

● 산업 이슈

● 휴머노이드 로봇, 특이점이 온다

김종현 연구원(jh.kim\_@hanafn.com)

생성형 AI의 발달과 빅테크의 참여 등으로 휴머노이드 로봇이 주목받기 시작

- 휴머노이드 로봇이란 인간의 형태와 움직임을 유사하게 모방하여 인간이 수행하기 힘든 다양한 환경에서 주어진 기능과 행동을 할 수 있도록 설계된 로봇
- 인건비 상승 및 고령화, 공급망 재편 등에 따른 노동 공급 부족으로 인해 '22년 말 테슬라의 휴머노이드 상용화 계획 발표 이후 '24년 nVIDIA, Figure AI(OpenAI와 협력) 등의 휴머노이드 로봇들이 공개되고 中 정부도 로봇산업 육성에 적극 나서며 휴머노이드 개발 가속화
- 1세대 휴머노이드 로봇은 제한적인 작업만 가능했던 반면 생성형 AI 기술의 진보로 인해 직접 사람과 소통하며 다양한 작업을 할 수 있는 2세대 로봇으로 진화 중

휴머노이드 시장의 개화 속 국내 부품업체의 가치사슬 참여를 통한 성장 기대

- 휴머노이드 로봇은 노동력이 부족한 제조업 현장과 헬스케어 분야에 먼저 도입될 것으로 전망되며 최근 주요 자동차 제조사들은 휴머노이드 로봇으로 생산 공정을 자동화할 계획
- 미-중 로봇 개발 경쟁과 빅테크의 참여로 휴머노이드 로봇의 양산이 가시화되고 있으며, 핵심 부품가 하락으로 제조 원가도 낮아지면서 휴머노이드 로봇의 보급이 가속될 전망
  - '35년 휴머노이드 로봇의 평균 가격은 1.5만달러, 휴머노이드 로봇 시장 규모는 약 380억달러로 전망
- 국내의 경우 로봇 시장의 개화에 따라 센서, 감속기 등 국내 휴머노이드 로봇 관련 생태계가 형성 중이며 핵심 구동 부품 위주로 수출 경쟁력 확보 및 수익성 개선 여부에 대한 관심이 필요

그림1 | 주요 기업의 휴머노이드 로봇 개발 동향



자료 : 언론종합, 하나금융연구소

# 1. 생성형 AI를 통한 휴머노이드 로봇의 고도화

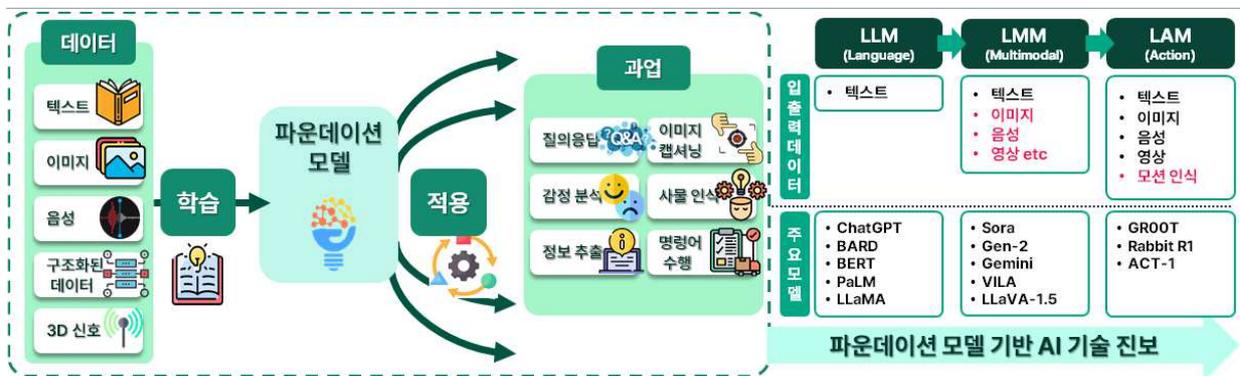
## 생성형 AI와 파운데이션 모델의 발달로 로봇의 인지/추론/학습 능력 고도화

- 시각, 음성인식, 자연어처리 등의 분야에 AI가 접목되어 생성형 AI가 빠른 속도로 발전하면서 로봇의 추론 능력 및 명령에 대한 대응 능력이 크게 향상
  - 지난 3월 Figure AI가 OpenAI와 협업해 만든 AI 로봇 'Figure 01'은 프로그래밍된 규칙에 의하여 작동되는 것이 아닌 사람과 대화를 하면서 실시간으로 내린 명령에 반응해 작업을 수행
- 또한 로봇의 개별 동작을 토큰(token)화하고 하나의 모델에서 훈련시켜 인지, 판단, 제어 기능이 한 번에 이뤄지도록 하는 로봇 파운데이션 모델<sup>1)</sup>도 빠르게 발전
  - Google은 파운데이션 모델 RT-1을 공개('22.12)한 이후 대규모 데이터 학습을 통해 로봇의 일반적 능력을 업데이트함으로써 비학습 업무에 대한 수행 성공률을 개선
  - nVIDIA는 휴머노이드 로봇 훈련용 플랫폼 '그루트(GROOT)'를 공개('24.4)해 로봇이 인간의 자연어를 이해하고 행동을 관찰해 움직임을 모방할 수 있도록 지원
  - 파운데이션 모델 개발을 통해 불필요하게 특정 영역의 데이터 학습에 의존해온 AI 기술의 약점을 극복하고 범용적으로 활용이 가능해짐

## LAM(Large Action Model)기술로 휴머노이드 로봇의 동작 학습이 수월해짐

- LMM(Large Multimodal Model)은 텍스트, 오디오, 비디오 등 언어 데이터를 이해하고 자료를 생성하는 기술인 반면 LAM(Large Action Model)은 인간의 행동 패턴을 학습하여 로봇이 독립적인 동작을 수행할 수 있게 하는 AI모델임
- 기존 로봇 작동방식은 엔지니어가 일일이 프로그래밍을 통해 조작해야 했으나 휴머노이드 로봇은 LAM AI를 통해 인간 동작을 학습함으로써 스스로 복수 단위의 업무 수행이 가능

그림2 | 휴머노이드 로봇 구동을 위한 AI 모델 발달



자료 : nVIDIA, 하나금융연구소

[1] 파운데이션 모델은 레이블이 없는 방대한 데이터 세트에서 훈련한 AI 신경망으로 텍스트 번역과 의료 이미징 등 광범위한 작업을 수행

## 2. 고령화, 리쇼어링 등에 따른 로봇 투자 및 수요 증가

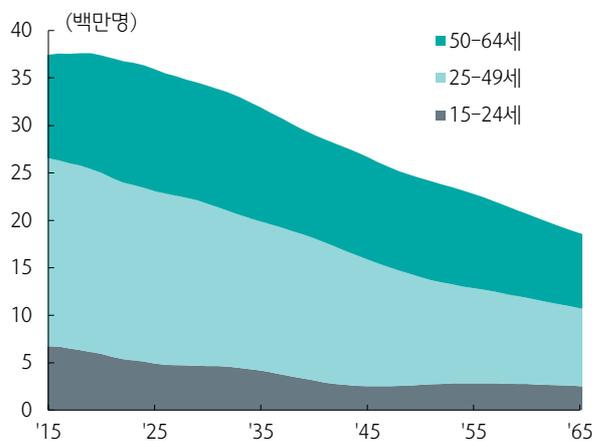
### 고령화에 따른 생산가능인구 감소, 인건비 상승 등으로 인해 로봇 수요 증가

- '20년을 전후로 선진국 중심의 전례 없는 고령화가 진행되고 있으며 한국 역시 '26년 초고령사회로 진입할 것으로 예상됨에 따라 생산가능인구 감소에 대비하여 디지털 전환, 자동화 등에 대한 필요성이 대두
  - 일본, 프랑스, 독일, 이탈리아 등 주요 선진국들은 '20년대에 접어들면서 초고령사회에 진입
  - 65세 이상 인구가 14%를 넘으면 '고령사회', 20%를 넘으면 '초고령사회'로 분류
- 한편, 국내 최저임금의 상승뿐 아니라 중국·동남아 등 '글로벌 생산기지'로 불리는 지역에서도 인건비가 급등하면서 노동력 보안을 위한 로봇 수요가 증가
  - '12~'21년간 중국과 베트남 월평균 임금은 각각 연평균 8.8%, 5.5% 성장 (동기간 韓 1.7%)

### 脫중국에 따른 공급망 재편으로 인해 대체 노동력으로서의 로봇 확보 필요성이 증가

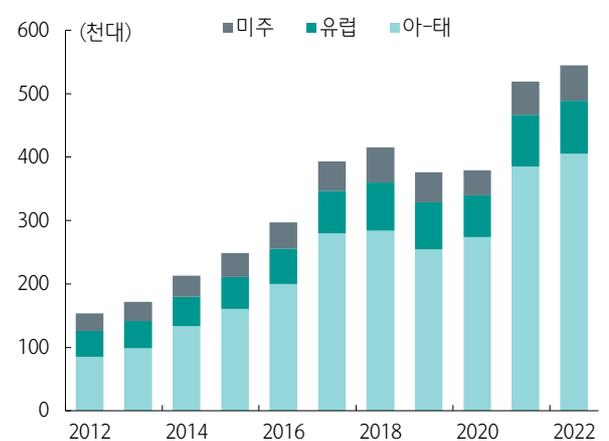
- 미·중 갈등으로 값싼 중국 노동력에 기반을 둔 공급 구조가 어려워지고 생산 거점 이전에 따른 비용도 증가하면서 자동화 및 로봇 도입의 필요성이 증가
  - 美 정부가 시·관·군 관련 첨단반도체 제조용 장비와 슈퍼컴퓨터용 반도체의 대중 수출을 통제하고 미국인의 중국 내 활동 제한도 실시하면서 미국 내부로 생산기지와 물적/인적 자원의 이전 증가
- 또한 기업들은 노동력 부족, 공급망 불확실성 심화, 개인화된 소비자로 인한 주문형 제품 수요 증가 등에 대응하기 위해 로봇을 활용한 제조 자동화를 모색
  - 로봇을 이용한 제조공장의 자동화, AI 및 빅데이터를 통한 의사결정, CPS(Cyber Physical System) 도입을 통한 공정 제어 등이 제조에 활용

그림3 | 우리나라 생산가능인구 추이



자료 : 통계청

그림4 | 글로벌 산업용 로봇 설치 수



자료 : IFR

### 3. 빅테크를 위시한 美-中間 휴머노이드 양산 경쟁 확대

#### 빅테크의 가치사슬 참여와 Tesla를 필두로 한 휴머노이드 로봇의 양산 가시화

- Google, nVIDIA, Intel 등 빅테크들이 로봇용 AI 모델, 시뮬레이터, 합성 데이터 확보 등 소프트웨어 역량을 높이면서 로봇산업이 또한번 '퀀텀 점프'할 것으로 기대
  - nVIDIA와 Google 등은 AI 기반의 로봇용 훈련 플랫폼 개발을 통해 로봇 산업 진출에 나서고 있으며, MS와 OpenAI는 휴머노이드 로봇 기업 'FigureAI'의 투자자로서 시장에 참여
- Tesla는 휴머노이드 로봇 'Optimus'의 핵심 부품을 자체 조달하는 방식으로 원가를 낮추고 있으며 양산 목표 가격을 기당 약 \$20,000로 설정
  - 자체 설계한 액추에이터(actuator)<sup>2</sup>를 통해 핵심 부품을 단순화하고 자체 생산이 가능하도록 함
  - 제조원가 중 가장 비중이 큰 액추에이터가 유압식에서 전동식으로 전환되면서 휴머노이드 로봇의 가격이 주택 가격대에서 자동차 가격대로 인하가 가능
- 한편, FigureAI는 챗GPT를 탑재한 휴머노이드 로봇 'Figure01'을 BMW에 납품하기 위하여 '24.4월부터 차체 조립 훈련을 진행 중이며 Agility Robotics는 속옷 제조사 Spanx의 공장 내 상자 운반 업무에 자사의 로봇 'Digit'을 배치하여 적용 중

#### '중국 제조 2025'를 바탕으로 휴머노이드 개발 추격에 힘쓰는 중국

- 중국은 '10년대 중반부터 생산연령 인구가 감소한데 이어, '22년엔 총인구도 감소하면서 휴머노이드를 포함한 로봇 도입 및 개발에 적극적
  - 중국의 로봇 밀도(노동자 1만명당 로봇수)는 '15년 세계 25위에서 '21년 5위로 상승
- 中 정부는 '중국제조 2025'를 통해 제조 강국을 선도하면서 로봇 자동화 시스템의 보급에 적극 나선데다 수년 전부터 다양한 로봇산업 육성정책을 추진
  - 중국 정부는 산업의 업그레이드와 성장 모델 전환, 과학기술 혁신 및 연구개발 촉진, 전략적 신흥 산업 육성, 인건비 상승 대응, 국제 경쟁력 강화 등을 위해 로봇 산업 육성을 추진
- 아울러 中 정부가 작년 11월 휴머노이드 로봇 육성책 '휴머노이드 로봇 혁신발전 지도 의견'을 발표하면서 중국 로봇업체들이 발 빠르게 휴머노이드 로봇 개발과 상용화에 나섬
- 유니트리는 Walker 시리즈를 공개하여 '25년 양산화를 실현하였으며 즈위안로봇은 설립 6개월 만에 위안정 A1을 공개하며 휴머노이드 로봇 양산 공장을 설립하겠다고 발표
  - 중국 휴머노이드 로봇 양산체계 구축 및 보급으로 로봇 실사용 데이터량이 급증할 전망

[2] 액추에이터 : 로봇의 팔, 관절 등을 움직이거나 제어하는 데 쓰이는 부품으로 작동 원리에 따라 전기식, 유압식, 공압식 등으로 구분

## [참고] 북미·유럽과 중국이 개발 중인 휴머노이드 로봇

표1 | 미국, 유럽의 주요 휴머노이드 로봇 개발 동향

업체	제품명	양산 여부	주요 내용
Tesla	Optimus	O	신장 1.73M, 무게 73Kg, 부품 최적화 및 SW 공유를 통한 가격 경쟁력이 강점
Boston Dynamics	Atlas	미정	신장 1.5M, 무게 89kg, 많은 시행착오를 통한 높은 HW 구현도가 강점
Agility Robotics	Digit	O	신장 1.6M, 무게 45kg, 다리가 얇다는 구조적 단점이 있으나 AI 활용에 있어 강점
RoMELA	THOR-RD	X	기존 THOR 제품의 재난구호용 버전, 31DoF를 가지며 HW 완성도가 높다는 것이 강점
Santuary AI	Phoenix	O	사람의 손과 유사하게 정교한 텍스처러스의 수준이 높으나 사람의 직접 제어로 구동
FigureAI	Figure01	O	세부 재원은 아직 미공개, 완전한 AI 탑재를 목표로 하며 범용 휴머노이드를 목표
Apptronik	Astra	O	파지에 최적화되어있는 텍스처러스를 보유. 물류 현장에 투입될 예정
Apptronik	Apollo	O	Astra와 달리 이동부, 작업부 모두 휴머노이드의 모습. '30년까지 연 100만대 생산 목표
1X	EVE	O	VR기기를 통한 원격 제어 방식으로 제어, 상부와 달리 이동부는 이룬 형태로 구성
1X	NEO	O	인공지능 학습 기반으로 움직임 예정, 2023년 말부터 제품 주문을 받을 계획

자료 : 하이투자증권, 정보통신기획평가원

표2 | 중국 대표 로봇 기업의 휴머노이드 로봇 양산 원가 및 응용분야

기업	제품명	양산 원가	기능 및 응용분야	양산목표
샤오미	Cyberone	60~70만 위안	• 운동자세 균형 실현, 감정 감지	미정
유비테크	Walker X	10만 달러	• 복잡한 지형에 자기 적응 • 발과 다리의 동적 제어 • 부드러운 물리적 상호작용 • U-SLAM 시각 내비게이션 • 자율 경로 기획	양산 실현 단계
푸리에	Fourter GR-1	-	• 다리를 곧게 펴고 보행, 쾌속 보행 • 민첩한 장애물 회피 가능 • 인간과 협동해 동작 수행	양산 단계
다타	GingerXR	-	• 매장 프로모션, 라이브 판매, 교육 및 과학연구, 청소, 웰빙 간병, 손님 안내	'23년 말 양산 단계 '25년 상용화 예정
주이미과기	Dream 범용 휴머노이드 로봇	-	• 외다리 서기 가능 • 실내 3차원 환경의 모델링 수행 • 다양한 노면 적응 가능 • 자율 장애물 회피	미정
즈위안로봇	위안정 A1	가격 20만 위안 이내로 통제 계획	• 요리 및 의류 정리 등 가능 • 생활능력상실 노인 간호 • 사지 회복 보조	'24년 하반기 상용화 계획
위수과기	Unitree H1	9만 달러	• 1시간 연속 운동 항속 기준 충족 • 충격에 빠른 자세조정/균형 유지 가능 • 안정성과 운동제어 알고리즘 충족 • 자율 장애물 회피와 위치 추적 및 내비게이션 가능	'23년 4분기 AI 고객센터에 일부 납품

자료 : 전망산업연구원(展望産業研究院), KOTRA 재인용

## 4. 휴머노이드 로봇 산업의 전망과 국내 로봇 산업의 영향

### 휴머노이드 로봇은 인력이 부족한 제조업과 헬스케어 부문에 우선 보급될 전망

- 휴머노이드 로봇 시장은 다양한 산업분야의 디지털·자동화 트렌드와 학습능력 향상에 힘입어 특수 업무환경에서 보다 다양한 업무를 수행하는 범용 업무 환경으로 활용이 확대되는 추세
- 휴머노이드 로봇 적용 분야 ① 헬스케어 : 환자 돌봄 보조, 노약자 사회적 보조 및 전염병 방역 활동 등에 휴머노이드 로봇을 투입하여 인간 접촉에 따른 위험을 경감
  - 엔비디아와 헬스케어기업 히포크라테스시는 헬스케어 관련 LLM으로 학습된 '공감형 헬스케어 의료로봇'의 제작·협력을 발표
  - 홍콩의 한손 로보틱스는 '21년 헬스케어 시장에 특화된 휴머노이드 로봇 '그레이스' 출시 선언
- 휴머노이드 로봇 적용 분야 ② 산업 자동화 : 제조 공정의 가시성과 유연성을 확보, 특히 자동차 산업 등에서 안정성, 효율성을 개선하며 생산 최적화에 도움이 될 전망
  - 자동차 제조업, 물류업과 같이 산업용 로봇과 협동 로봇의 도입 및 운용 경험이 풍부한 산업을 중심으로 휴머노이드 로봇이 일차적으로 확산될 전망
  - 테슬라 : 자체 개발 휴머노이드 로봇 '옵티머스2'를 자사 전기차 생산 공정에 투입할 예정
  - BMW : FigureAI가 개발한 'Figure01'을 자동차 생산 공정에 투입할 계획 발표
  - FAW-폭스바겐 : 中 유비테크의 '워커 S'를 볼트 조이기, 부품 설치, 부품 이송 등에 투입
  - Amazon : Agility Robotics의 'Digit'을 자사 물류센터 내 상품 이동에 투입
- 휴머노이드 로봇 적용 분야 ③ 서비스업, 교육 등 사회적 분야 : 호텔, 쇼핑몰, 공항 등에서接客/안내 등에 활용할 수 있으며 교육 보조 및 자폐아 특수 교육 등에도 도입 가능

그림5 | BMW 공장에 투입될 휴머노이드 'Figure01'



자료 : Interesting Engineering

그림6 | Amazon의 물류창고에 투입된 휴머노이드 'Digit'



자료 : GeekWire

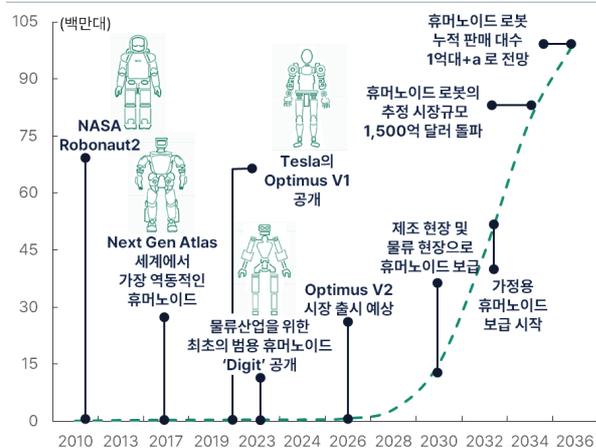
## 대량 생산 및 부품가 하락에 따른 원가 절감으로 휴머노이드 로봇의 빠른 보급 기대

- 글로벌 시장 조사기관들은 휴머노이드 로봇 핵심 부품의 가격 하락으로 인해 생산 원가가 빠르게 낮아지면서 휴머노이드 로봇의 보급이 확산될 것으로 기대
  - '35년 기준 휴머노이드 로봇의 판매가격은 10,000~15,000달러까지 하락할 것으로 예상
- 향후 휴머노이드 로봇의 가격이 2만 달러 수준으로 낮아질 경우, RaaS<sup>3)</sup> 사업모델을 통해 공장과 상업시설 등에 휴머노이드 로봇의 보급이 가속화될 전망
- 골드만삭스는 제조업 노동 인구 증가 규모와 가구 내 보급률 전망을 감안하여 '35년 글로벌 휴머노이드 로봇 시장 규모를 약 380억 달러로 추정
  - '35년까지 제조업 노동 인구 4억명 증가, 가구 내 휴머노이드 보급률을 15%로 가정

## 다만, 각국 간 경쟁 속 핵심 소재·부품의 무기화 여부 등 돌발 변수는 존재

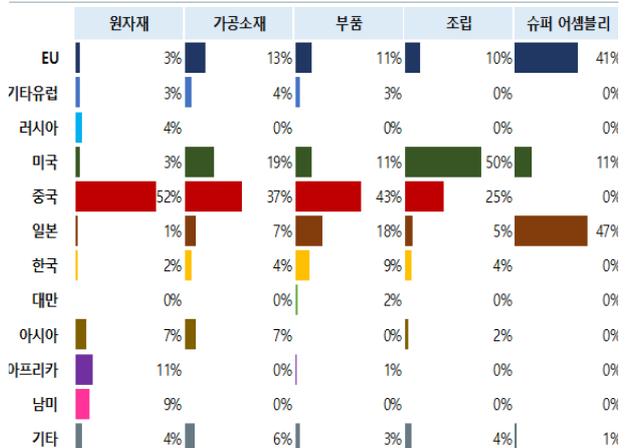
- 전 세계적으로 지정학적 리스크가 확산되고 빈번해지면서 소재·부품 등 로봇 산업의 핵심 공급망이 특정 국가나 지역에 집중되어 있을 경우 공급망 혼란이 확대될 우려
- 로봇 생산의 핵심 원자재인 바나듐과 티타늄, 마그네슘 등은 상당 부분을 중국에 의존하고 있으며, 유럽은 원자재 단계에서 총 45개 품목 중 52%를 중국에서 공급받는 상황
- 부품 역시 무기화가 가능한 분야로 로봇의 경우 로봇 원가의 절반 이상을 차지하는 핵심 부품인 감속기, 서보모터(servomotor) 등은 일본이 글로벌 시장을 거의 독점 중
  - '19년 일본의 수출 규제 시 일본 기업들의 對한국 수출 구동부품의 물량 조절 및 공급 지연으로 국내 기업이 피해를 입었던 사례가 있으며 최근에는 부품 단가를 인상

그림7 | 휴머노이드 로봇 누적 판매수 전망



자료 : Goldman Sachs, Global X 재인용

그림8 | 글로벌 로봇산업 국가별 공급망 구성 비율 및 개요



자료 : JRC, SIMTOS 재인용

[3] RaaS(Robot-as-a-Service) : 로봇 렌탈/유지관리/SI 등의 사업을 총괄하는 로봇 서비스 비즈니스로 로봇 도입의 허들을 낮추는 역할

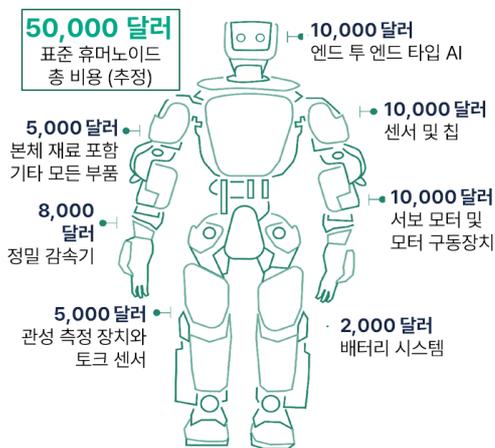
## 국내 업체의 경우 시장 개화 속 배터리, 부품 위주로 가치사슬 내 참여 기대

- 휴머노이드 로봇은 상당량의 전력을 소비하므로 효율적인 에너지를 찾는 것이 핵심 과제이며 전력원으로 고급 리튬 이온 배터리, 슈퍼 커패시터와 같은 대안을 탐색
- 글로벌 전기차 시장의 부상 속에서 국내 배터리 업체가 경쟁력을 보였던 것과 같이 휴머노이드 로봇용 배터리 시장에서도 새로이 부상할 가능성
  - LG에너지솔루션이 Tesla의 휴머노이드에 배터리를 공급하며 로봇 산업으로 수주 확대 가능성
- 한편, 국내 업체가 휴머노이드 로봇 제조사로서 글로벌 입지를 다지는는 다소 어려울 것으로 보이나 부품조달, 판매 등 밸류체인 내에서 산업 경쟁력을 강화할 것으로 기대
  - 국내 휴머노이드 개발은 기업보다는 주로 연구기관에서 주도하고 있어 양산 경쟁력은 다소 열위

## 국내 로봇산업 육성 정책과 글로벌 트렌드에 부합하는 로봇 및 부품 기업에 주목

- 우리나라 정부는 로봇산업 핵심 소재·부품의 국산화율을 오는 '30년까지 80%로 끌어올리기 위해 기술 확보 체계를 구축하는 한편, 민관 합동 3조원 이상을 투자해 로봇 산업 육성을 추진 중
  - '22년 부품별 국산화율은 모터 38.8%, 감속기 35.8%, 센서 42.5%, 제어기 47.9%에 불과
- 휴머노이드 로봇 제조사들은 양산 원가 절감과 안정적 공급망 구축이 중요하며 특히 로봇 제조의 핵심 부품인 액추에이터의 전동화 등 기존 부품 체계의 변화가 이루어지고 있으므로 기술 대응력, 양산화 역량, 수출 경쟁력 등을 갖춘 업체에 대한 관심 필요
  - 알에스오토메이션은 국내 최초로 휴머노이드 핵심부품인 '초소형 정밀 엔코더'의 상용화에 성공
  - 에스피지, 레인보우 로보틱스는 휴머노이드 관절에 들어가는 감속기의 개발에 성공하여 공급 개시
  - 하이젠RNM은 가변강성제어기술을 바탕으로 휴머노이드 로봇용 스마트 액추에이터를 개발 중

그림9 | 휴머노이드 로봇 제작 비용 추정 (2023년 기준)



자료 : Macquarie, Global X 재인용

그림10 | 국내 로봇산업 생태계 및 관련 기업



자료 : 로봇신문, 하이투자증권, 하나금융연구소

# [참고] 국내외 로봇틱스 산업 Value chain



주 : 검은색 글씨는 해외 주요 기업, 분홍색 글씨는 국내 기업  
 자료 : 로봇신문, 하이투자증권, 하나금융연구소