는데, 요인분석 결과 구성항목 별 요인적재량은 최소 기준치인 .4를 모두 상회하고 있었으며 누적분산이 65.724%로 나타나 수용할 만한 설명력을 갖는 것으로 판단하였다

표 1. 정상 체크리스트 항목별 기술통계

Table 1. Descriptive statistics for normal checklist components

Pre-flight Inspection	Mean	Std. deviation	Before & after engine start	Mean	Std. deviation	Taxi &before takeoff/line up	Mean	Std. deviation
Required document	3.607	1.167	Seat adjust & lock	4.588	.804	Radios	4.666	.653
Circuit breaker	4.372	.937	Passenger briefing	3.607	1.386	Heading bug	4.392	.939
Fuel quantity	4.725	.634	Avionics power	4.686	.734	Flight instrument	4.647	.795
Fuel drain	4.686	.616	Strobe lights	4.666	.683	Flight controls	4.803	.490
Lights	4.588	.828	Doors & latches	4.823	.477	Engine parameters	4.705	.575
Pitot tube	4.588	.920	Propeller area	4.862	.448	Brake test	4.725	.634
Antennas	4.000	1.113	Brakes hold/set	4.764	.550	Annunciation	4.588	.828
Static port	4.431	.964	Ignition	4.862	.448	Takeoff briefing	4.058	1.173
Elevator	4.725	.634	Oil pressure	4.705	.672	Primary flight disp.	4.607	.801
Rudder	4.745	.594	Engine parameters	4.686	.706	Turn coordinator	4.372	.893
Aileron	4.705	.609	-	-	-	Magnetic compass	4.313	.948
Tire	4.313	.905	-	-	-	Landing light	4.823	.517
Propeller	4.333	.909	-	-	-	Fuel pump	4.803	.529
Spinner	4.000	1.148	-	-	-	Flap	4.843	.463
Engine oil	4.803	.490	-	-	-	Trim set for takeoff	4.823	.517
Checklist average	4.441	.831	Checklist average	4.625	.691	Checklist average	4.611	.717

표 2. Preflight inspection 탐색적 요인분석

Table 2. Exploratory factor analysis for preflight inspection

Factors	Items	Exploratory factor analysis					Goodness of fit
		Factor loading	Eigen value	Variance ratio (%)	Cumulative ratio(%)	Cronbach's alpha	
Outside Touch (OT)	Elevator	.954	7.848	52.322	52.322	.956	Kaiser-Myer-Olkin(KMO) .830 Bartlett's 691.881 p-value .000
	Rudder	.952					
	Aileron	.940					
	Fuel quantity	.899					
	Lights	.766					
	Engine oil	.738					
	Pitot tube	.670					
	Fuel drain	.634					
	Static port	.520					
Circuit breaker	.504						
Outside Look (OL)	Spinner	.850	2.010	13.402	65.724	.955	
	Propeller	.796					
	Required documents	.704					
	Tires	.670					
	Antennas	.631					

표 3. Before & after engine start 탐색적 요인분석

Table 3. Exploratory factor analysis for before and after engine start

Factors	Items	Exploratory factor analysis					
		Factor loading	Eigen value	Variance ratio (%)	Cumulative ratio(%)	Cronbach's alpha	Goodness of fit
Outside Look (OL)	Ignition	.926	5.752	57.723	57.523	.956	Kaiser-Myer-Olkin(KMO) .705 Bartlett's 449.460 p-value .000
	Doors : closed & latched	.925					
	Propeller area	.907					
	Brakes	.835					
	Engine parameters	.804					
Inside Touch (IT)	Strobe lights	.486	1.427	14.268	71.790	.956	
	Seats & seat belts	.790					
	Avionics power	.772					
	Passenger briefing	.735					
	Oil pressure	.602					

표 4. Taxi and before takeoff/line up 탐색적 요인분석

Table 4. Exploratory factor analysis for taxi and before takeoff/lineup

Factors	Items	Exploratory factor analysis					
		Factor loading	Eigen value	Variance ratio (%)	Cumulative ratio(%)	Cronbach's alpha	Goodness of fit
Inside Touch (IT)	Flap	.872	7.902	52.678	52.678	.957	Kaiser-Myer-Olkin(KMO) .672 Bartlett's 717.987 p-value .000
	Flight control	.836					
	Fuel pump	.836					
	Trim	.808					
	Landing light	.740					
Inside Look (IL)	Engine parameters	.740	1.785	11.899	54.577	.956	
	Turn coordinator	.817					
	Annunciation	.662					
	Brakes	.649					
Instrument (IST)	Takeoff briefing	.640	1.293	8.618	73.195	.956	
	Radios/avionics	.634					
	Primary flight display	.800					
	Heading bug	.795					
	Magnetic compass	.766					
	Flight instrument	.711					

둘째, 표 3과 같이 before & after engine start 단계에서 체크리스트 총 10개 구성항목들의 신뢰성을 나타내는 cronbach's alpha는 .956으로 매우 높은 수준으로 나타났다. KMO 지수는 .705, bartlett's 구형성 검정치는 449.460(p<.01)으로 분석되어 자료가 탐색적 요인분석을 통해 요인을 추출하는 데 적합한 것으로 판단되었다. 고유값 역시 1.0 이상인 요인들을 추출하였는데, 요인분석 결과 구성항목 별 요인적재량은 최소 기준치인 .4를 상회하는 .6 이상의 적재량이었으며 누적분산은 71.790%로 나타나 매우 높은 수준의 설명력을 갖는 것으로 판단하였다.

마지막으로 표 4와 같이 taxi and before takeoff/line up 단계에서 체크리스트를 구성하는 15개 항목들의 신뢰성을 나타내는 cronbach's alpha 계수는 .956에서 .957 사이로 나타나 매우 높은 수준으로 분석되었다. KMO 지수는 .672로 다소 낮았지만 bartlett's 구형성 검정치는 717.987(p<.01)로 99% 신뢰수준에서 매우 유의한 것으로 분석되어 자료가 탐색적 요인 분석을

통해 요인을 추출하는 데 무리 없는 것으로 파악되었다. 고유값 역시 1.0 이상인 요인들을 추출하였는데, 요인분석 결과 구성항목 별 요인적재량은 모두 .6 이상을 적재하고 있었으며 누적분산은 73.195%로 나타나 매우 높은 수준의 설명력을 갖는 것으로 판단하였다.

4-2 가설 검정

체크리스트 영향요인들과 조종사 휴면에러 간 상관분석을 수행하였다. 상관분석을 위해 피어슨 이변량 상관관계수(pearson bivariate correlation, ρ)를 사용하였다. 피어슨 상관관계수는 두 변수의 선형적 관계를 -1.0 ~ 1.0 사이로 표시한다. ρ가 ±1.0 이라면 두 변수는 완전상관을 의미하며 0은 서로 완전 무차별하게 독립되어 있음을 의미한다.

표 5. Preflight inspection 피어슨 상관분석

Table 5. Pearson correlation for preflight inspection

Preflight inspection		OT	OL	OE	CE	SE	TE	DE
OT	Pearson correlation	1	.000	-.005	.202	.135	.165	.127
	p-value	-	1.000	.971	.156	.347	.248	.375
OL	Pearson correlation	.000	1	.402**	.073	.003	.110	.070
	p-value	1.000	-	.003	.613	.983	.441	.624
OE	Pearson correlation	-.005	.402**	1	.525**	.505**	.437**	.000
	p-value	.971	.003	-	.000	.000	.001	.997
CE	Pearson correlation	.202	.073	.525**	1	.293*	.368**	.209
	p-value	.156	.613	.000	-	.037	.008	.141
SE	Pearson correlation	.135	.003	.505**	.293*	1	.504**	.274
	p-value	.347	.983	.000	.037	-	.000	.052
TE	Pearson correlation	.165	.110	.437**	.368**	.504**	1	.450
	p-value	.248	.441	.001	.008	.000	-	.001
DE	Pearson correlation	.127	.070	.000	.209	.274	.450**	1
	p-value	.375	.624	.997	.141	.052	.001	-

* = 95% 신뢰수준, ** = 99% 신뢰수준

표 6. Before & after engine start 피어슨 상관분석

Table 6. Pearson correlation for before & after engine start

Before & after engine start		OL	IT	OE	CE	SE	TE	DE
OL	Pearson correlation	1	.000	.148	.492**	.579**	.380**	.469
	p-value	-	1.000	.301	.000	.000	.006	.001
IT	Pearson correlation	.000	1	.555**	.268	.198	.130	.313
	p-value	1.000	-	.000	.057	.164	.361	.026
OE	Pearson correlation	.148	.555**	1	.415**	.462**	.299*	.254
	p-value	.301	.000	-	.002	.001	.033	.073
CE	Pearson correlation	.492**	.268	.415**	1	.611**	.685**	.750**
	p-value	.000	.057	.002	-	.000	.000	.000
SE	Pearson correlation	.579**	.198	.462**	.611**	1	.645**	.510**
	p-value	.000	.164	.001	.000	-	.000	.000
TE	Pearson correlation	.380**	.130	.299*	.685**	.645**	1	.661**
	p-value	.006	.361	.033	.000	.000	-	.000
DE	Pearson correlation	.469**	.313*	.254	.750**	.510**	.661**	1
	p-value	.001	.026	.073	.000	.000	.000	-

첫째, 조종사가 점검하는 정상 체크리스트의 첫 번째 단계인 preflight inspection을 구성하는 요인들(OT 및 OL)과 조종사 휴먼에러(OE : 생략에러, CE : 실행에러, SE : 순서에러, TE : 시간에러 및 DE : 의사결정 에러) 사이의 상관분석 결과는 표 5 와 같다. preflight inspection 체크리스트에서 OT 요인은 5 가지 휴먼에러들 중 어느 에러와도 아무런 유의한 상관관계가 없는 것으로 분석되었다. 하지만 OL 요인은 휴먼에러들 중 OE 만 99% 신뢰수준에서 유의한 긍정적 상관관계가 있는 것으로 분석되었다($p=.402, p<.01$). 즉, OL 점검절차를 완벽히 수행할 수록 OE를 범할 가능성은 낮아질 수 있음을 의미하는 것이다.

둘째, 정상 체크리스트의 두 번째 단계인 before & after engine start를 구성하는 요인들(OL 및 IT)과 조종사 휴먼에러 사이의 상관분석 결과는 표 6과 같다. before & after engine start 체크리스트에서 OL 요인은 5 가지 휴먼에러들 중 3 가지 휴먼에러들과 유의한 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. OL 과 CE의 상관계수는 .492($p<.01$)이었고 OL과 SE의 상관계수는

.579($p<.01$)이었으며 OL과 TE의 상관계수는 .380($p<.01$)으로 분석되었다. before & after engine start 체크리스트를 완벽히 점검할수록 휴먼에러들 중 실행에러, 순서에러 및 시간에러를 범할 가능성은 현저히 낮아질 수 있는 것이다. 반면에 IT의 경우 OE와 99% 신뢰수준에서 매우 유의한 상관관계를 갖고 있는 것($p=.555, p<.01$)으로 나타났다. 즉, 학생조종사가 before & after engine start 체크리스트를 완벽히 수행할수록 5 가지 휴먼에러들 중 총 4개의 휴먼에러(OE, CE, SE 및 TE)들이 감소할 수 있음이 파악되었다.

정상 체크리스트의 세 번째 단계인 taxi and before takeoff /line up을 구성하는 요인들과 조종사 휴먼에러사이의 상관분석 결과는 표 7과 같다. 마지막 단계에서의 조종사가 점검하는 정상 체크리스트 구성항목들은 항공기가 지상이동을 시작한 이후이기 때문에 모두 내부에서 점검하는 요인들(IT, IL 및 IST)로 구분되었다. IT 요인은 5 가지 휴먼에러들 중 3 가지 휴먼에러들과 유의한 상관관계가 있는 것으로 분석되었다.

표 7. Taxi and before takeoff/line up 피어슨 상관분석

Table 7. Pearson correlation for taxi and before takeoff/line up

Before & after engine start		IT	IL	IST	OE	CE	SE	TE	DE
IT	Pearson correlation	1	.000	.000	.371**	.311*	.441**	.560	.467
	p-value	-	1.000	1.000	.007	.026	.001	.000	.001
IL	Pearson correlation	.000	1	.000	.462**	.562**	.526**	.409	.373
	p-value	1.000	-	1.000	.001	.000	.000	.003	.007
IST	Pearson correlation	.000	.000	1	.107	.097	.324*	.161	.125
	p-value	1.000	1.000	-	.454	.498	.020	.260	.383
OE	Pearson correlation	.371**	.462**	.107	1	.521**	.569**	.648**	.440**
	p-value	.007	.001	.454	-	.000	.000	.000	.001
CE	Pearson correlation	.311*	.562**	.097	.521**	1	.688**	.574*	.427**
	p-value	.026	.000	.498	.000	-	.000	.000	.002
SE	Pearson correlation	.441**	.526**	.324*	.569**	.688**	1	.536**	.669**
	p-value	.001	.000	.020	.000	.000	-	.000	.000
TE	Pearson correlation	.560**	.409**	.161	.648**	.574**	.536**	1	.586**
	p-value	.000	.003	.260	.000	.000	.000	-	.000
DE	Pearson correlation	.467**	.373**	.125	.440**	.427**	.669**	.586**	1
	p-value	.001	.007	.383	.001	.002	.000	.000	-

IT와 OE는 .371(p<.01), IT와 CE는 .311 (p<.01) 그리고 IT와 SE는 .441(p<.01)로 나타났다.

다음으로 IL 요인은 IT 요인과 마찬가지로 5 가지 휴먼에러들 중 3 가지 휴먼에러들과 유의한 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. IL과 OE는 .462(p<.01), IL과 CE는 .562 (p<.01) 그리고 IL과 SE는 .441(p<.01)로 나타났다. taxi and before takeoff /line up 단계에서 IT 보다 IL 요인이 휴먼에러들과 상대적으로 더욱 강한 정(+)의 유의한 상관관계를 갖는 것으로 판단할 수 있었다. 마지막으로 IST 의 경우 휴먼에러들 중 유일하게 SE에 유의한 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 상관계수인 ρ는 .324(p<.05)로 분석되었으며 95% 신뢰수준에서 유의한 것으로 나타났다.

V. 결 론

5-1 연구의 요약

4장의 체크리스트와 휴먼에러의 상관분석 결과를 토대로 3 개의 연구 가설들을 검증한 결과는 표 8과 같다. 가설검정 결과 H-1의 경우 preflight inspection 체크리스트를 구성하는 2개의 요인들 중 OT는 조종사 휴먼에러를 감소함에 있어 5개 휴먼 에러들 중 어느 것보다 아무런 정(+)의 상관관계가 없는 것으로 분석되었다. OL 요인은 휴먼에러들 중 조종사의 OE를 줄일 수 있는 것으로 나타나 H-1의 가정을 충족하였다. 따라서 H-1은 부분 채택으로 결론내릴 수 있었다. H-2 가설검정 결과 H2를 구성하는 요인들 모두 휴먼에러와 유의한 정(+)의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 특히 before & after engine start 체크리스트를 구성하는 2개의 요인들은 5개의 조종사 휴먼에러들 중 4개를 유의한 수준에서 감소시킬 수 있는 것으로 파악되어 휴먼에러를 감소시키는 데 가장 유효한 점검단계인 것으로

파악되었다. 아울러 H-3 가설 검정 결과 taxi and before takeoff/line up 체크리스트를 구성하는 3개의 요인들은 조종사 휴먼에러들 중 3개를 유의한 수준에서 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 가설검정 결과 H-1의 경우 preflight inspection 체크리스트를 구성하는 2개의 요인들 중 OT는 조종사 휴먼에러를 감소함에 있어 5개 휴먼에러들 중 어느 것보다 아무런 정(+)의 상관관계가 없는 것으로 분석되었다. OL 요인은 휴먼에러들 중 조종사의 OE를 줄일 수 있는 것으로 나타나 H-1의 가정을 충족하였다. 따라서 H-1은 부분 채택으로 결론 내렸다.

H-2 가설검정 결과 H2를 구성하는 요인들 모두 휴먼에러와 유의한 정(+)의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 특히 before & after engine start 체크리스트를 구성하는 2개의 요인들은 5개의 조종사 휴먼에러들 중 4개를 유의한 수준에서 감소시킬 수 있는 것으로 파악되어 휴먼에러를 감소시키는 데 가장 유효한 점검단계인 것으로 파악되었다. 아울러 H-3 가설 검정 결과 taxi and before takeoff/line up 체크리스트를 구성하는 3개의 요인들은 조종사 휴먼에러들 중 3개를 유의한 수준에서 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

표 8. 가설 검정 결과의 요약

Table 8. Summary of hypothetical test

Hypothesis	Test result	Memo
H-1 : Factors of 'preflight inspection' checklist have a significant positive relationship to reduce pilot's human error	partially accept	only OL
H-2 : Factors of 'before & after engine start' checklist have a significant positive relationship to reduce pilot's human error	accept	
H-3 : Factors of 'taxi and before takeoff/ line up' checklist have a significant positive relationship to reduce pilot's human error	accept	

5-2 연구의 시사점

본 연구는 학생 조종사의 단계별 체크리스트 점검 및 휴면에 대해 인식에 대해 탐색적 사례조사를 수행하여 학생조종사를 대상으로 하는 체크리스트 훈련 개선 방안을 제시하고자 하였다. 이와 관련한 실무적 시사점을 제시하면 다음과 같다.

학생조종사들이 수행하는 정상 체크리스트 3단계 중에서 1 단계인 **preflight inspection** 이 휴면에러 감소에 아무런 상관관계가 없다는 사실을 밝혀냈다. 이러한 분석결과는 학생조종사들이 **preflight inspection** 체크리스트를 제대로 숙지하고 있지 못하거나 전문교육기관들이 수행하는 **preflight inspection** 체크리스트 훈련과정이 교관의 기대만큼 효율적이지 않음을 반증한다고 할 수 있을 것이다. 따라서 학생조종사의 **preflight inspection** 체크리스트 점검이 휴면에러를 감소시키는 데 영향을 미칠 수 있도록 하는 방안을 강구해야 한다.

첫째, 학생조종사들이 수행하는 **preflight inspection** 체크리스트 점검항목들을 재검비할 필요가 있을 것이다. 점검항목이 너무 많아서 학생들이 혼란스러워 하거나 숙지가 충분히 이루어지지 않았을 가능성이 있다. 이를 방지하기 위해 고도로 숙련된 교관 조종사, 현직에 근무하는 운송용 조종사 또는 항공 관련 전문가들이 협의를 통해 학생조종사가 효율적으로 숙지할 수 있는 체크리스트 항목 개발 또는 조정해야 한다.

둘째, 학생조종사들이 **preflight inspection** 체크리스트 점검을 수행함에 있어 기체에 대한 외부점검을 효율적으로 수행하도록 기체구조 또는 동력계통에 대한 전문지식 강화가 필요할 것이다. 이를 위해 항공종사자 전문교육기관에서는 운항실습 또는 모의비행에만 주안점을 둘 것이 아니라 기체 외부점검의 효율성을 높이기 위한 기체구조에 대한 학습훈련 시간을 증가하는 방안을 모색해야 한다.

셋째, 비행 시마다 조종사뿐만 아니라 해당 비행기의 정비 담당자가 외부점검을 실시하여 더블체크를 하는 재확인 절차를 통하여 안전을 증진시킬 필요가 있다. 조종사는 항공 안전법에 명시된바와 같이 비행 전 항공기 외부점검을 필수적으로 실시하게 되어있다. 그러나 본 연구의 결과에 따르면, 조종사들의 체크리스트 절차 중 외부점검 수행에 가장 취약한 부분임을 나타내고 있다. 이를 항공종사자 전문교육기관, 항공사용사업체, 항공운송사업 등에서 이미 내규화하여 실시를 하고 있는 기관 및 업체도 존재하겠지만, 조종사들의 휴면에러가 감소될 수 있도록 이를 법규화 및 규정화 시켜야 할 것이다.

체크리스트 점검 방법에는 외부 또는 내부의 **look**(시각을 사용하여 체크리스트 점검 방법)과 **touch**(시각과 촉감을 사용하여 체크리스트 점검 방법)로 분류되어진다. 이를 최소한 학생 조종사 또는 훈련 조종사가 사용하는 체크리스트 상에 명시가 되게 하여 확실한 점검을 수행되도록 해야 한다. 만약 조종사가 **touch**를 통한 완벽한 점검을 실시하여야 하나, 이를 인지하지 못하거나 시간압박으로 인하여 **look**만 하게 된다면 이는 체크리스트의 소홀한 수행으로 안전에 위협이 되는 요소로 발전할 수도 있다. 따라서 항공종사자를 양성하는 전문교육기관 및 각

업체의 훈련 조종사에게라도 세부적 내용을 포함하고 있는 체크리스트를 제공하여 체크리스트 수행에 안전을 기하여 할 것이다.

References

- [1] D. H. Kim and S. B. Hong, "Development of integrated data management prototype system for aviation accident and incident investigation," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 22, No. 3, pp. 198-204, June, 2018.
- [2] W. K. Lee, "A study of checklist/procedure related human error," *Korea Journal of Aerospace Environmental Medicine*, Vol. 20, No. 3, pp. 63-68, January. 2011.
- [3] S. Shappel and D. A. Weigmann, Developing a methodology for assessing safety programs targeting human error in aviation, Federal Aviation Administration, Washing, DC, DOT/FAA/AM-06/24, 2006.
- [4] R. K Dismukes, "Threat, Stress and Pilot Performance", *Soaring*, Vol. 79, No. 11, pp.38-40, 2015.
- [5] United States Department of Transportation, Federal Aviation Administration Airman Testing Standards Branch, Pilot's handbook of aeronautical knowledge, United States Department of Transportation, Federal Aviation Administration Airman Testing Standards Branch, Federal Aviation Administration, FAA-H-8083-25A, pp. G-6, 2016.
- [6] Federal Aviation Administration, Chapter 32 manual, procedures and checklist For 14 Code of Flight Regulation (CFR) Part 91K, 121, 125, and 135, Federal Aviation Administration, pp. 1-5, 2016.
- [7] Cirrus Aircraft, The flight operation manual perspective avionics, Cirrus Aircraft, Duluth, MN, pp. 40-41, 2016.
- [8] Federal Aviation Administration, Operation information required, Federal Aviation Administration, Code of Flight Regulation (CRF) 14 Section 91.1033, 2018.
- [9] United States Department of Transportation, Federal Aviation Administration Airman Testing Standards Branch, Airplane flying handbook, Federal Aviation Administration, FAA-H -8083-3B, pp. 1-14, 2016.
- [10] International Civil Aviation Organization, Annex 6 : Manual of procedures for operations inspection, certification and continued surveillance, International Civil Aviation Organization, ICAO Doc. 8335, pp. 3.4.1, 2010.
- [11] International Civil Aviation Organization(ICAO), Use of Checklist, International Civil Aviation Organization, ICAO Doc. 9376, pp. 8.6.4, 1997.

[12] International Civil Aviation Organization, Example from an operator's guidance on the preparation of a cockpit checklist, International Civil Aviation Organization, ICAO Document 9376 Attachment C to Chapter 8, 1997.

[13] P. Foley, and N. Moray, *Handbook of Human Factors*, G. Salvendy ed. New York, NY: John Wiley & Sons, 1987.

[14] National Transportation Safety Board, Delta Air Lines, B727-232, N473DA Dallas-Fort Worth International Airport, Texas. August 31, 1988, NTSB, Washington DC, US, Aircraft Accident Report, NTSB-AAR-89/04), 1989.

[15] E. Wiener, and D. Nagel, *Human Factors in Aviation*, 1st ed. Los Angeles, CA: Academic Press, 1988.

[16] H. P. R. Smith, A simulator study of the interaction of pilot workload with errors, vigilance, and decisions, NASA, Moffett Field, CA, NASA Technical Memorandum 78482, pp. 9-21, 1979.

[17] Aviation Safety Reporting System(ASRS), Air carrier flight crew fatigue reports, Ames research center of NASA, ACN:1523764, 2010.

[18] Aviation Safety Reporting System(ASRS), Erroneous flap setting ; checklist use, Aviation Safety Reporting System, Special Request No. 1503, 1989.

[19] Korea Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), Aviation policy division, flight safety regulations for aeroplane, Aviation policy division of MOLIT, pp. 8-143, 2017.

[20] W. P. Monan, Distraction-A human factor in air carrier hazard events, NASA, Moffett Field, CA, NASA Technical Memorandum 78608, pp. 2-23, 1979.

[21] O. Kilic, O. Gunduz, G. Aydin and I. Alkan, "Determination of consumer behavior in tomato and pepper paste consumption: A Case study from Samsun province, Turkey," *International Journal of Social and Economics Sciences* , Vol. 1, No. 1, pp. 119-123. 2011.

[22] R. K. Yin, *Applications of Case Study Research : Design and Methods, Applied Social Research Methods Series*, 3rd ed. Thousand Oaks, CA: Sage publication Inc., 2003.

[23] H. Hanif, M. B. Khurshid, S. M. Lindhard and Z. Aslam, "Impact of variation orders on time and cost in mega hydropower projects of Pakistan," *Journal of Construction in Developing Countries*, Vol. 21. No. 2., pp.37-53, 2016.

[24] R. T. Ogawa and B. Malen, "Towards rigor in reviews of multivocal literatures: applying the exploratory case study method," *Review of Educational Research*, Vol. 61, No. 3, pp. 265-286, 1991.



이근영 (Geun-Young Lee)

2013년 8월 : 한국항공대학교 항공경영학과 (경영학박사)
 2015년 9월 ~ 현재 : 한국교통대학교 항공운항학과 조교수
 ※관심분야 : 항공안전, 항공정책, 항공기엔진, 기체구조



손병욱 (Byung-Wook Sonh)

2017년 2월 : 한국교통대학교 항공운항학과 (경영학사)
 2017년 7월 ~ 현재 : 한국교통대학교 비행훈련원 비행교관
 2017년 9월 ~ 현재 : 한국교통대학교 항공경영학과 재학생
 ※관심분야 : 항공운항, 항행안전시설, 기체구조



박성식 (Sung-Sik Park)

2003년 12월 : 미국 일리노이 주립대학교 회계학과 (회계학석사)
 2014년 2월 : 한국항공대학교 항공경영학과 (경영학박사)
 2014년 3월 ~ 현재 : 한국교통대학교 항공운항학과 부교수
 ※관심분야 : 항행안전시설, 항공운항, 운항안전