2020 현대사진영상학회 논문집 VOL.23-2

The Society of Modern Photography & Video

www.kci.go.kr

www.kci.go.kr

005 김민관

명화를 활용한 광고사진의 국내사례 연구

The Case Study of Art Infusion on The Domestic Advertising

019 박평종

사진과 인공지능 : 기술 이미지의 진화

Photography and artificial intelligence: evolution of technical image

037 정재한

드론영상의 3D맵핑 화질개선에 관한 연구: 롤링셔터의 왜곡보정에 대한 이론적 고찰

A Study on the Improvement of 3D Mapping Image Quality by Drone
: A Theoretical Consideration for Distortion Correction of Rolling Shutters

051 유미, 양종훈, 이상은

생태사진의 인터렉티브 의미 실현 방식에 대한 분석
: CIWEM 환경사진 공모전 수상작(2009-2019)을 중심으로

Interpretation of implementing methodology of interactive meaning on ecological photos
: Focused on the nominated art-pieces in EPOY from 2009 to 2019

073 오진영, 김창주

'다수-시점' 사진 표현에 관한 연구: 윤창수 《주인공 프로젝트》 작품 중심으로

Research on the photographic expression of MULTIPLE-VIEWPOINTS
: Focusing on the work of 《STAR PROJECT》

091 조미연, 주종우

소형 무인멀티콥터의 위험성과 조종자격

Risk and Operational Qualification of Small Unmanned Multicopter

www.kci.go.kr

www.kci.go.kr

2020 현대사진영상학회 논문집

소형 무인멀티콥터의 위험성과 조종자격

Risk and Operational Qualification of Small Unmanned Multicopter

조 미 연 * Mi-yeon Cho
주 종 우 ** Jong-woo Joo

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구목적
2. 연구방법 및 연구흐름
3. 이론적 배경

Ⅱ. 무인비행장치 중량에 따른 조종 자격제도
1. 국내 조종자격제도
2. 국외 조종자격제도
3. 국내외 조종자격제도 비교

Ⅲ. 무인멀티콥터 자격 제도의 안전성 연구
1. 무인멀티콥터
2. 국내외 사고사례
3. 무인멀티콥터 위험성 실험

Ⅳ. 결론

참고문헌

* 제1저자, 중앙대학교 뉴미디어아트대학원,chodiva@hanmail.net
** 교신저자, 중앙대학교 공연예술창작학부 사진전공 조교수, 뉴미디어아트대학원 학과장,
jw4150@cau.ac.kr

www.kci.go.kr

Abstract

Equipped with a camera mounted on a drone, it can be sent to remote or dangerous places where people cannot go directly, so it expands the human senses such as environmental pollution, security, surveillance, and control, and shooting, racing, etc. far, high, and wide, and much more. It is safe, efficient and can bring great satisfaction. Currently, the domestic pilot qualification system is classified based on weight and use, so it can be operated without non-business use and no pilot qualification of 12 kg or less. However, training on safety and flight before operation, such as collision and crash during operation, battery explosion, etc., is mandatory. Because of this, accidents that cause damage to people and property are continuing. A collision experiment was conducted with a skinless, skinless triplet of a pig similar to that of a human and a propeller mounted on a gas of 250g~14.9kg, and the danger of a small drone of 12kg or less that could be operated without obtaining a pilot qualification was confirmed. In order to utilize drones in various fields, if drones are operated based on the legal classification of maneuvering qualifications, flight training before operation, and experimental data on possible accidents, drones can safely enter into our lives and save valuable lives and property. You will be able to prevent the damage.

key word : Small Drones Risk, Drone pilot qualification system, Propeller Collision Experiment

Risk and Operational Qualification of Small Unmanned Multicopter

Mi-yeon Cho
New Media Art, Master program, Chung-Ang University

Jong-woo Joo
Assistant Professor
Performing Arts and Media, Photography major, Chung-Ang University

www.kci.go.kr

Ⅰ. 서론

1. 연구목적

항공안전법 제125조[1]는 초경량비행장치의 조종을 위하여 발급하는 증명을 받아야하고, 시행규칙 제306조[2]는 사용사업에 사용되는 12kg초과 무인비행장치라고 되어있다.'드론'이라 널리 불리는'무인멀티콥터'는 항공안전법 초경량비행장치 분류 중에서 무인동력비행장치[3]로 분류되며 자체중량 150kg이하이다. 위의 두 조항을 정리하면, 레저용 자체중량 150kg이하와 사업용 자체중량 12kg이하의 무인멀티콥터는 남녀노소 누구나 기체를 운용할 수 있고, 사용사업용 자체중량 12kg초과 무인멀티콥터는 조종자 자격을 취득하여야 한다.

처음 드론에 입문할 때, 100kg가 넘는 대형드론은 크기의 위압감, 운용과 위험에 대한 심리적 부담감으로 250g 전후의 소형드론을 주로 선택한다. 그런데 250g 전후의 드론은 단지 크기가 소형이고 무게가 가볍기 때문에 대형드론보다 운용이 용이하고 덜 위험한지에 대한 의문이 생겼다. 또한 중량의 제한이 없는 레저용 소형드론과 사업용 자체중량 12kg이하 드론은 조종자격 취득이 의무가 아니기에 드론 운용교육과 안전교육도 개인 재량이지만, 운용의 미숙, 기체의 오작동, 급작스런 기상변화, 신호 끊김 등 다양한 원인으로 드론은 추락하여 잃어버리거나 나무에 걸리거나 타인의 재산에 손해를 끼칠 수도 있고 사람의 생명까지 위협하는 사고로 이어질 수 있다.

이러한 사고의 위험을 종식시키고자 국토교통부(http://www.molit.go.kr)는 성능과 위험도를 기준으로 드론을 4가지 단계로 분류하여 관리를 하도록 하는 내용으로「항공안전법 시행령」및「항공안전법 시행규칙」개정안을 2020년 2월 19일 입법예고 하였다. 개정안은 2021년 1월1일부터 시행되며, 개정안[4] 에는 250g초과 기체부터 온라인교육을 받아야 조종자격을 취득할 수 있다는 조항이 신설됨으로써 드론으로 인한 사고 피해가 감소하기를 바래본

---

1) 항공안전법 제125조'해당 초경량비행장치별 자격기준 및 시험의 절차·방법에 따라 해당 초경량비행장치의 조종을 위하여 발급하는 증명을 받아야 한다.'

2) 항공안전법 시행규칙 제306조'초경량비행장치 사용사업에 사용되는 12kg초과 무인비행장치, 다만 다음의 어느 하나에 해당되는 것은 제외한다. 무인비행기, 무인헬리콥터 또는 무인멀티콥터 중에서 연료의 중량을 제외한 자체중량이 12kg 이하인 것'

3) 항공안전법 시행규칙 제5조.5 무인동력비행장치: 연료의 중량을 제외한 자체중량이 150킬로그램 이하인 무인비행기, 무인헬리콥터 또는 무인멀티콥터

4) 항공안전법 제306조(초경량비행장치의 조종자 증명 등)

④ 제3항에 따른 초경량비행장치 조종자 증명 규정 중 제1항제4호가목에 따른 무인동력비행장치에 대한 자격기준, 시험실시 방법 및 절차 등은 다음 각 호의 구분에 따른 무인동력비행장치별로 구분하여 달리 정해야 한다. <신설 2020. 5. 27.>

1. 1종 무인동력비행장치: 최대이륙중량이 25킬로그램을 초과하고 연료의 중량을 제외한 자체중량이 150킬로그램 이하인 무인동력비행장치

2. 2종 무인동력비행장치: 최대이륙중량이 7킬로그램을 초과하고 25킬로그램 이하인 무인동력비행장치

3. 3종 무인동력비행장치: 최대이륙중량이 2킬로그램을 초과하고 7킬로그램 이하인 무인동력비행장치

4. 4종 무인동력비행장치: 최대이륙중량이 250그램을 초과하고 2킬로그램 이하인 무인동력비행장치)

www.kci.go.kr

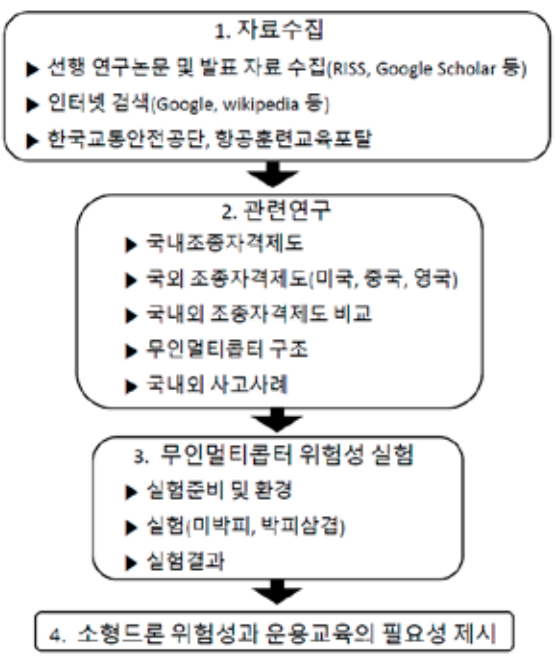
다.

본 연구는 현재 사용사업용 자체중량 12kg초과 기체로 국한되어 있는 현재 조종자격 제도가, 조종자의 조종과 안전교육이 이루어지지 않음으로 빈번하게 발생되고 있는 운용의 위험성, 인명, 재산피해 사고를 감소시키고 안전한 비행을 위해서는 자격 취득 기체의 기준을 하향시켜야한다는 것을 인지하며, 간과되고 있는 12kg이하 기체의 위험도를 알리고자 레져용과 산업용 프로펠러와 돼지피부의 충돌 실험으로 연구하고자 한다.

2. 연구방법 및 연구흐름

드론을 운용하는 목적은 다양한 영리 목적인 산업용과 즐거움을 주는 레져용으로 크게 분류되는데, 드론을 조종할 때 가장 중요한 안전의 문제를 가볍게 넘길 수 없고 실제로 국내외에서 드론 운용 중에 사고들이 빈번하게 발생하고 있다.

국내외의 초경량비행장치 조종자격 취득 교육과 자격분류 기준에 대한 관련 논문들과 미국, 중국, 영국의 초경량비행장치 자격제도에 관한 해당 국가 사이트에서 정보들을 수집하여 조종자 자격제도를 연구한다. 그리고 국내 조종자 자격 취득 기준인'사업용과 자체중량 12kg초과 기체'에만 조종교육과 조종자격이 필요하고 그 이하의 기체는 안전교육과 조종자격 취득이 불필요하며 과연 운용의 위험성은 없는지 연구하려 한다. 조종자격 취득에 언급되는 기체의 자체중량은 MainFrame(메인프레임), Skid(스키드), Arm(암), Moter(모터), Propeller(프로펠러) 등의 부품들과 배터리의 무게가 포함된 중량이며, 중량과 기체 종류에 따라 양력발생에 적합한 모터와 프로펠러가 달라진다. 연구진행은 레져용과 산업용에서 사용되는 기체의 프로펠러와 사람과 부딪혔을 때를 가정하고 사람에게 어느 정도의 상처와 충격을 입힐 수 있는지, 사람의 피부와 비슷한 돼지고기로 실험하여, 조종자격과 안전교육의 의무가 없는 레져용 소형 드론도 위험하다는 것을 연구한다. <그림1>



<그림1>연구순서도

www.kci.go.kr

3. 이론적 배경

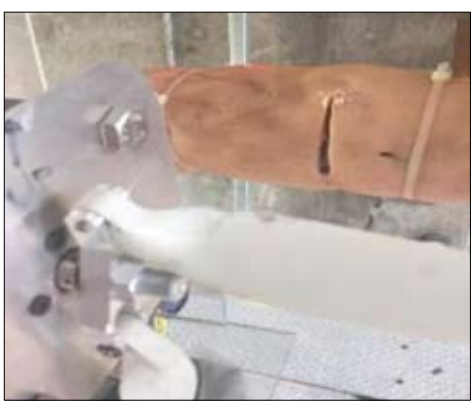
권중근(2019)은 <드론 활용분야 성장에 따른 전문 인력 양성 개선방안 연구>에서 드론 활용분야와 국내외 자격제도의 연계성에 대한 문제점 분석, 활용분야에 필요한 자격인원 확보를 위한 자격관련 제도 신설 및 강화를 연구하였다. 공세영(2019)은 <초경량비행장치 교육훈련 체계에 대한 연구>는 비사업용 기체자격신설, 항공안전 과목 추가, 고정익 자격 신설, 지도조종자 실기평가 등 강화를 연구하였다. 소명호(2017)은 <드론 비행사고의 시각적 분석을 위한 도구>는 항공기의 블랙박스인 로그데이터를 연구하여 사고발생의 원인을 분석할 수 있는 있는 도구 연구로, 사고를 미연에 방지할 수 있는 시스템 개발에 대한 연구를 하였다.

기존의 학위 논문들을 살펴보면 자체중량 12kg 초과 사업용 기체를 운용할 경우에만 조종자격증명이 필요한 현재 국내의 조종자 자격제도와 국외 조종자 자격제도를 비교하는 연구와 지도조종자, 실기평가조종자의 시험제도 등, 분석에 대한 연구들이 다수를 이루고 있다. 가장 많이 연구한 내용은 조종자의 관리와 연속성 있는 자격연수, 자격 갱신과 더불어 현 제도의 안전성에 대한 의문을 갖으며, 자격제도의 신설과 강화의 필요성, 추가교육에 대한 제안을 하였다. 국내 논문에서는 실험보다 드론을 운용하는 안전에 대한 우려와 조종자 격제도 분석과 미비점 강화, 갱신과 연수 등에 대한 제안이 주를 이루었다.

2017년 FAA미국연방항공청[5]에서 사람과 드론이 충돌하였을 경우 발생할 수 있는 충돌부위, 충격, 상해, 덜 위험한 프로펠러 등 다양한 실험을 진행한 보고서에 따르면, DJI 팬텀 3 모터에 스톡 플라스틱, 탄소강화 플라스틱, 탄소 섬유의 프로펠러를 장착하여, 드론 프로펠러와 사람이 충돌 시 프로펠러 안전가드의 필요성에 대한 피부열상 실험으로 피부손상 정도를 확인하기 위하여 인공피부로 실험을 하였고,<그림2,3> 이 실험의 결과는 프로펠러에 안전가드가 장착되어 있더라도 3.5ft/s(1.07m/s)이상의 속도로 드론과 사람이 충돌한다면, 안전가드가 장착되어있지 않은 드론과 충돌한 실험과 동일하게 인공피부에 열상이 발생한다고 하였다.



<그림2>Laceration Testing Setup



<그림3>Example of Deep Laceration from Propeller Strike

5) http://www.assureuas.org

www.kci.go.kr

이 실험은 프로펠러 가드의 역할에 초점을 맞춘 실험으로 인공피부가 적합한 실험 대상이였으나, 기존의 논문들이 제기한 분석과 개선에 대한 연구들을 참고로 하여, 조종교육과 조종자 자격이 간과되고 있는 자체중량 12kg이하 기체의 위험에 대한 상해정도를 실험하기 위하여 본인은 돼지의 피부와 피하층을 사용하여 연구하려고 한다.

Ⅱ. 무인비행장치 중량에 따른 조종 자격제도

산업분야에서 드론은 다양하게 활용될 수 있는데, 석유·가스 회사들은 파이프라인, 석유 굴착기, 가스 플레어를 감시할 수 있고, 유틸리티 회사들은 전기와 타워를 점검할 수 있으며, 기술자들은 교량과 건물의 손상 여부를 검사하고 토지를 조사하기 위하여 드론을 사용할 수 있다. 또한 불법 밀렵꾼들을 추적함으로써 멸종 위기에 처한 종들을 보호할 수 있고, 발굴 현장 지도와 추적 장비를 통해 채굴과 건설에 도움을 줄 수 있으며, 부동산업계에서는 유리한 고지를 촬영하여 고객에게 정확한 정보를 제공할 수 있고, 영화, 뉴스나 스포츠 방송사 제작에서도 드론은 안전, 휴대성, 비용면에서도 최선의 대안이 될 수 있다. 농업부문에서 드론은 농지의 조감도를 제공하여 농작물의 현재 생육상태를 진단하고, 비료를 주거나 해충을 퇴치할 수 있고, 교통이 불편한 외딴 지역까지 약과 다른 필수품들을 전달할 수 있다.
다양하게 활용될 수 있는 분야가 넓은 만큼 드론의 기술 개발도 이루어져야하고 배터리의 사용시간 과제가 남아있긴 하지만, 미래에 대한 투자가치와 발전 가능성에 드론 조종자격 취득의 붐은 빠르게 확산되었다. 이에 국내의 조종자격제도와 국외의 조종자격제도를 알아보고 비교해 본다.

1. 국내 조종자격제도

국내 초경량비행장치 드론 조종자격은 국토교통부 산하 한국교통안전공단에서 시험을 주관하고 자격증을 발급하며, 조종자 자격교육은 국토교통부에서 인가받은 전문교육기관과 사용사업을 받은 사설교육기관에서 진행한다.<그림4> 전문교육기관은 학과교육 20시간, 모의비행교육 20시간, 실기비행교육 20시간 교육하고 학과평가는 자체적으로 실시하며, 실기평가는 매월 한 번씩 한국교통공단에서 위촉한 실기평가위원이 방문하여 평가를 실시한다. 사용사업인 사설교육기관은 모의비행교육 20시간, 실기비행교육 20시간을 교육하고 한국교통안전공단에서 시행하는 상시 시험장[6]으로 응시생과 실기평가위원이 이동하여 실기평가를 실기한다.

6) 경기 안양, 충북 보은, 충남 청양, 강원 영월, 경북 영천, 경남 김해, 경남 사천, 전북 전주, 전남 순천, 전남 장흥

www.kci.go.kr



<그림4>전문교육기관과 사용사업 기관 현황(2019.11)한국교통안전공단

드론 조종자격의 정식 명칭은 '초경량비행장치 무인멀티콥터 조종자증명'으로, 만14세 이상, 제2종 보통 이상의 운전면허증 또는 제2종 보통 이상의 운전면허 발급받는데 필요한 신체검사증명서, 학과평가 합격, 무인멀티콥터 비행경력 20시간 증명서를 한국교통공단에 제출하여 응시자격 부여를 받은 자만이 실기평가에 응시할 수 있다.

학과평가는 비행운용 및 이론, 항공역학, 항공기상, 항공법규 4과목을 평가하고 평가기준은 객관식 40문항 70점 이상이며, 실기평가는 비행 전 절차, 이륙 및 공중 조작[7], 착륙조작[8], 비행 후 점검, 구술평가[9]로 평가하며, 무인멀티콥터 실기시험 평가 기준서에 따라 모든 항목에 S(Satisfaction)등급을 받아야 합격이다.

민간자격이었던 무인비행장치 조종자격은 2013년 국가자격으로 제도가 도입된 이후 정부차원의 적극 지원과 산업분야의 활용 가능성의 범위가 넓어짐에 따라 빠르게 확산되어 한국교통안전공단이 집계에 의하면, 현재 2019년까지 3만 여명이 무인멀티콥터 조종자격을 취득하였다.<그림5>

초경량비행장치 조종자 증명 취득현황

(단위 : 명)

기간	동력비행장치	회전익비행장치	유인자유기구	동력패러글라이더	무인비행기	무인멀티콥터	무인비행선	인력활공기(패러글라이더)	인력활공기(행글라이더)	낙하산류	무인헬리콥터	계
2004	303	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	370
2005	243	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	249
2006	120	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130
2007	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104
2008	249	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250
2009	185	-	48	147	-	-	-	-	-	-	-	380
2010	46	-	3	73	-	-	-	-	-	-	-	122
2011	27	-	2	9	-	-	-	-	-	-	-	38
2012	8	-	16	15	-	-	-	-	-	-	-	39
2013	3	-	1	22	52	-	12	-	-	-	-	90
2014	2	-	2	7	9	606	9	-	-	-	606	1,241
2015	1	-	10	17	-	205	4	493	1	-	205	936
2016	1	-	4	23	-	454	-	48	2	13	454	999
2017	-	-	7	12	-	2,872	-	13	-	2	401	3,307
2018	2	-	4	11	6	11,291	7	18	-	6	95	11,440
2019	1	-	3	6	14	14,709	30	10	-	1	70	14,843
합계	1,444	15	109	342	81	30,136	62	582	3	22	1,891	34,678

<그림5>초경량비행장치조종자자격증취득현황, TS한국교통안전공단

2. 국외 조종자격제도

7) 이륙비행, 정지비행, 전진 및 후진 비행, 삼각비행, 원주비행, 비상조작

8) 정상접근 및 착륙, 측풍접근 및 착륙

9) 기체에 관련한 사항, 조종자에 관련한 사항, 공역 및 비행장에 관련한 사항, 일반지식 및 비상절차, 이륙 중 엔진 고장 및 이륙 포기

www.kci.go.kr

1) 미국

미국연방항공청(Federal Aviation Administration. FAA)에 따르면, 소형 무인비행장치(small Unmanned Aerial Vehicles. sUAV) 조종사에 대한 자격관리를 수행하고 있고, 2016년 8월 29일부터 발효된 연방항공규칙 107장에서 동 규칙의 적용대상 0.55pounds(250g)~55Ib(25kg)의 소형 무인 비행장치를 운용하는 13세 이상의 미국 시민 또는 법적 영주권자는 FAA에 $3 등록비용을 지불하고 기체를 의무적으로 등록하여야 운용할 수 있고 등록은 3년간 유효하다.

250g~25kg 미만의 사업용 드론은 FAA 조종 자격증명이 필요하다. 자격요건은 영어로 읽기, 말하기, 쓰기, 이해하기를 할 수 있는 만 16세 이상이고, 시험은 2시간동안 3지선다(A,B,C) 60문제로 필기시험만 시행하고 70%이상이 합격이다. 불합격 시에는 14일 간 재응시가 불가하며, 응시 비용은 $150이고 운용 시에는 $500~800의 책임보험에 가입해야한다.

시험 과목은 무인항공기(UAS) 비행등급 제한과 비행운항 관련 규정, 항공기 분류 및 운영 요구 사항과 무인항공기 운영에 영향을 미치는 비행제한, 무인항공기 성능에 영향을 주는 기상 정보, 무인항공기 적재 및 성능, 비상절차, 승무원 자원관리, 무선통신절차, 무인항공기 성능 결정, 약물 및 알코올의 생리적 영향, 항공의사결정 및 판단, 공항 운영, 유지보수 및 자유비행 검사 절차이다.

시험에 합격한 후, 교통안전국(Transportation Security Administration; TSA)에서 신청자의 보안 심사(background test)가 완료되면 자격증이 발급되고, 자격 취득 후 비행자격(Certificate)을 유지하기 위해서는 2년마다 자격부여 재시험을 보고 갱신하여야 자격을 유지할 수 있다.

<표1>FAA Part 107 시험과목

UAS Topics(시험 과목)	Percentage of Items on Test (평가비중)
Regulations(법규정)	15-25%
Airspace & Requirements (비행공역 및 요구조건)	15-25%
Weather(항공기상)	11—16%
Loading and Performance(성능)	7-11%
Operations(비행운용 및 비상절차)	35-45%
Total number of Questions(자격시험 문항 수)	60

2) 중국

2013년 중국민용항공국(中國民用航空局)은 무인기 조종자의 자격 조건 및 관리문제를 규율하는'민용무인기조종자관리임시규정(民用无人机駕駛員管理暫行規定)'을 발표, 2016년 6월 개정 발효 중이다. 민용무인기 조종자는 무게 기준에 의한 분류 등급에 따라 면허증, 합격증, 등급, 훈련, 시험, 검사 및 항공경력 등의 부분에 관한 요건에 부합하여야하며, 2017년 6월 안전사고 발생 및 배상 관련한 현실 문제가 대두되자, 최대이륙중량 250g 이상의 민용

www.kci.go.kr

무인기 소유자는 실명등록을 의무화하도록 하였다

민용무인기 조종자는 만16세 이상 응시가능하고, 무인비행장치 무게, 가시권, 비가시권에 따라 비행경력, 실기시험의 응시, 수료기준이 다르며, 자체중량 4kg을 초과하거나 최대이륙중량 7kg을 초과하는 비사업용은 조종자 자격증명을 받아야한다. 분류는 9등급으로 세분화하였으며, 등급 1~2는 조종자격은 불필요하나 필요시에는 무인기 클라우드시스템에 등록하여야하고, 비가시권에서 운행할 경우에는 조종자격을 필요로 한다.

초경량비행장치 전용공역에서 운행하는 무인기와 비행공역에서 운행하는 분류등급 Ⅲ~Ⅶ (3~7)에 해당하는 무인기는 무인기조종자협회에서 검증 및 시험을 마친 뒤 자격증을 발급해주며, 융합공역에서 운용 가능한 추가로 규정하고 있는 분류 XI~XII(8~9)에 해당하는 무인기는 국가자격제도에서 관리하도록 정하고 있다.

가시권 자격제도는 44시간 비행경력과 GPS 모드 8자 비행을 실기테스트 하고, 비가시권 자격제도는 항공교통관제(4시간), 비행경로계획(4시간), 무인비행장치 시스템 점검(4시간)이 추가된 56시간 비행경력과 Atti 모드로 8자 비행을 실기테스트 한다.

민용무인기 조종 자격은 2년 주기 갱신이 필요하며, 자격 만료 3개월 전 신청 하면 실기시험을 실시하고, 자격이 만료된 경우 필기 및 실기시험을 다시 통과해야 자격을 받을 수 있다.

분류 5등급 농업용무인기의 운용 작업 책임자는 민용 무인기 조종자 자격증 혹은 이에 준하는 자격증을 소지한 자여야 하며 ① 작업 구역의 방문 조사 등 시작 전 절차들 ② 독성 약물 및 용기 처리 지식 ③ 독성 물질이 동식물 및 인체에 미치는 영향 및 작용, 노출 시 응급 처치 ④ 운용하는 무인기의 비행 성능 ⑥ 작업 순서 및 기술에 대한 교육을 받고 경험이 있어야 한다.

<표2>중국 민용무인기 조종자격요건

<table>
<tr><th>등급</th><th>자체중량(kg)</th><th>최대이륙중량(kg)</th><th>자격요건</th></tr>
<tr><td>Ⅰ</td><td colspan="2">0<W<1.5이하</td><td rowspan="2">-조종자자격불필요
-필요 시 무인기 클라우드시스템
(无人机云系统) 등록</td></tr>
<tr><td>Ⅱ</td><td>1.5초과<W<4이하</td><td>1.5초과<W<7이하</td></tr>
<tr><td>Ⅲ</td><td>4초과<W<15이하</td><td>7초과<W<25이하</td><td rowspan="6">-조종자 자격 필요
-무인기조종자협회 자격관리
-클라우드시스템(无人机云系统)
등록10)
-전자방호벽(电子围栏)11)을
설치해 사용</td></tr>
<tr><td>Ⅳ</td><td>15초과<W<116이하</td><td>25초과<W<150이하</td></tr>
<tr><td>Ⅴ</td><td colspan="2">농업용무인기
(이륙중량이 5,700kg 이하,
운용고도 15m 이하)</td></tr>
<tr><td>Ⅵ</td><td colspan="2">무인비행선(부피 4,600㎥ 이하)</td></tr>
<tr><td>Ⅶ</td><td colspan="2">100m이상의 가시거리에서
운행할 수 있는 분류 Ⅰ,Ⅱ</td></tr>
<tr><td>Ⅷ</td><td>116초과<W<5700이하</td><td>150초과<W<5700이하</td><td rowspan="2">-조종자 자격 필요
-국가에서 자격 관리</td></tr>
<tr><td>Ⅸ</td><td colspan="2">W>5700</td></tr>
<tr><td colspan="4">-분류상 서로 겹칠 시 더 높은 등급의 요건 충족
-분류 1~4 및 7의 무인기는 교정대기속도 100km/h 이하</td></tr>
</table>

www.kci.go.kr

3) 영국

영국에서 7kg 이상 20kg미만의 사업용 드론을 운용하기 위해서는 영국 민간항공관리국(British Civil Aviation Authority; CAA)의 승인을 받은 국가자격운영기관(NQE, National Qualified Entity)에 자격기관 신청양식 제출과 수수료 £1290(한화 약 187만원)를 지불하고, 무게에 따라 자격 요구사항이 조금씩 다른 CAA의 평가과정이 성공적으로 완료되면 승인서가 발급되며, 발급비용은 £9이고 유효기간은 1년이다.

자격시험은 만17세 이상으로 NQE에서 교육생 사전 등록을 담당하며 온라인 학습과 3일간의 수업 및 훈련, 이론 시험, 비행 평가의 과정을 운영하고 있다. 이론시험은 4지선다 50문제로 항공기상학, 비행계획, 비상운행절차 등으로 구성되며, NQE에서 교육하는 소형무인비행장치 조종자 이론지식 및 항공기술과 안전, 승무원 의학적 제한, 비행피로 등 인적요인과 항공기상, 항공기체 지식, 운영절차 등을 교육하고 있다. 이론 합격 후 3개월 이내에 3일 코스 수강 후 비행매뉴얼을 작성하여야 하며 실기시험은 자세모드(NonGPS Mode)로 실시간 기상 영공 위험요소 등을 고려하여 운영매뉴얼에 따라 비행 평가를 실시하고 있다.

3. 국내외 조종자격제도 비교

한국과 미국, 중국, 영국의 무인비행장치 조종자격제도의 기준을 확인한 바, 조종자격제도의 기준을 무게와 용도를 정하는 것은 공통적이지만 세부적인 사항은 조금씩 다르다.

<표3>국내외 자격기준

---

10) 김지훈(2017) 무인기 클라우드시스템(无人机云系统)은 소형 민용무인기의 운행상태 데이터를 보관하는 시스템을 의미하며 무인기 사용자에게 항행서비스, 기상서비스 등을 제공하는데 쓰이고, 또한 민용무인기 운행데이터(운행 정보, 위치, 고도 및 속도 등)를 실시간으로 측정해 업데이트 해주며, 시스템에 접속한 무인기는 그 즉시 비행데이터를 업로드하게 되며, 전자방호벽(电子围栏)을 침입한 다른 무인기에 대한 경고 기능도 가지고 있다[중국 민용항공국 비행표준처, “소형무인기 운행규정”, 2015년 12월 29일 제정, 3.17].

11) 김지훈(2017) 전자방호벽이란 항공기가 특정구역을 침범하는 것을 막기 위해서 그에 상응하는 전자 구역 내에 획정한 특정 구역을 말한다. 전자방호벽은 비행 관제 시스템 및 구역의 보안을 책임지는 소프트웨어 및 하드웨어 시스템과 호응하여 작동된다[중국 민용항공국 비행표준처, “소형무인기운행규정”(2015년 12월 29일 제정)

www.kci.go.kr

국가	한국	미국	중국	영국
관리주체	한국교통안전공단	미국연방항공청 (Federal Aviation Administration. FAA)	중국민용항공국 (中國民用航空局)	영국민간항공관리국(British Civil Aviation Authority; CAA)
응시연령	만14세 이상	만16세 이상	만16세 이상	만17세 이상
기체신고	자체중량 12kg 이하 사업용	250g~25kg 사업 및 비사업 소유자, 기체 식별번호 등록	250g이상 소유자등록	최대이륙중량 20kg초과
조종자격	자체중량 12kg 초과 사업용	250g~25kg 사업용	자체중량 4kg초과, 최대이륙중량 7kg초과	7kg~20kg 미만 사업용
자격평가	학과&실기 &구술	필기&비행훈련	학과&실기	학과&실기
자격갱신	신고:없음 자격:없음	신고:3년 자격:2년	자격:2년	자격1년
특이점		자격 보유유무에 따라 비행공역 차등	농업용무인기 운용 기준	학과 유예기간 3개월

드론 운용은 단순히 가시권내에서 조종기로 비행체를 조종하는 형태에서 모니터를 보는 계기비행 형태로 점차 변화되어가고 있다. 산업현장에 필요한 인력양성을 위한 자격제도를 구축하고자 하는 노력으로 비행형태에 따른 자격제도는 조금씩 변화되어 가고 있는 것을 알 수 있지만, 단순히 무게만으로 자격체계를 구분하여 자격취득 평가를 실시하고 있는 부분은 개선이 필요해 보인다.

Ⅲ. 무인멀티콥터 자격 제도의 안전성 연구

1. 무인멀티콥터

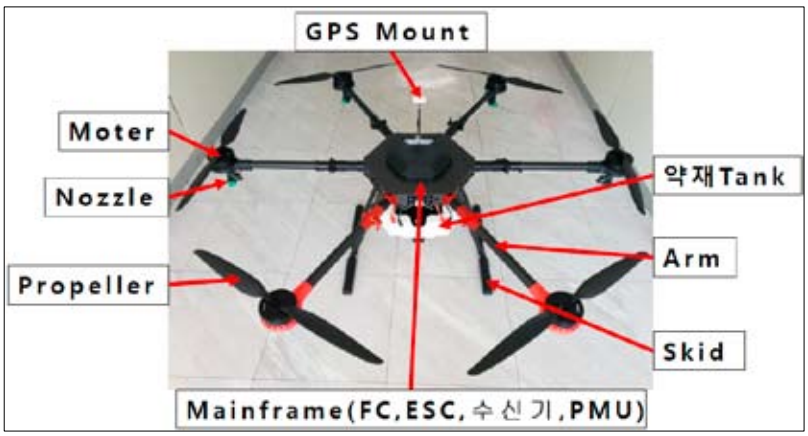
무인멀티콥터의 구조는 <그림6>처럼 MainFrame(메인프레임), Skid(스키드), Arm(암), Moter(모터), Propeller(프로펠러), 약재 분사 Nozzle, 약재Tank, GPS마운트로 이루어져있다.

조종기에서 보내는 신호를 받은 수신기가 FC(Flight controller)에 전달하면, FC는 IMU(Inertial Measurement Unit.관성측정장치)의 자이로센서(Gyroscope Sensor)[12], 가속도센서(Accelerometer Sensor)[13], 자자기센서(Magnetometer Sensor)[14], 기압센서(Barometer Sensor)[15], GPS(Global Positioning System)[16]센서에서 오는 신호의 값을

12) 회전하는 기체의 회전각속도(각도)를 측정하여 기울기를 제어
13) 기체의 기울기와 움직임을 측정하는 센서
14) 지구 자기장에 의해 방위를 알려주는 센서
15) 고도를 유지하도록 제어해주는 센서

www.kci.go.kr

분석하여 설정된 기본 수치에 맞는 최적 값으로 변환하여 기체가 안정적으로 비행할 수 있도록 ESC(Electronic Speed Controller.변속기)[17]에 신호를 보내는 역할을 한다. PMU(Power Management Unit.전력분배기)는 배터리에서 받은 전력을 각 부품에 필요한 적절 전력으로 분배하는 역할을 한다.



<그림6>무인멀티콥터 구조

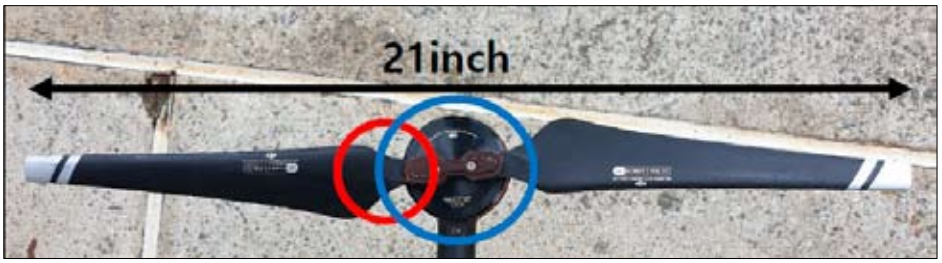


<그림7>무인멀티콥터 종류

<그림7>은 무인멀티콥터의 종류로 암과 프로펠러[18]의 개수에 따라, 바이콥터(Bicopter.2개), 트라이콥터(Tricopter.3개), 쿼드콥터(Quadcopter.4개), 펜타콥터(Pentacopter.5개), 헥사콥터(Hexacopter.6개), 옥터콥터(Octorcopte.8개)가 있다.

16) 위성에서 보내는 신호를 수신해 현재 위치를 계산하는 위성항법 시스템
17) FC의 명령신호를 받아서 모터에 흐르는 전압과 펄스의 속도를 조절하여 모터의 회전속도를 조절해 주는 역할
18)프로펠러 : 엔진의 회전력을 추진력이 아닌 양력을 발생시켜야하는 회전익에서는 프로펠러를 '로터(rotor), 블레이드(blade), 프롭(prop)'이라 부른다.

www.kci.go.kr

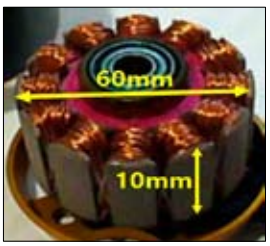


<그림8>프로펠러



<그림9>프로펠러제원





<그림10>모터제원

<그림9>은 <그림8>의 빨간색 원을 확대한 그림으로, 프로펠러의 제원인 숫자 앞'21'은 프로펠러 한조(set)의 전체 길이이고, 뒤'70'은 프로펠러 Pitch(피치)이다. 피치란'프로펠러가 한 바퀴 회전하였을 때 나아가는 기하학적인 거리로, 이 프로펠러 한조의 길이는 21inch*2.54cm=53.34cm, 피치는 7.0inch*2.54cm=17.79cm 로 프롭이 한 바퀴 회전하였을 때 나아가는 기하학적인 거리를 알 수 있다.

<그림10>은 <그림8>의 파란색 원을 확대한 모터의 제원으로 숫자"6010/130KV"에서, '60'은 모터내부에 있는 coil(코일)의 폭이고'10'은 높이이다.'KV'란 1V당 1분에 회전하는 모터의 회전 수로'130KV'는 1분에 130번 회전하는 모터이다.<그림11>

ω_{rpm} (분당회전수) $= K_V V$
V (전압): voltage
K_V(속도상수) : Velocity Constant

<그림11>KV공식

www.kci.go.kr

<표4>무인멀티콥터제원

기체(종류)	자체중량	프로펠러제원 (프롭cm*피치cm)	모터제원 (직경mm*높이mm)/KV
RC드론(Quadcopter)	270g	3052(7.6*13.2)	1306/3100KV
Spark(Quadcopter)	300g	4730(11.9*7.6)	1504/2100KV
Mavic Pro(Quadcopter)	743g	7728(19.6*7.1)	2008/1400KV
450교육용(Quadcopter)	1kg	1045(25.4*11.4)	2312/1400KV
Phantom 4pro (Quadcopter)	1.38kg	9450(23.9*12.7)	2312/800KV
Inspire1(Quadcopter)	2.85kg	1345(33*11.4)	3512/420KV
Tarot(Octorcopter)	5kg	1555(38.1*13.9)	4216/170KV
MG-1(Octorcopter)	13kg	2170(53.3*17.8)	6010/130KV
A1400(Hexacopter)	14.9kg	2485(61*21.6)	8110/140KV
WTX-7AG(Hexacopter)	36kg	30105(76.2*26.7)	8014/105KV

<표4>은 산업용과 레져용으로 많이 사용되는 무인멀티콥터 제원의 일부이다. RC드론에서 산업용 WTX-7AG까지 기체 크기와 중량이 증가할수록 양력 발생과 비행하기 적합한 프로펠러와 피치, 모터 크기는 비례하지만, 모터크기가 작을수록 모터의 분당 회전 수가 많고 모터크기가 클수록 분당 회전 수가 적기 때문에 KV는 기체 크기와 중량과는 반비례관계이다.

프로펠러는 모터에 닿아있는 부분은'익근', 끝부분은'익단'이라고 하는데, 회전방향 쪽인 윗면과 아랫면은 휘어져 있으며 휘어짐은 익단으로 갈수록 완만해지고, 익폭과 두께도 익근에서 익단으로 갈수록 좁아지고 얇아진다. 회전하는 물체는 중심부에서 끝 쪽으로 갈수록 속도가 증가하는데, 양력은 속도의 제곱에 비례하여 중심과 끝의 차이가 심하므로, 이러한 양력의 불균형을 해소하기 위하여 익근과 익단의 폭과 두께, 휘어짐이 다르다.<그림12>



<그림12>프로펠러 익근과 익단

www.kci.go.kr

2. 국내외 사고사례

산업현장과 레져환경에서 드론의 활용분야가 광범위해지면서 사고 또한 증가하고 있다. 우리나라 항공안전법은 드론 산업의 육성뿐 아니라 국민들의 드론생활과 안전을 충분하게 보호하는지 사고사례들을 살펴본다. 항공안전법 초경량비행장치사고[19]란 사람의 사망, 중상, 행방불명과 초경량비행장치의 추락, 충돌, 화재발생 경우이다.

<표5>2017년 드론사고

위해 부위별 현황	구분	팔 및 손		머리 및 얼굴			둔부		계
	건수(%)	**15(65.2)**		7(30.4)			1(4.3)		23(100.0)
위해 중상별 현황	구분	**열상 (찢어짐)**	찰과상	질상 (베임)	골절	타박상	기타 피부 및 피하조직 손상		계
	건수(%)	**13(56.5)**	4(17.4)	2(8.7)	1(4.3)	1(4.3)	2(8.7)		23(100.0)
위해 원인별 현황	구분	프로펠러 등 드론과 충돌		배터리 폭발 및 발화			드론 추락, 오작동 등		계
	건수(%)	**23(57.5)**		9(22.5)			8(20.0)		40(100.0)
연령별 현황	구분	13세 이하	14세 이상	20대	30대	**40대**	50대	60대	계
	건수(%)	6(17.1)	3(8.6)	5(14.3)	9(25.7)	**10(28.6)**	1(2.9)	1(2.9)	35(100.0)

한국소비자원 안전감시국 제품 안전팀의 2017년 조사를 정리하였다.<표5> 2017년 사고 보고는 121건으로 드론과의 충돌로 인한 팔 및 손으로 주로 찢어지는 열상의 증상이 많았고, 30~40대에서 사고 발생 건수가 높았다. 일 년 후인 2018년 네이버카페'드론플레이'에 게시된 사고관련 글은 총 454건으로, 조종자 결함 128건, 나뭇가지 충돌 72건, 건물 벽 및 장애물 충돌 38건, 나머지는 전선 외 기타로, 운용 중 비행미숙으로 인한 사고가 무려 94%이다. 일 년 사이에 사고가 증가한 것은, 익명이 보장되는 인터넷 커뮤니티라는 특성도 있고, 또한 드론 사고가 발생하면 사고발생 지역에 따라 서울, 부산, 제주 지방항공청에서 접수해야 하고(항공안전법 시행규칙 제312조[20]), 사고 미신고 시 30만원 과태료[21]가 부과됨에도, 기체신고는 자체중량 12kg이하 사업용부터 신고의무가 있기 때문에, 자발적인 신고 사고신고 역시 정확한 조사 파악과 집계에 어려움이 따르며, 드론 산업의 발전과 조종제도의 변화에도 걸림돌이 되고 있다.

---

19) 항공안전법 제2조 제8호 : 초경량비행장치사고란 비행을 목적으로 이륙부터 착륙까지 초경량비행장치에 의한 사람의 사망, 중상, 행방불명과 초경량비행장치의 추락, 충돌, 화재발생, 초경량비행장치의 위치를 알 수 없거나 접근이 불가능한 경우이다.

20) 항공안전법 시행규칙 제312조(초경량비행장치사고의 보고 등) 법 제129조제3항에 따라 초경량비행장치사고를 일으킨 조종자 또는 그 초경량비행장치소유자등은 다음 각 호의 사항을 지방항공청장에게 보고하여야 한다.
1. 조종자 및 그 초경량비행장치소유자등의 성명 또는 명칭
2. 사고가 발생한 일시 및 장소
3. 초경량비행장치의 종류 및 신고번호 4. 사고의 경위
5. 사람의 사상(死傷) 또는 물건의 파손 개요
6. 사상자의 성명 등 사상자의 인적사항 파악을 위하여 참고가 될 사항

21) 제166조(과태료)⑥다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게는 30만원 이하의 과태료를 부과한다.
2. 제129조제3항을 위반하여 초경량비행장치사고에 관한 보고를 하지 아니하거나 거짓으로 보고한 초경량비행장치 조종자 또는 그 초경량비행장치소유자등

www.kci.go.kr

<그림13>은 국내외의 사고사례에 대한 인터넷의 기사들을 중심으로 정리하였다.

2014년	해운대 해수욕장에서 피서객 안전을 위해 운용되던 감시용 드론이 주파수 간섭으로 인한 신호 끊김으로 추락한 사고	
2015년	오스트리아 국가대표 스키 선수 마르셀 히르셔의 경기 중 촬영용 드론의 추락사고	
	필라델피아 외곽 상공에서 에어 위스콘신 소속 여객기와 드론이 불과 3m 옆을 스쳐 지나간 사건	
	3월 만 3세 남아가 비행 중이던 드론에 얼굴을 부딪혀 안구 타박상	
	5월 가수 엔리케 이글에시아스, 멕시코 콘서트 도중 드론에 손을 베이는 사고	
	6월 미국 2세 유아가 드론 프로펠러에 눈을 부딪혀 안구의 절반이 절단	
	6월 드론 배터리 충전 약30여분 만에 화재 발생	
2016년	7월 대전 드론 배터리 충전 중 배터리 폭발	
	7월 만 8세 남아 공원에서 드론 프로펠러에 손가락이 닿아 열상	
	12월 미국, 충전 중이던 드론 배터리가 폭발, 발화 집 전소	
2017년	1월 드론 배터리 컴퓨터에 연결 충전 중 화재	
	1월 만41세 남성 드론의 프로펠러에 손등이 닿아 열상	
	5월 경북 봉화군 '한국 과자 축제' 행사 도중 드론 추락 4명 부상	
	7월 전남 장흥군 관산읍 고정익기 추락 경로당 일부 훼손	

www.kci.go.kr

2018년	4월 주차장에 주차된 차 위로 드론 추락. 250만원 수리비	
	10월 경남 진주 남강 '진주유등축제' 개막식 야간 드론 아트쇼 행사 도중 드론 30대 중 10여 대가 남강과 촉석루 지붕 등으로 추락	
2019년	4월 대전 '독립의 횃불, 전국릴레이' 행사 도중 드론 추락 정모씨 등 3명 부상	
	5월 경북 칠곡군 칠곡종합운동장 '칠곡군 어린이 행복 큰잔치' 행사도중 드론 추락, 조모씨 얼굴 강타 코뼈 부러짐	
2020년	3월 충북 괴산 중원대 연구실 드론배터리 충전과열로 화재, 690만원 피해	

<그림13>국내외 드론 사고 인터넷기사

이처럼 드론으로 인한 사고의 원인은 기상변화, 운용과 관리 미숙 등 다양하지만, 중량 관계없이 자주 발생하며 사고는 인명과 재산의 피해로 이어진다.

3. 무인멀티콥터 위험성 실험

1) 실험준비

실험에 사용할 프롭은 270G(RC드론), 743g(Mavic Pro), 1kg(450제작드론), 14.9kg(A1400) 기체에 장착되는 프롭들이다. <그림14>



<그림14>프로펠러

프롭의 재질은 나무, 플라스틱, 카본, 하이브리드로 만든다. 나무는 무겁고 단단하여 작은

www.kci.go.kr

충격에도 잘 부러지지만 비싼 모터를 보호해주고, 플라스틱은 작은 충격에도 변형이 되지만 가성비가 좋아 대중적으로 많이 사용되고 있다. 카본은 무게가 가볍고 역학적으로 효율이 좋지만 가격이 비싸고, 하이브리드는 겉은 플라스틱, 속은 카본으로 만든 프롭으로 DJI사의 Mavic, MG시리즈에서 볼 수 있다. 실험에 사용될 프롭 중에 Mavic은 하이브리드프롭이고 다른 프롭은 플라스틱이다. RC드론과 Mavic Pro(저소음)프롭의 익단 모양은 아랫면의 높은 압력과 윗면의 낮은 압력이 익단에서 생기는 압력차이로 인한 양력감소와 소음을 줄이기 위해서 아래로 말린 듯하며 끝이 급격이 좁아진 형태이다.

실험대상은 사람과 생체조직이 유사한 돼지의 삼겹살부분을 사용한다. 피부는 표피, 진피, 피하지방층, 근육층으로 이루어져있다.

https://www.sciencedirect.com 에 의하면, 돼지 피부는 일반적인 구조, 두께, 모낭 함량, 색소 침착, 콜라겐 및 지질 조성측면에서 인간 피부와 현저한 유사성을 가지고 있다.[22] 인간의 표피의 두께는 대부분이 영역에서 60~100μm(발바닥 및 손바닥 영역에서 최대 600μm)로 다양하다. 진피들 대부분의 피부 두께는 0.6~3mm로 설명한다.[23] 그들은 돼지에서 각질층(SC) 두께가 20-26μm이며 인간에서 관찰되는 것과 비슷하다는 것을 보여 주었다. 완전한 표피는 돼지의 두께가 30~140μm이며 사람의 경우 50~120μm과 비교된다.[24]

신현덕·안효석(2014)은 돼지피부는 색깔, 털, 모공 및 피하조직이 인간피부와 유사하며, 돼지피부의 상피층과 진피층의 평균두께도 각 55μm와 3.36mm로서 인간피부의 각 두께와 비슷하다고 한다.

이러한 특성으로 돼지껍질은 화장품이나 알레르기, 염증 및 상처 등, 의약품의 실험에 사람피부 대신 사용하여 연구한다.

드론레이싱이나 드론축구 등 레져용인 RC드론, 촬영용인 매빅, 방제 등 산업용인 A1400은 기체 중량이 270g~14.9kg으로 사람과 충돌했을 때의 위험성을 직관적으로 예상할 때, 누구나 크고 무거운 기체가 더 위험이 크다고 느낄 것이다. 그러면 작고 가벼운 레져용 드론은 위험성이 없을까? 250g 전후의 드론은 크기가 작고 색상이나 모양도 장난감처럼 느껴져 남녀노소 쉽게 접근하여 사용한다. 사람과 충돌하는 기체는 공중에서 떠 있는 상태이고 양력을 유지하며 기동하기 위하여 모터는 빠른 속도로 계속 돌고 있다.

언론에 보도된 드론사고에 대한 기사나 영상물은 쉽게 찾을 수 있는데, TV조선(2017.08.01.)뉴스에 보도된 레져용 드론이 알루미늄 캔을 찢는 실험영상(그림15>을 보면 실험에 사용할 레져용드론인 RC드론과 매빅의 위험성도 충분히 예상된다. 2015년 10월 용인시 수지구의 18층 아파트에서 발생한 벽돌 투척 사망 사건(캣맘 사망사건)에 대한 나무위키(https://namu.wiki) 개요에 의하면 고층 건물에서 1.82kg짜리 벽돌을 고층 건물에서 던질 경우, 가속도 등에 의해 60kg 정도의 충격이 발생한다고 한다. 또한 국민안전처 드론활성화

---

22) (원문) They showed that in pigs the stratum corneum(SC) thickness is 20-26μm, comparable to what is observed in humans. Complete epidermis varies from 30 to 140μm in thickness in pigs compared to 50-120μm in humans

23) (원문) Typically the thickness of the human epidermis varies between 60 and 100 μm in most areas (up to 600 μm in the plantar and palmar regions). The dermis accounts for most of the skin thickness with 0.6-3 mm

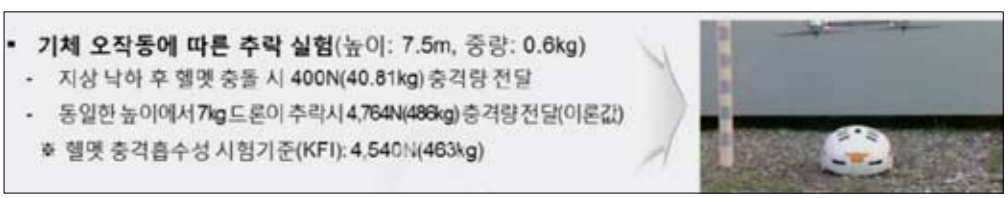
24) (원문) They showed that in pigs the stratum corneum(SC) thickness is 20-26μm, comparable to what is observed in humans. Complete epidermis varies from 30 to 140μm in thickness in pigs compared to 50-120μm in humans

www.kci.go.kr

팀 김수영연구관이'드론활성화 컨퍼런스(2017.3)'에서 발표한 중앙소방학교 소방과학연구실 '소방현장 활동 시 드론 운영 긴급 이슈 실험'에 의하면 매빅과 비슷한 중량 600g의 드론이 7.5m 상공에서 기체 오작동으로 추락하여 머리 부위와 부딪힐 경우 충격력은 40.81kg에 이른다고 하였다.<그림16>



<그림15>'드론'날아다니는 흉기.TV조선



<그림16>소방현장 활동 시 드론 운영 긴급 이슈 실험

이로써 실험의 결과를 예상하면, 14.9kg의 A1400의 위험은 당연하고 조종자격이 필요치 않은 12kg이하의 레져용 기체도 추락으로 인한 인명과 재산의 피해에 대한 위험과 알루미늄 캔을 종이처럼 찢는 3100~2100KV의 모터 회전 수를 갖고 있는 레져용드론에 사람이 노출됐을 경우의 위험성은 12kg 초과되는 기체와 상처의 깊이와 폭에는 차이가 있겠지만'위험하다!'는 것을 예상할 수 있다.

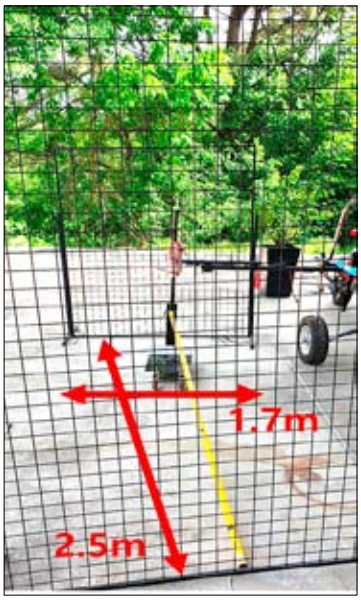
2) 실험 환경

실험은 돼지 45*20*4cm(가로*세로*두께,약5kg) 미박삼겹부위를 구입, 드론이 신체의 허벅지나 팔에 충돌하였을 때를 가정하여, 5Ø*1M(길이)의 봉에 감싸고<그림17>, 삼겹부위와 봉을 이동시킬 롤러를 제작하였으며, 가장 중요한 안전을 위하여 1.5*1.5m의 안전펜스를 설치하였다.<그림18> 실험에 사용할 270g(RC드론), 1kg(450제작드론), 14.9kg(A1400)의 프롭은 RPM 설정이 가능한 서보테스터(ESC Tester)와 연결하여, RPM을 고속과 저속으로 나눠 드론이 이륙과 호버링하는 상황을 만들어 실험하고,<그림19> 730g(Mavic Pro)은 조종기의 스로틀(Throttle. 상승&하강)키로 조종하여 이륙과 호버링 상황에서 실험한다. 미박삼겹부위를 매달은 봉의 지지대에 스틱을 연결하여 2kg의 힘과 3m/s의 속도로 안전펜스 뒤에서 회전 중인 프롭을 향하여 밀 것이다.

www.kci.go.kr



<그림17>



<그림18>



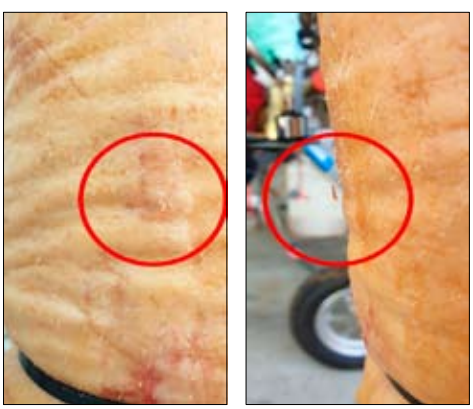
<그림19>

3) 실험

가) 미박피삼겹 실험

(1) 270g(RC드론)

① RPM2800(저속)

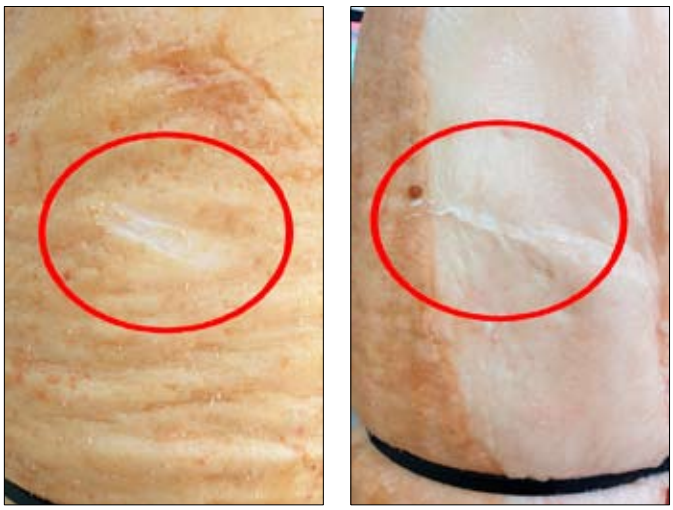


<그림20>

RPM2800(저속)의 결과는 껍질 일부 길이 1cm 떨어져 나왔다.<그림20>

www.kci.go.kr

② RPM15000(고속)

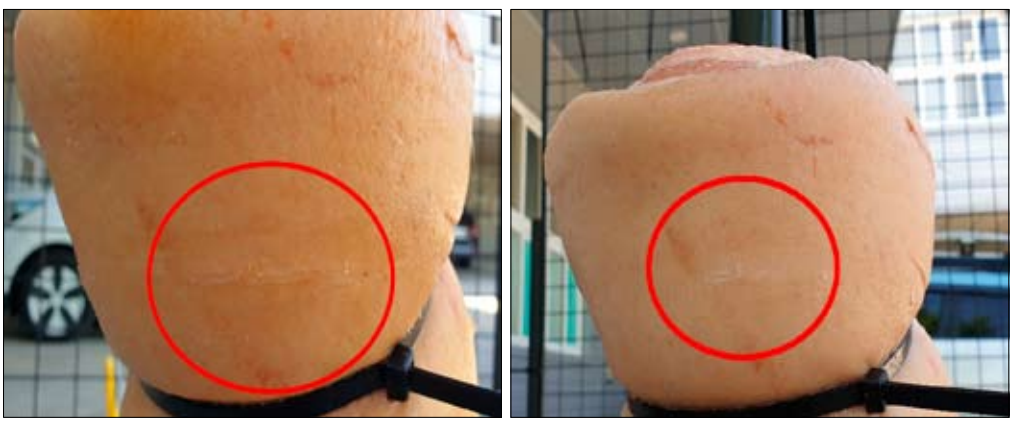


<그림21>

RPM15000(고속)의 결과는 껍질 부분은 프롭 익단의 휘어진 모양대로 폭 2cm 긁힌 찰과상(좌)이고, 지방부분은 깊이 0.3cm 얇게 회를 치듯 들려 절상에 가깝다(우).<그림21>

(2) 730g(Mavic Pro)

RPM6900(고속) <그림22>



① 일반프롭 ② 저소음프롭

일반프롭은 폭 2cm 깊이 0.2cm 절상이 생겼고, 저소음프롭은 프롭 익단의 모양대로 폭 0.5cm 깊이 0.3cm 좁은 절상이 생겼다.<그림22>

www.kci.go.kr

(3) 1kg(450제작드론) <그림23>



① RPM2600(저속)



② RPM9500(고속)

저속은 프롭이 긁은 듯 지나간 자국이 흐리게 생겼고, 고속은 폭 3.5cm 깊이 0.3cm 절상이 생겼다.<그림23>

(4) 14.9kg(A1400)





① RPM1200(저속) <그림24>

저속 충돌 시에는, 지방부분은 선명하게 절상이 생겼고(좌), 껍질부분은 프롭과 충돌한 곳에 폭 3cm 펜으로 그은듯한 타박상이 생겼다(우).<그림24>

www.kci.go.kr



RPM1500(고속) <그림25>



껍질 뚫고 들어간 익단<그림26>

②

고속으로 충돌했을 때는 폭 10cm 깊이 2.5cm 의 선명하고 섬뜩한 절상이 생겼고<그림25>, 껍질을 뚫고 들어간 프롭 익단에 돼지기름이 묻어있었다<그림26>.

나) 박피삼겹 실험

(1) 730g(Mavic Pro)







① RPM2200(저속) <그림27>

저속 충돌 시, 폭 3cm 깊이 0.5cm로 절상이 생겼다.<그림27>







② RPM6900(고속)<그림28>

고속 충돌 시, 폭4.5cm 깊이 2cm 절상이 생겼다.<그림28>

www.kci.go.kr

(2) 1kg(450제작드론)



① RPM2600(저속)<그림29>

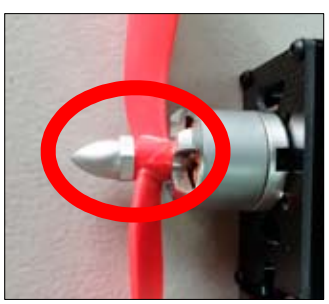
저속 충돌 시, 폭4.5cm 깊이 0.5cm 절상이 생겼다.<그림29>



② RPM9500(고속)<그림30>

고속 충돌 시, 폭 5cm 깊이 2cm 절상과 충격으로 열상도 생겼다.<그림30>





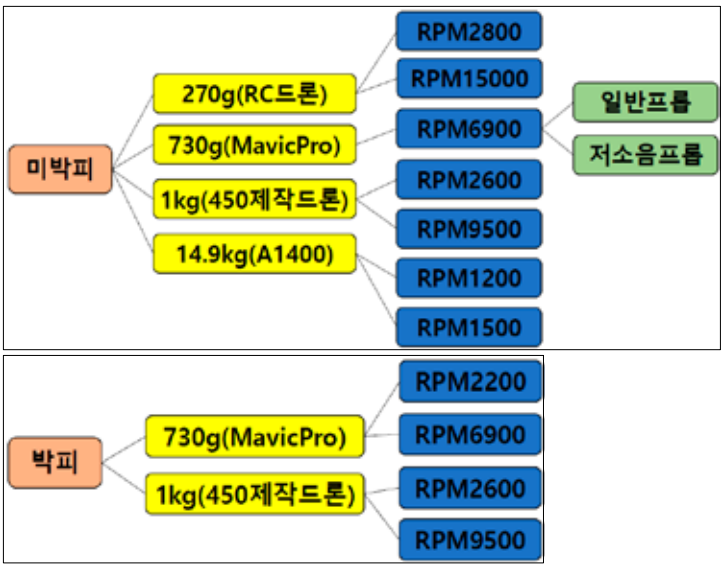
<그림31> 껍질 뚫고 들어간 익단 충돌 충격으로 프롭 파손

고속 충돌 시, 프롭 익단이 껍질 안으로 들어간 부분에 돼지기름이 묻어있었고, 프롭이 금이 가는 파손이 생겼다.<그림31>

www.kci.go.kr

4) 실험결과

실험은 레져용과 산업용 기체의 프롭으로 미박피, 박피삼겹에 Rpm을 저·고속로 나누어 사람과 충돌하였을 경우를 가정하여 진행하였다.<그림32>



<그림32>실험진행

처음 실험 계획은 돼지와 사람이 피부조직구조와 장기이식 연구가 진행될 정도로 장기의 크기와 생체조직이 비슷하여 미박피실험만 하려고 하였다. 연구의 의도는 레져용이 소형드론의 위험성을 밝히고자하였으나, 실험처럼 미박피삼겹에 큰 상처가 생기지 않았다. 물론 사람과의 충돌이라면 피부의 열상으로 혈흔은 보였을 것으로 예상된다.

사람피부와 돼지피부에 대한 자료를 찾고 자문을 구했다. 시중에 유통되고 있는 돼지는 도살 후 유통 전에 축산물위생관리법에 의해 가축의 껍질과 털을 벗기거나 제거하는 박피 또는 탕박이라는 과정을 거쳐야한다.

http://www.pignpork.com/[25]에 의하면, 탕박(Scalding)은 돼지, 소, 가금류를 도축하는 방법 중 하나이다. 피부를 벗기지 않고, 뜨거운 물에 통째로 넣어 모공을 확장시켜 털이 빠지도록 하는 방식으로, 탕박으로 도체에 열이 가해지기 때문에 도체온도가 상승하게 되어 근육의 pH 하강속도가 빠르게 되고, ATP 농도가 낮아져 보수력 등 육질 면에서 박피법보다 불리하다고 알려져 있다. 가을과 겨울에 도축된 돼지(털이 뻣뻣해 지는 계절)를 제외하고, 60~65℃에서 5.5 내지 7.5분 동안 탕박하는 것이 만족스런 탈모 효과를 가져 올 수 있고, 가을과 겨울에는 충분한 탈모를 위해 9분이 필요하다.라고 한다. 돼지 도살 후 사후경직과 탕박으로 60℃이상의 온탕에 들어갔다가 나오니 돼지의 껍질은 사람의 피부에 비해 강직도가 높을 것이다.

사람 피부의 강도는 종이에 쉽게 베이고 손톱으로도 상처가 쉽게 생기는데, 손톱은 모스 굳기계 굳기 2.5로 어림한다. 모스 굳기계란 https://ko.wikipedia.org에 의하면 독일 광물학자인 프리드리히 모스가 1812년에 제안한 굳기의 상대적인 기준이다. 모스는 주위에서 쉽게

25) 돼지 출하관리(5)-도축장에서 실신과 방혈개시 사이의 시간, 탕박 온도, 사후온도

www.kci.go.kr

얻을 수 있는 열 가지 광물들을 서로 긁어서 어느 쪽이 흠집이 나는지 관찰하여 굳기를 상대적인 10가지 순서로 나누었다.<그림33> 이 모스 굳기계의 지표로 연필심, 즉 흑연은 약 1도의 굳기를 나타낸다. 그리고 손톱은 2.5도 정도, 동전은 약 3~3.5, 쇠못은 4.5, 유리는 5.5, 칼날은 5.5~6.5, 쇠줄은 6.5 정도의 굳기이다. 이처럼 모스 굳기계를 통해서 다른 물질들의 굳기 순서도 간단히 어림잡을 수 있다.라고 한다.

모스 굳기	광물	절대 굳기
1	활석 ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$)	1
2	석고 ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	2
3	방해석 ($CaCO_3$)	9
4	형석 (CaF_2)	21
5	인회석 ($Ca_5(PO_4)_3(OH\text{-},Cl\text{-},F\text{-})$)	48
6	정장석 ($KAlSi_3O_8$)	72
7	석영 (SiO_2)	100
8	황옥 ($Al_2SiO_4(OH\text{-},F\text{-})_2$)	200
9	강옥 (Al_2O_3)	400
10	금강석 (C)	1500



<그림33>모스 굳기계(Mohs scale of mineral hardness) <그림34>손톱에 의해 상처난 턱

손톱 굳기를 기준으로 사람피부와 돼지껍질의 굳기를 비교하기 위하여, 손톱에 같은 힘으로 연구자의 피부와 돼지 껍질을 긁어보았는데, 돼지껍질은 표피가 벗겨지고 기름이 묻었으며, 연구자의 피부를 인위적으로 긁는 것은 빨간 자국만 남았다. 다만 의도한 바는 아니었으나 세수 도중 손톱으로 턱을 찌르면서 혈흔이 보이는 상처가 생겨 사람피부가 돼지껍질보다 물리적인 방어력은 약하다는 것을 증명하는 바이다.<그림34>

이렇게 사람 피부와 돼지껍질의 차이가 있음을 1차 실험 후에 알게 되었고, 곧 박피삼겹으로 2차 실험을 하였다. 박피삼겹실험은 껍질을 걷어내어 사람의 근육과 유사하여 미박피삼겹실험보다는 레져용 소형드론의 위험성을 잘 보여주었다.

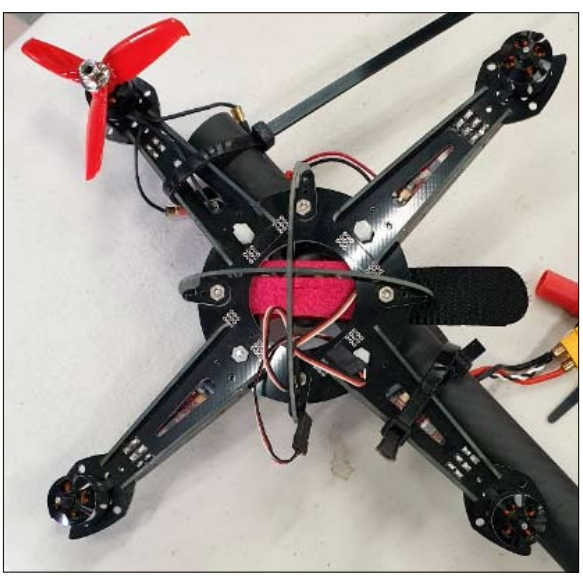
미박피삼겹실험에서 질기고 두꺼운 돼지껍질을 14.9kg(A1400) 프롭은 실험 후 섬뜩함이 느껴질 정도로 폭10cm, 깊이 2cm 의 열상과 절상이 생겨, 사람이었다면 뼈까지 보였을 것으로 예상되며, 이것을 제외한 다른 프롭들은 찰과상과 가벼운 절상이 생겼고, 730g(Mavic Pro)프롭을 제외한 프롭들은 호버링을 가정한 저속에서는 찰과상만 생겼으며, 730g(Mavic Pro)프롭은 저속 실험 시, 프롭이 삼겹에 닿으면 모터가 멈춰서 실험을 진행할 수 없었다.

www.kci.go.kr

<표6>미박피삼겹실험

미박피삼겹 실험결과		
종류	**RPM**	**실험결과**
270g(RC드론)	RPM2800(저속)	표피 1cm 가닥처럼 떨어져 나옴
	RPM15000(고속)	껍질 : 2cm 찰과상, 지방층 : 얇게 0.3cm 겉부분 베임
730g (Mavic Pro)	저속	충돌 시 모터와 프롭이 멈춤
	RPM6900(고속)	일반프롭 : 폭2cm,깊이0.2cm절상
		저소음프롭 : 폭0.5cm,깊이0.3cm절상
1kg(450제작)	RPM2600(저속)	프롭이 지나간 자국 희미함
	RPM9500(고속)	폭3.5cm,깊이0.3cm 절상
14.9kg(A1400)	RPM1200(저속)	껍질 : 폭3cm 프롭에 부딪힌 자국 생김
	RPM1500(고속)	폭10cm,깊이2.5cm 절상과 열상

박피실험의 결과는 레져용 소형드론의 위험성을 체감하게 해주었다. 안전상 실험 도중에는 가까이 갈 수 없어서, 서보테스터(ESC Tester)로 RPM을 미리 설정한 후 실험하였는데 270g(RC드론)프롭은 RPM 설정 시 ESC(변속기)가 보내는 전압을 모터가 견디지 못하여 과부하로 모터가 타서 실험을 진행할 수 없었다.<그림35> 730g(Mavic Pro)프롭과 1kg(450제작드론)프롭 실험결과에 의해, 14.9kg(A1400)프롭은 삼겹두께인 5cm를 뚫고 삼겹을 감싼 봉까지 닿을 것이 예상되어 안전상 실험을 진행하지 않았다. 그리고 730g(Mavic Pro) 저소음프롭은 익단이 flexible하여 일반프롭으로만 실험을 진행 하였다.



<그림35>270g(RC드론)

www.kci.go.kr

<표7> 박피삼겹실험

박피삼겹 실험결과		
종류	RPM	실험결과
270g (RC드론)	고출력 ESC에 모터 과부하로 실험 못함	
730g (Mavic Pro)	RPM2200(저속)	폭3cm, 깊이0.5cm 절상
	RPM6900(고속)	폭4.5cm, 깊이2cm 절상
1kg (450제작)	RPM2600(저속)	폭4.5cm, 깊이0.5cm 절상
	RPM9500(고속)	폭5cm, 깊이2cm 절상과 충격으로 열상도 생김, 프롭 파손
14.9kg (A1400)	안전상 실험진행하지 않음	

Ⅳ. 결론

드론산업을 육성하고 드론 레져인구를 증가시키기 위한 노력은 국가적으로 광범위하게 진행 중이지만, 드론 운용에 위험이 수반되는 사실은 언급이 무색할 정도로 누구나 알고 있음에도 사고결과로 위험성을 판단할 뿐 정확한 실험 데이터는 없다.

드론과 사람의 충돌 시, 프로펠러와 가장 먼저 부딪히는 부분은 사람피부이다. 그래서 사람피부와 유사한 돼지삼겹을 실험에 사용하였다. 실험결과를 보면 산업용 14.9kg은 프로펠러 크기와 모터 고출력으로 돼지껍질을 찢어 뚫고 들어가 사람에게는 심각한 부상을 입힐 것이라는 것을 예상할 수 있었고, 소형 250g~1kg도 최대 깊이 2cm까지 박피삼겹을 찢고 들어가는 절상을 보임으로써, 소형드론도 장난감처럼 쉽고 가볍게 운용하여서는 안 되며 운용교육과 비행교육이 반드시 필요하다는 것을 입증하였다.

본 연구 시 아쉬웠던 점은, 사람과 돼지의 장기조직은 유사하나 사람피부와 미박피 돼지의 차이가 있음을 실험에서 알게 되어, 실험용돼지, 식용돼지와 사람피부의 차이에 대한 자문을 인공장기, 신약개발, 임상시험, 생체 의료 기술개발, 실습대상으로 평균 60kg이하의 실험용 돼지인'MICROPIG'를 판매하는 회사'아퓨어스(http://www.apures.com/ko)'에 자문을 요청하였다. 의약품, 화장품 등 임상시험에 사용하는 것은 생후 6개월 된 돼지로 사람의 생체조직과 가장 유사성이 높으며, 특히 사람의 피부와 유사성이 높은 부위는 돼지 등부위 넓이 6*6cm로 실험용도에 따라 표피부터 근육층 최대두께 1200㎛까지 임상시험 시 사용한다고 한다. 식용돼지는 품종과 사육환경에 따라 다양하고, 게다가 탕박과정을 거치기 때문에 실험용 돼지처럼 품종과 사육환경을 알지 못하면 돼지의 특질을 알 수 없기에 사람피부와의 관계도 알 수 없다는 답변을 받았다. 모스굳기계 자료를 통하여 돼지껍질이 어느 정도 사람피부와 유사한 굳기라는 것이 입증되어, 사람의 피부와 좀 더 유사한 실험용 돼지로 실험하려하였으나 크기의 제한으로 실험의 목적에 부합하지 않아 본 연구에서는 사용할 수 없었다.

대형 산업용드론만큼 소형드론도 위험하다는 인식하에 운용교육은 반드시 이루어져야한

www.kci.go.kr

다. 안전하고 완벽하게 설계된 기체라 할지라도 그것을 운용하는 주체는 사람이므로, 운용 전에 반드시 운용과 비행교육이 이루어져 안전하게 운용하는 방법을 알고 안전하게 운용하는 것만이 소중한 인명과 재산의 피해를 미연에 방지하는 것이다. 2021년 1월부터 시행되는 무인멀티콥터의 법령개정으로 250g초과 기체의 온라인교육과 2kg초과 기체 신고가 의무가 된다. 법적인 제재가 필요할 만큼 드론은 즐거움, 만족감, 편리함과 동시에 위험성이 존재하기 때문에, 드론을 운용하기 전에 안전에 대한 운용교육과 비행교육에 충분한 시간을 할애한다면 건강한 드론문화가 정착될 것이다. 본 실험결과로 레져용 드론도 충분히 위험하다는 결과는 얻었지만, 더미(dummy) 또는 사람피부와 유사성이 높은 실험용 돼지로 프로펠러와 충돌, 드론 추락 시 사람과 충돌 등 드론의 안전한 운용에 도움이 될 수 있는 실험이 지속되기를 바라며, 본 연구는 대중적으로 운용하는 소형드론의 위험성을 알려 운용 전 안전과 비행교육이 반드시 필요하다는 것을 인식시키는 자료로 활용될 것이다.

www.kci.go.kr

참고문헌

· 민수홍(2020)『무인비행장치자격제도에 대한 연구』공주대학교 안보과학대학원 석사학위논문.권중근(2020)『드론활용분야성장에 따른 전문인력 양성 방안 연구』수원대학교대학원, 석사학위논문.
· 공세영(2019)『초경량비행장치 교육 훈련 체계에 대한 연구-무인멀티콥터를 중심으로-』공주대학교 석사학위논문.
· 최준호(2018)『드론 훈련조종을 위한 기능성 VR게임 설계 및 구현』.광운대학교 석사학위논문.
· 박장환(2017)『무인항공기 조종사 교육제도 개선방안 연구』공주대학교 석사학위논문.
· 소명호(2017)『드론 비행사고의 시각적 분석을 위한 도구』경상대학교 석사학위논문.
· 신현덕 · 안효석(2014)『돼지피부의 공기노출 시간에 따른 응착, 마찰 및 변형거동』서울과학기술대학교 기술경영대학.
· 김용석,최성원(2019).무인비행장치 분류기준에 따른 조종 자격제도 비교 연구.『한국항공운항학회』한국항공운항학회지/27(1), 26-33,
· 박원태(2017)무인비행장치 조종자격증명제도 개선에 관한 고찰『한국항공우주학회지』
· 박규향(2019)드론 조종자 및 교관 자격증 개선 필요성에 대한 연구『한국항공경영학회』추계학술발표논문집, 2019권0호, 한국항공경영학회,P 1-5
· 김지훈(2017)중국법상 무인기(드론) 규제 현황과 시사, 경희법학 제52권 제3호,, p233~277
· 김수영(2017,03,10) 재난대응현장에서의 드론 활용 및 발전방향. 드론 활성화 컨퍼런스. 국토교통부 주관
· <드론실명제>로 국민안전확보한다(2020.02.18.),국토교통부, http://www.molit.go.kr
· 드론 안전실태 조사결과(2017.6),한국소비자원 안전감시국 제품안전팀, https://www.kca.go.kr
· 탕박, https://ko.wikipedia.org/wiki/%ED%83%95%EB%B0%95
· 모스 굳기계(Mohs scale of mineral hardness),
· https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%AA%A8%EC%8A%A4_%EA%B5%B3%EA%B8%B0%EA%B3%84
· 돼지 출하관리(5)-도축장에서 실신과 방혈개시 사이의 시간,탕박 온도, 사후온도(2007.5)
· http://www.pignpork.com/subMainView.html?gobookYear=2007&gobookMonth=5&xcode=07&number=238
· http://www.assureuas.org/projects/deliverables/a4/ASSURE_A4_Final_Report_UAS_Ground_Collision_Severity_Evaluation.pdf(2017.8)
· The immunology of the porcine skin and its value as a model for human skin(2014). https://www.sciencedirect.com
· 김정석, 백경서(2019.5.8.)마른 하늘에 '드론 날벼락' 드론 인구 늘면서 사고도 급증.『중앙일보』https://news.joins.com/article/23461483
· 김자민(2017.8.1.)알루미늄 캔도 찢는다. '날아다니는 흉기' 드론.『TV조선』
· 항공교육훈련포탈 https://www.kaa.atims.kr
· 한국교통안전공단 http://www.kotsa.or.kr
· 미국연방항공청 https://www.faa.gov/uas
· 영국 민간항공관리국 https://register-drones.caa.co.uk
· 아퓨어스 http://www.apures.com/ko

투고일자 : 7월 2일
심사일자 : 7월 10일
게재일자 : 7월 30일

www.kci.go.kr

www.kci.go.kr

2020 현대사진영상학회 논문집 VOL.23-2
The Society of Modern Photography & Video

회장 이인희

부회장 정재한, 이원호, 류기상

감사 박시찬

사무국장 박민우

논문편집위원장 정재한

논문편집간사 김대욱

논문편집위원 김성민, 류기상, 손영호, 박희진, 주종우, 심우현

발행처 현대사진영상학회
42171 대구광역시 수성구 동대구로 59 F-3103
Tel : 053-794-5433 / 010-4929-5433
E-mail : inheemac@hanmail.net

VOL. 23-2호

논문집 발행예정일 2020. 7. 30
논문집 발행일 2020. 7. 30

ISSN 1229-3512
논문집에 게재된 사진의 저작권은 작가에게 있습니다.

www.kci.go.kr