

## 인간동력항공기 조종사 훈련 및 성과

장상현\*, 이정원\*\*

### Training and Performances of the HPA Pilot

Sang-Hyun Chang\*, Jeong-Won Lee\*\*

#### Abstract

This paper describes establishment of a pilot training plan, training and an outcome for Human Powered Aircraft which can take off, landing and fly using the energy generated by only human muscle without using mechanical power. To achieve these, a special trainer made a plan by considering physical trait of each pilot and each pilot was performed an indoor training for principle physical improvement, an outdoor training for generating sustainable power, a simulation training to learn maneuver ability. The pilot mastered the basic maneuver ability needed to fly and each pilot was lose their weight and experienced their improved physical strength via the training.

#### 초 록

본 논문에서는 기계적 동력을 이용하지 않고 오직 인간의 근육에서 발생된 에너지를 이용하여 이착륙 및 비행을 할 수 있는 인간동력항공기의 조종사 훈련 계획 수립, 훈련 및 성과에 관해 기술하였다. 이를 위해 전문 트레이너는 각 조종사들의 신체적 특성을 고려하여 훈련 계획을 수립하였으며, 조종사들은 기초 체력 증진을 위한 실내 트레이닝, 균일한 동력 발생을 위한 실외 트레이닝, 조향 능력 습득을 위한 시뮬레이션 교육 및 경비행기 탑승을 실시하였다. 훈련을 통해 조종사의 몸무게 감소 및 체력 향상을 확인할 수 있었으며, 비행에 필요한 기본적인 비행 운용 능력을 습득하였다.

키워드 : 인간동력항공기 (HPA, Human Powered Aircraft), 웨이트 트레이닝(Weight Training), 시뮬레이션 훈련 (Simulation Training), 젓산 역치 (AT, Anaerobic Threshold)

#### 1. 서 론

인간동력항공기는 기존 항공기와 같이 기계적 엔진을 통해 발생된 동력을 이용하지 않고, 오직 사람, 즉 인간의 근육에서 발생된 에너지를 항공

기의 이착륙 및 비행에 필요한 동력으로 사용하는 항공기이다. 이 때 인간동력항공기의 조종사는 기존 항공기의 엔진에 해당되며, 이륙과 주행 그리고 착륙에 필요한 충분한 동력을 발생시키기 위해선 상당히 큰 체력이 요구된다[1].

접수일(2013년 8월 27일),

수정일(1차 2013년 10월 16일),

게재 확정일(2013년 11월 1일)

\* 전자통합시험팀/peters@kari.re.kr

\*\* 과학관운영팀/garden@kari.re.kr

체력강화를 위해선 전문가의 지도가 필요한데, 특히 인간동력항공기는 조종사의 다리의 힘을 이용하는데 그 비중이 크므로 바이크 분야의 전문 트레이너를 통한 훈련과 지도가 요구되었다. 이에 전문 트레이너는 조종사의 신장, 체중, 근력 등 신체적 특성을 고려하여 체력 강화와 영양관리를 포함한 훈련계획을 수립하고 약 5개월간 지속적인 지도를 실시하였다.

체력 향상을 위한 훈련 외에 조종사의 조향 능력이 인간동력항공기의 중요한 성능 요소이다. 이를 위해 여러 차례에 걸쳐 실제 항공기 운항 교육에 사용되는 시뮬레이션 훈련을 실시하여 기초적인 항공기 조향 능력을 습득하였으며, 실제 경비행기 조종 훈련 또한 실시하였다.

## 2. 훈 련

전문 트레이너는 각 조종사들의 신체적 특성을 고려하여 인간동력항공기 운용을 위한 훈련계획을 수립하였으며, 지속적인 훈련과 지도를 통해 필요한 동력을 발생시킬 수 있는 수준에 이르게 되었다.

선발된 각 조종사들은 기초 체력 증진을 위한 웨이트 트레이닝[2], 일정시간 균형 있는 동력 발생을 위한 실내 트레이닝, 실제 속도감 유지 및 주행 훈련을 위한 실외 트레이닝, 조향 능력 습득을 위한 시뮬레이션, 마지막으로 실제 비행 능력 습득을 위한 경비행기 탑승 체험 등을 실시하였다.

### 2.1 웨이트 트레이닝

인간동력항공기 조종사는 항공기의 비행 특성상 짧은 시간 내 크고 지속적인 근력을 요구한다. 근력이란 근육이 힘을 발휘하는 능력을 말하며 근육의 크기와 힘은 비례한다. 따라서 근력 운동은 근육의 크기를 키우고, 여러 개의 근섬유가 동시에 운동에 동원될 수 있도록 운동단위를 증가시키는 것을 목적으로 한다[3]. 또한 근력 운동은 이와 같은 근력 증대뿐만 아니라 오래달리기와 같이 근육이 장시간 동안 지치지 않고 반복

적인 힘을 발휘하는 능력, 즉 근지구력을 발달시킬 수 있다[4].

운동을 포함한 인체의 움직임은 수축에 의해 발생하며, 근력 운동은 이러한 근수축에 의해서 이루어진다. 근육의 수축은 크게 등척성 수축, 등장성 수축 그리고 등속성 수축이 있으며, 각각의 특성에 따라 그 운동의 형태가 결정된다. 표 1은 인간동력항공기 조종사를 위해 전문 트레이너가 수립한 훈련계획표이다.

표 1. 조종사 훈련 계획표

부 위	운 동 량 (일)
전신	케틀 벨 12 kg×30 회
가슴	푸쉬업 10 회×5 set
허벅지	스쿼트(프리스쿼트) 50 회×3 set 런지 20 회×3 set
허리	데드리프트 (30 kg×10 회)×3 set
복부	크런치×30 회 레그라이즈×30 회

### 2.2 실내 트레이닝

앞서 언급한 바와 같이 인간동력항공기 조종사는 짧은 시간 내에 크고 지속적인 근력을 요구하는데 이는 하체 근력의 발달과 더불어 심폐기능의 발달 또한 뒷받침 되어야 한다. 최근 주목받고 있는 자전거 타기는 하체의 큰 근육을 주로 사용하는 유산소 운동으로, 하체의 근력 및 근지구력 향상과 함께 심폐지구력을 향상시키므로 인간동력항공기 조종사의 실내 트레이닝으로 적합한 운동이다.

자전거는 크게 실외용(이동식)과 실내용(고정식)으로 나눌 수 있는데 인간동력항공기 조종사 훈련은 실외용으로 실시하였다. 훈련에 사용된 자전거는 픽스드 기어 (Fixed Gear) 형태이며 이름에서 알 수 있듯이 기어가 1단이다. (싱글 기어에 포함). 실제 인간동력항공기 시범기의 동력 전달 형식은 리컴버트 (Recumbent)[5] 형식이지만 근력 및 근지구력 향상 등 훈련 효율성을 위해 픽스드를 선택하였다. 또한 픽스드는 페달과

발이 고정되어 있어 한쪽 발이 페달을 누름과 동시에 다른 쪽 발은 페달을 당길 수 있어 효율적이며 고른 push-pull 페달링 훈련을 할 수 있는 장점이 있다.

채택된 자전거는 조종사의 신체 조건에 맞게 피팅된 후 실내 주행을 위해 트레이너에 장착되었다. 트레이너는 실내 라이딩용 5 단계 부하 트레이너이며, 운동 단계 별 운동량에 맞게 부하를 조절할 수 있다. 그림 1은 조종사 훈련에 사용된 자전거 및 트레이너를 나타낸다.



그림 1. 트레이닝용 자전거 및 트레이너

훈련은 주 3회 (월, 수, 금 오전, 오후)에 실시되었으며, 훈련 계획표는 다음 표 2와 같다.

표 2. 실내 트레이닝 훈련 계획표

	실내 트레이닝	인터벌
내용	픽시드 바이크(46×16) 워밍업 10분 (90 rpm이하) 주행훈련 40분 (90~100rpm) 쿨다운 10분 (90 rpm이하)	500 m 1,000 m
비고	훈련강도 - E1	

실내 트레이닝은 워밍업 단계 즉, 여유 심박수 (HRR, Heart Rate Reserve, '최대 심박수 - 안정 시 심박수'를 의미함)의 40 ~ 75 %의 운동 강도로 시작하는데 이는 90 rpm 이하의 속도에서 약 10 여 분 간 지속된다. 이후 근육의 활성화가 진행되는데 이 때 90 ~ 100 rpm 속도로 약 40 여 분간 주행을 실시한다. 운동시간이 길어지고 강도가 증가되어 혈액 내 젖산이 축적되기 시작하는데 젖산이 체내에서 더 이상 제거되지 않기 시

작하는 시점이 젖산 역치 (Anaerobic Threshold :AT)라고 한다. 주행 훈련 시 젖산역치에 해당되는 시점은 최대 심박수의 80 ~ 90 %에 해당되므로 자전거에 설치된 속도계의 Heart Pulse Rate 을 항상 주시하여 운동 단계를 조절하였다.

젖산역치에 해당되는 운동구간 (운동강도)에서 훈련하여 고강도에서 운동할 수 있는 능력을 기르는 것을 젖산역치훈련 (AT:Anaerobic Threshold 트레이닝)이라고 한다[6]. 주행훈련은 장시간 동안의 운동으로 인해 체내에 젖산이 축적되어 근육 피로를 유발시키는 젖산을 보다 효과적으로 근육에서 제거해 주기 위한 AT 훈련이며, 이는 근력 및 지구력 향상에 그 목적을 둔다.

끝으로 쿨다운(마무리 운동)은 주행훈련에서 축적되었던 젖산을 제거하는 단계이다. 장시간 주행 후 급격한 휴식은 근육 마비 등의 증상이 이어질 수 있으므로 쿨다운을 통해 생성된 젖산을 다시 풀어주어야 한다. 사람에 따라 다르지만 약 90 rpm 이하의 속도로 약 10 여분 정도의 주행이 지속될 경우 안정된 심박수와 함께 적절한 산소가 혈액 내에 공급되어 젖산의 농도를 낮추는데 효과적이었다.

### 2.3 실외 트레이닝

실외 트레이닝을 위한 주행 코스로 총 3 가지를 선택하였는데, 이는 각 주행 코스마다 갖고 있는 장점을 살리기 위함이었다. 또한 코스에 따라서 시간적, 거리적 차이는 있지만 왕복 시 3 시간 이내로 선택하였다. 주행 전 약 10 분간의 관절체조 및 스트레칭을 실시하였으며, 주행 후 쿨다운으로 약 5 분간의 스트레칭 또한 실시하였다.

표 3. 실외 트레이닝 코스

No	비중	거리 (왕복)	소요시간
#1	지구력=근력	36 km	약 90 분
#2	지구력>근력	50 km	약 90 분
#3	지구력<근력	25 km	약 180 분

### 2.3.1 코스 1 (지구력=근력)

코스 1은 지구력과 근력 향상 비중을 동등하게 둔 코스이다. 출발지 및 도착지는 충남 공주시 유구읍이며, 중간 경유지는 충남 청양군 정산면이다. 총 주행 거리는 왕복 약 36 km이며, 평균 속도 26 km/h 유지 시 편도 40 ~ 45 분 가량 소요가 된다. 이 코스의 장점은 중간 지점에 2 km 가량 약 18°의 경사를 가진 S 자형 오르막 길과 중간 중간 낮은 오르막 길이 있어 왕복 주행 시 오르막에 필요한 근력운동에 적합하다. 이 코스의 단점으로는 먼저 차량 이동이 잦고, 특히 야간엔 가로등이 없어 위험성이 크다. 또한 생각보다 높은 경사를 가진 오르막 길로 인해 실내 트레이닝용 자전거로는 주행이 어려워 산악용 자전거를 이용해 이를 대신하였다.

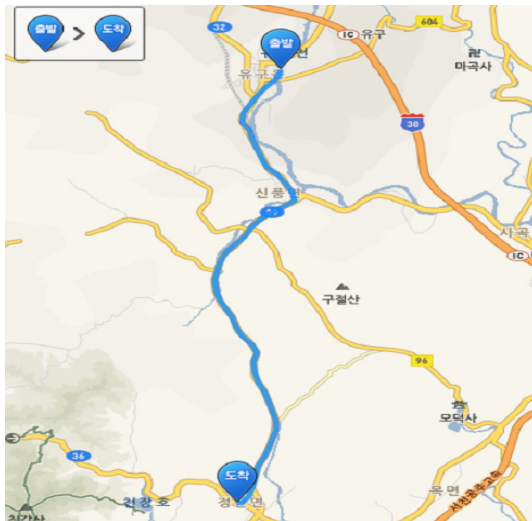


그림 2. 실외 트레이닝 코스 #1

### 2.3.2 코스 2 (지구력>근력)

코스 2는 근력 보다 지구력 향상에 비중을 둔 코스이다. 출발지 및 도착지는 충남 공주시 유구읍이며, 중간 경유지는 충남 공주시이다. 총 주행 거리는 왕복 약 50 km이며, 평균 속도 28 km/h 유지 시 편도 45 ~ 50 분 가량 소요가 된다. 이 코스의 90 % 이상은 편평한 도로이므로 장거리

지구력 향상 훈련에 적합하며 또한 중간 지점에 약 500 m 가량 약 16°의 경사를 가진 오르막 길이 세 군데 있어 근력운동에도 효과가 있다. 이 코스의 단점으로는 차량 이동이 잦아 위험하며, 특히 터널 통과 시 지나가는 차로 인해 다소 사고 위험이 있다.



그림 3. 실외 트레이닝 코스 #2

### 2.3.3 코스 3 (지구력<근력)

코스 3은 지구력 보다 근력 향상에 비중을 둔 코스이다. 출발 및 도착은 충남 공주시 유구읍이며, 주로 임도를 이용한 코스이다. 총 주행 거리는 왕복 약 25 km이며, 이 중 2/3 이상이 임도이다. 임도 특성 상 급경사 및 굴곡이 심하지만 근력 향상에 아주 적합한 조건을 가지고 있다. 이 코스의 단점으로는 임도 특성 상 위험 요소가 많으며, 일반 자전거로는 주행이 어려워 반드시 산악용 MTB와 그 외 안전장구를 갖추어야 한다.

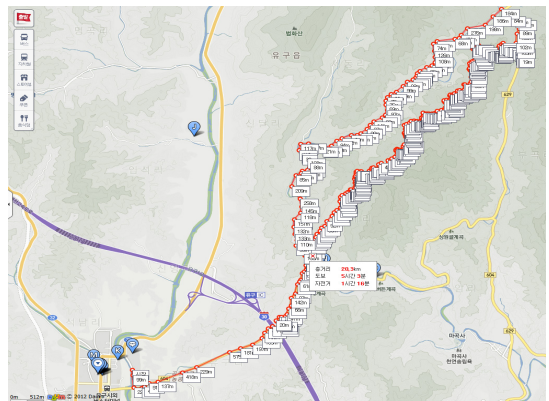


그림 4. 실외 트레이닝 코스 #3

## 2.4 시뮬레이션 교육 및 경비행기 체험

인간동력항공기는 항공기의 이착륙 및 주행을 위해 인간의 동력을 사용한다는 점을 제외한 모든 면에서 일반 항공기와 유사하다. 따라서 조종사는 교육과 시뮬레이션을 통해 비행에 필요한 이론을 습득하고 항공기 조종을 위한 조향 능력을 길러야 한다.

시뮬레이션 훈련에서는 먼저 항공기 탑승 시 필요한 절차와 조종을 위한 여러 조향장치의 사용법에 대해 알아본 후 시뮬레이터를 통해 taxing, hopping, 이착륙 그리고 장주 비행 훈련을 하였다. 훈련 초기엔 미숙한 조종으로 인해 많은 사고 (시뮬레이션 상)를 유발하였지만, 시간이 흐름에 따라 점차 안정된 비행을 할 수 있었다.

시뮬레이션 훈련은 비행에 필요한 기본적인 조향 방법을 익히기엔 충분하였지만 실제 비행을 통하여 습득할 수 있는 여러 가지 현상, 즉 P-factor, 실속, 이륙 시 느끼는 두려움 등을 경험하기엔 한계가 있었다. 이를 위해 조종사들은 약한 시간에 걸쳐 실제 항공기 탑승 및 이착륙을 제외한 기본 조종, P-factor, 실속, 두려움 등을 체험할 수 있었다. 교육에 사용된 세스나기 및 시뮬레이터는 그림 5와 같다.



그림 5. 세스나기 및 시뮬레이터

일반 항공기의 조향 장치는 크게 에일러론 (Aileron), 러더 (Rudder) 그리고 엘리베이터 (Elevator)로 구성되지만 인간동력항공기는 에일러론을 제외한 러더와 엘리베이터로 구성된다. 또한 러더와 엘리베이터 조향장치의 위치가 서로 상이한데 이 점이 시뮬레이션과 체험을 통한 교육 효과를 인간동력항공기 조종에 적용하기 어려

운 점이자 극복해야 할 문제였다.

## 2.5 인간동력항공기 조향기술 및 주의사항

앞서 일반 항공기와 인간동력항공기는 몇몇 사항을 제외하고 많은 유사점을 가지고 있다고 언급하였다. 하지만 실제 인간동력항공기 조종을 위해선 고유의 조향 방법을 익힐 필요가 있으며 몇 가지 주의사항 또한 알고 있어야 한다. 조향 방법에 있어서 크게 이륙, 비행, 측풍, 그리고 착륙 이 네 사항에 대해 알아보겠다.

먼저 이륙을 위한 조건, 즉 풍속 10kts (5m/s) 또는 측풍성분 5kts (2.5m/s) 이하에서 보조자(푸셔)와 조종사의 페달링을 통해 이륙에 필요한 가속을 실시한다. 이후 이륙속도에 도달할 시 사전에 실시된 시험 비행을 통해 미리 설정된 엘리베이터의 받음각에 의해 인간동력항공기는 이륙이 진행되며, 만일 이륙이 불가할 시 적절한 엘리베이터 조정을 통해 이륙을 시도한다. 이 때 유의할 점은 이륙속도에 도달하지 않은 채 엘리베이터 조정이 이루어지면 이는 실속을 유발할 수 있으므로 수많은 시험 비행을 통해 적절한 이륙속도에 도달했다는 감각과 이에 따른 엘리베이터 조종법을 습득하여야 할 필요가 있다.

이륙 후 조종사는 비행을 위해 끊임없는 페달링을 유지하여야 하며 비행 고도 및 방향을 유지하기 위해 엘리베이터와 러더 조종 또한 필요하다. 정상적인 비행인 경우 별도의 엘리베이터 조종 없이 고도가 유지되지만 저자의 경우 고도 유지를 위해 반복적인 엘리베이터 조종이 필요하였다. 또한 시선을 항상 지평선에 맞닿은 활주로 끝 정중앙을 가슴쪽으로 향하게 하여 방향 유지를 하였다.

초경량 인간동력항공기는 특성상 측풍과 같은 바람의 영향을 많이 받으며 이로 인해 방향 이탈 등 정상적인 비행이 불가능하다. 이는 적절한 러더 조종에 의해 회복될 수 있는데 과도한 러더 조종은 이후 회복할 수 없는 활주로 이탈을 야기할 수 있으므로 바람의 세기에 따라 방향 이탈 전 미리 러더 조종을 하여 방향 유지 및 활주로 이탈을 최소화해야 한다.

착륙 시에는 안전이 최우선적으로 고려되므로 자연 활강을 유도하여 착륙하여야 한다. 또한 비행 거리를 조금이라도 늘리기 위해 엘리베이터를 이용한 호핑(hopping)을 실시하는 것도 좋은 방법이다. 주의할 점은 착륙 후 정지할 때 까지 진행 방향 및 기체 균형 유지를 위해 러더 조종은 끝까지 실시하며 두 발을 페달로부터 이탈한 후 클릿을 브레이크로 사용하여 미끄러지듯 정지하여야 한다.

### 3. 훈련성과

약 5 개월 간 실시된 훈련으로 인한 가장 큰 변화는 몸무게의 감소이다. 훈련 전 약 61 kg이었던 조종사의 몸무게는 훈련 말기엔 약 58 kg으로 3 kg의 감량효과가 있었다. 훈련 초기엔 약 57 kg까지의 급격한 체중 감량이 있었지만 이는 훈련 초기 운동으로 인한 체내 지방 분해 현상이 야기한 결과이며, 이 후 규칙적인 단백질 섭취로 인한 근육 증대로 일정한 몸무게 유지를 확인할 수 있었다.

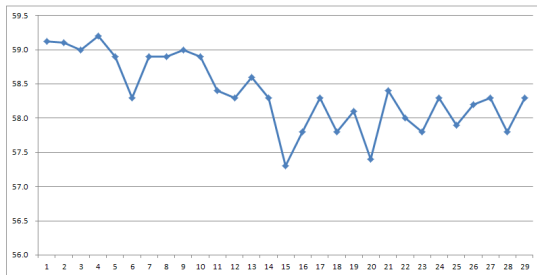


그림 6. 훈련으로 인한 체중 변화량

또한 인터벌 측정[기]을 통해 체력 향상 또한 확인할 수 있었다. 인터벌 측정은 실내 트레이닝 중 주기적으로 실시된 단거리 테스트이다. 테스트 방법은 500 m, 1,000 m의 거리를 단시간 내에 최대의 힘으로 달림으로서 최저, 최고 그리고 평균 출력 파워를 측정하게 된다. 그림 7과 그림 8은 3 개월에 걸쳐 실시한 500 m, 1,000 m 인터벌 측정 결과를 나타낸다.

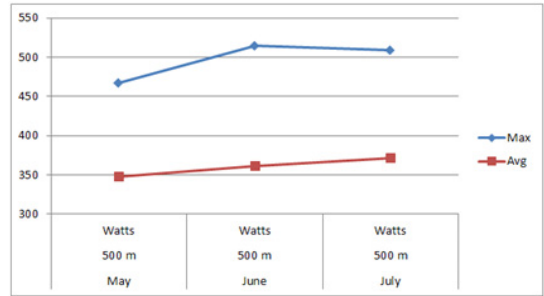


그림 7. 인터벌 측정 결과 @ 500 m

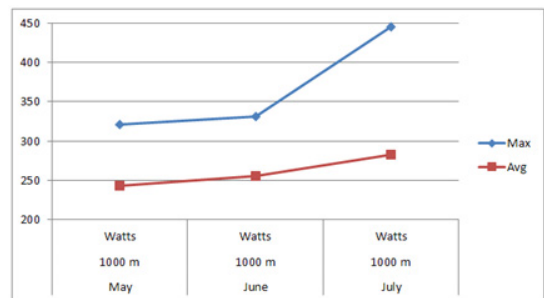


그림 8. 인터벌 측정 결과 @ 1,000 m

그림에서와 같이 훈련이 지속됨에 따라 최대/평균 출력 파워가 향상 및 증가됨을 확인할 수 있었다.

### 4. 결 론

본 논문에서는 순수한 인간의 힘으로만 비행이 가능한 인간동력항공기 조종사 훈련 수행과 그 성과에 대해 기술하였다. 조종사 훈련으로는 전문 트레이너에 의해 수립된 기초 체력 증진을 위한 실내 트레이닝, 근력 및 지구력 증진을 위한 실외 트레이닝, 비행 조향 능력 습득을 위한 시뮬레이터 교육 및 경비행기 탑승 훈련이 수행되었다. 먼저 실내 및 실외 트레이닝 훈련을 통해 조종사들의 기초 체력 향상을 도모하였으며 이는 500 m, 1,000 m 인터벌 측정에서 최대 출력 파워 및 평균 출력 파워 향상을 통해 그 결과를 확인할 수 있었다. 또한 시뮬레이터 및 경비행기 탑승 훈련을 통해 기본적인 비행 조향 능력을 습득

하였으며 이는 Taxing 및 시험 비행에서의 안정적인 주행 및 비행으로 확인할 수 있었다.

2012년 10월 13일에 열린 인간동력항공기 시범 경진대회에서 이정원 조종사가 120 m, 장상현 조종사가 240 m 비행에 성공하였다. 비록 400 m 비행 목표를 달성하진 못했지만 향후 보다 멀리 날 수 있는 약속의 밑거름이자 국내 인간동력항공기 분야의 발전 가능성을 보여준 계기라 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Final Report of the Daedalus Project Working Group, "The Feasibility of A Human-powered Flight Between Crete and the Mainland of Greece", 1986.4
2. <http://fitnessworld.co.kr> (2013.8.20 확인)
3. Ethan R. Nadel, "Physiological Adaptations to Aerobic Training", Americal Scientist, 1985
4. <http://museum.mit.edu/150/47> (2013.8.20 확인)
5. [http://en.wikipedia.org/wiki/Recumbent\\_bicycle](http://en.wikipedia.org/wiki/Recumbent_bicycle) (2013.8.20 확인)
6. <http://health.naver.com> (2013.8.20 확인)
7. <http://www.cptips.com/intervl.htm> (2013.8.20 확인)