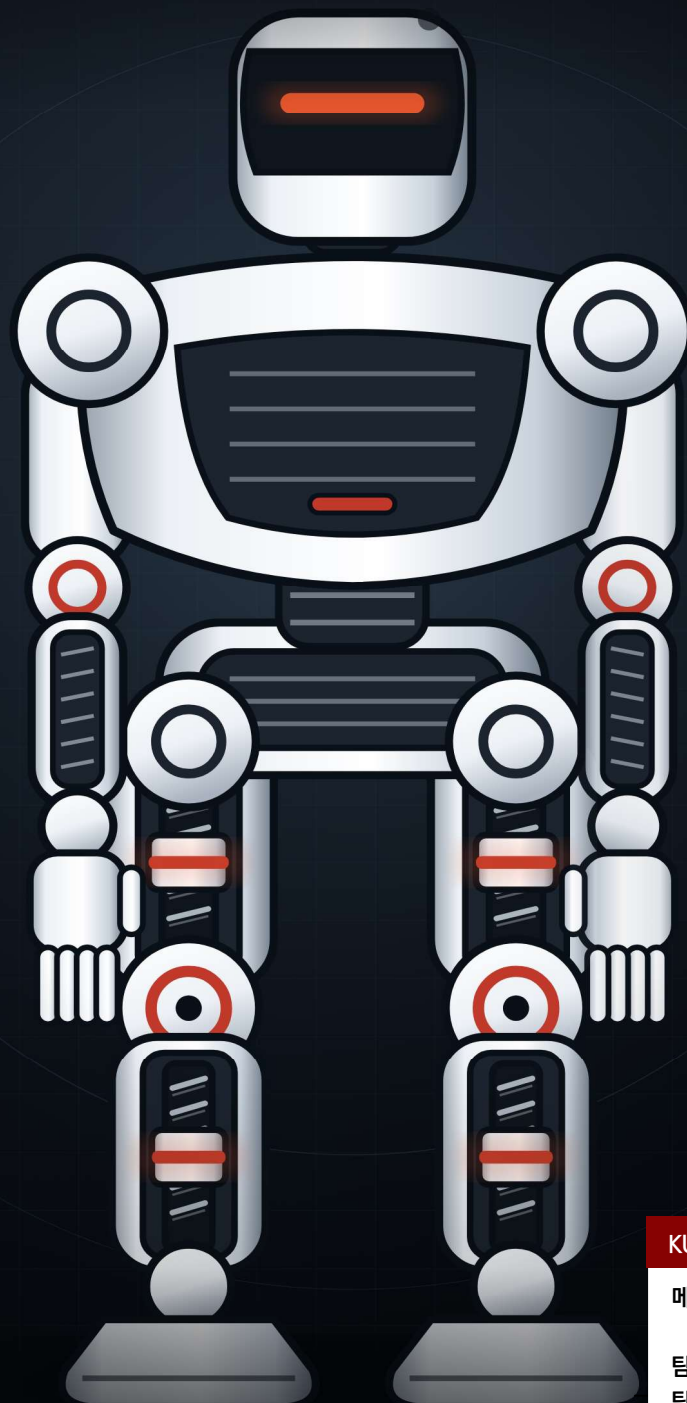


Industry Indepth| 2026.09.15

[로봇] (비중확대)

로봇도 하체다



KUVIC Research Team 3

메일	kuvic_korea@naver.com
팀장	45기 Senior 문진우
팀원	44기 Senior 임지후
팀원	45기 Senior 김민서
팀원	44기 Senior 박수아

CONTENTS

Summary 3

Key Chart 5

휴머노이드 미·중 양강 구도 7

구동 방식에서 갈리는 두 진영

중국: 조달 제약이 만든 설계

미국: 스크류에 실린 원가와 공급 공백

규제가 만든 시장 분리

지역별 휴머노이드 투자회수기간 추정과 산출 논리

휴머노이드 밸류체인과 PRS 15

휴머노이드 핵심 밸류체인과 과제

스크류와 PRS의 중요성

왜 PRS인가 21

로봇이 스스로 걸어 다니는 순간, 부품의 평가 기준이 바뀐다

PRS 채택을 지지하는 조건은 강화되는 중

유성 롤러스크류(PRS) 부품 시장 TAM 추정 25

PRS Q 추정

PRS P 추정

PRS TAM 결과 분석

PRS 공급망과 투자 결론 30

PRS 공급망

투자 결론

Company Analysis 33

쌍림자동차부품

Summary

회전형과 직선형

① 마·중 휴머노이드는 전(全)회전형과 회전·직선 혼합형으로 갈리며, 규제가 그 위에 공급망 분리를 덧씌우고 있다.

- 1H26 글로벌 출하 1.9만~2.2만 대 중 97%가 중국 기업, 상위 5개사(애지봇 44%·유니트리 31% 등) 전원 중국. 2025년 기준 전 세계 휴머노이드의 95%가 전(全)회전형.
- 중국의 전회전형 선택은 기술 선호가 아니라 조달 제약의 결과. 모터·감속기는 전기차 생태계에서 전용 가능한 반면 고급 스크류는 유럽·일본이 지배.
- 반면 옴티머스 Gen2는 원가의 무게중심이 스크류(20.2%)로 이동해 감속기(12.6%)를 앞섬. 중국형은 감속기 21% > 스크류 19%로 순위가 정반대.
- 26년 7월 FCC의 Covered List 등재로 중국산 이동형 로봇의 신규 장비인증이 원칙 금지되며, 양측 가격대가 구조적으로 분리.

투자회수기간과 인건비

② 경제성 성립 시점은 미국 2029년, 중국 2031년으로 미국이 2년 빠르며, 이를 가른 변수는 로봇 가격이 아니라 인건비 단가다.

- 회수기간을 결정하는 것은 로봇 가격(분자)이 아니라 연간 순절감액(분모). 2026년 중국은 시간당 대체 인건비 \$0.56 대 총비용 \$1.87로 마진이 -\$1.31.
- 결정 변수는 인건비 단가 W. 미국 제조업 총보상 시간당 \$48.62로, 2026년 미국 연간 편익 \$9,114는 중국의 4.4배.
- 초기투자는 미국이 1.5배 크지만 구성이 다름. 대당 설치·통합비 I는 미국 \$1만 대 중국 \$5만으로 역전(초기투자 내 비중 미국 7% vs 중국 50%).
- Bear 시나리오에서도 미국은 2030년에 경제성이 성립. 초기 수요는 다수의 중국 저가 업체가 아니라 미국 고사양 설계에서 발생.

하중 증가와 PRS

③ 손의 고도화, 물류로의 전방 이동, 혼합형 확대라는 세 변화가 출발점은 다르지만 모두 다리 관절의 하중과 반복 수명 요구를 끌어올리고 있다.

- 옴티머스 Gen2의 PRS 8개는 전부 허벅지·종아리에 배치. 다리 액추에이터는 개당 \$1,825로 회전형(\$1,300)·팔 볼스크류(\$550)를 상회.
- 손 자유도가 Gen1 11개에서 Gen3 22개로 늘며 팔 끝 질량과 동적 하중이 증가하고, 이를 지탱하는 것은 다리.
- 창고·물류 비중은 1H26 4.9%에서 2027년 전망 33%로 최대 전방시장. 물류는 하중과 가동률이 동시에 높아져 PRS의 수명·고하중 특성 가치를 높임.
- 혼합형 모델 비중은 2025년 5%에서 2030년 25%, 2040년 45%로 확대. 같은 기간 PRS 단가는 하락하므로 원가 비중 상승은 채택 관절 수 증가에서 발생.

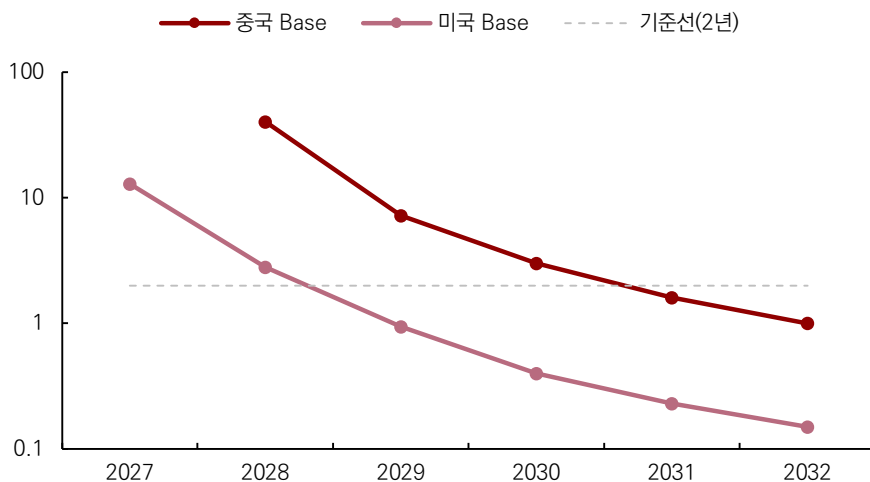
PRS TAM과 공급망

④ 글로벌 PRS TAM은 2026년 0.95억 달러에서 2030년 9.0억, 2040년 416억 달러로 확대될 전망이다, 승부는 시장의 크기가 아니라 낮아지는 단가에서 물량을 받아내는 양산 능력에서 갈린다.

- 수량은 2026년 14.5만 개에서 2030년 392만 개로 확대되는 반면 단가는 미국 \$948 → \$206, 중국 \$482 → \$257로 하락. TAM 성장은 P가 아닌 Q가 견인.
- 지역 구성이 역전. 2026년은 기타 지역이 5,120만 달러로 54%를 차지하나 2040년에는 중국이 224.7억 달러로 54%.
- 최대 변동 요인은 선형 액추에이터 채택률. 2030년 글로벌 TAM은 Bear 6.7억, Base 9.0억, Bull 11.6억 달러로 ±30% 편차.
- 중국 PRS 수요는 2026년 약 4.5만 개인데 XCC 단일 공장 발표 캐파만 98만 세트. 룡타이(태국)·헝리(멕시코)의 역외 증설은 미국의 중국산 배제를 우회한 납품 구도.

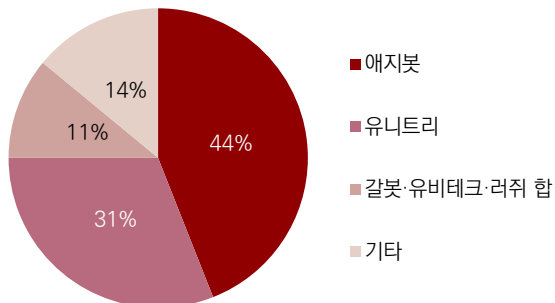
Key Chart

그림 1. 미·중 휴머노이드 투자회수기간 추이 (Base)



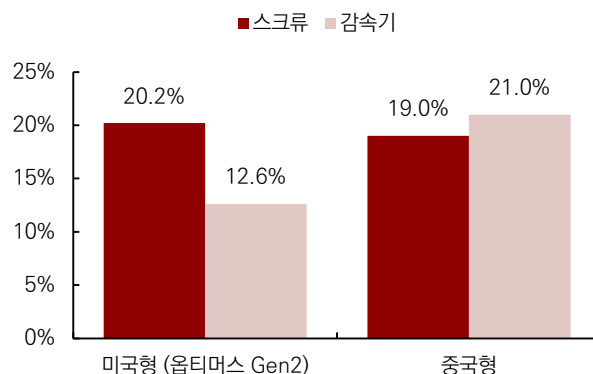
자료: KUVIC 리서치 3팀

그림 2. 1H26 글로벌 휴머노이드 출하 점유율



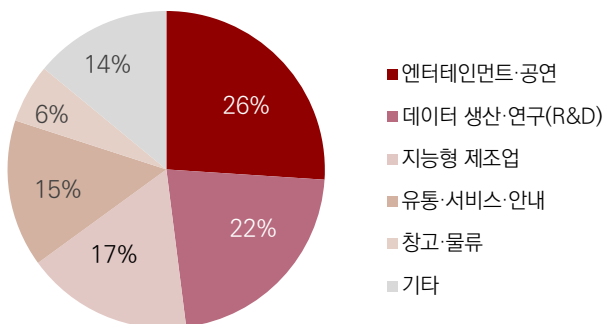
자료: Counterpoint Research, KUVIC 리서치 3팀

그림 3. 스크류와 감속기의 원가 비중: 미국형 vs 중국형



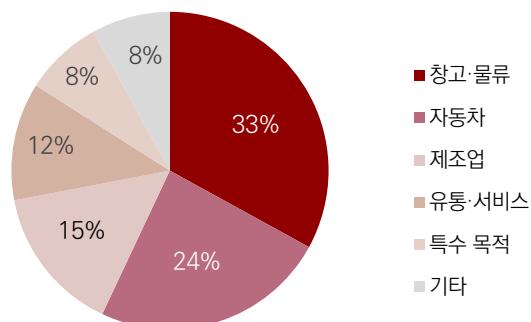
자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

그림 4. 2025년 전방 산업



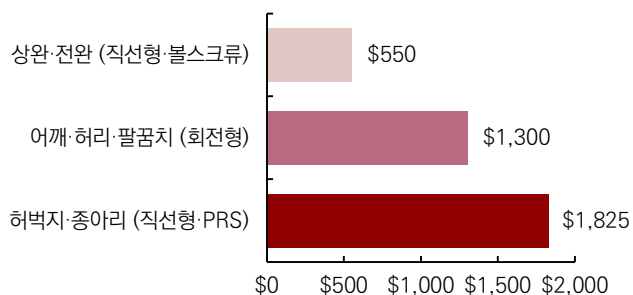
자료: KUVIC 리서치 3팀

그림 5. 2027년 휴머노이드 전방 산업 비중



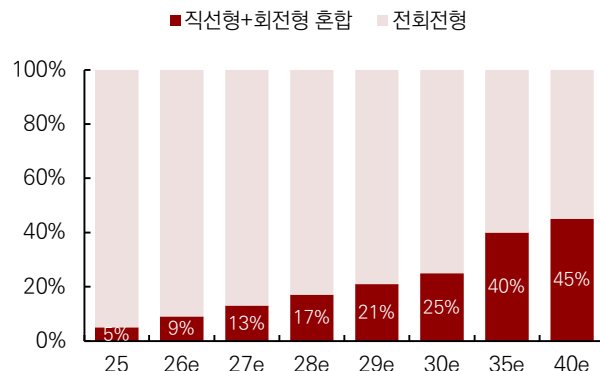
자료: KUVIC 리서치 3팀

그림 6. 옵티머스 Gen2 부위별 액추에이터 개당 원가



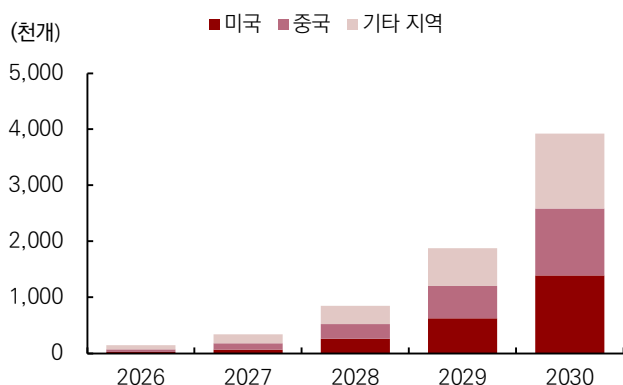
자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

그림 7. 구동 설계 믹스 전망



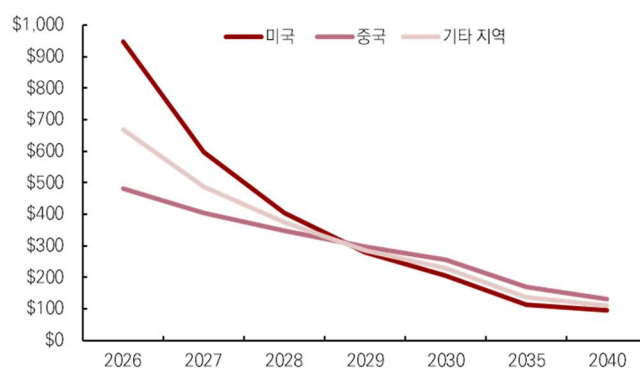
자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

그림 8. 글로벌 PRS 수요량 전망 (Base)



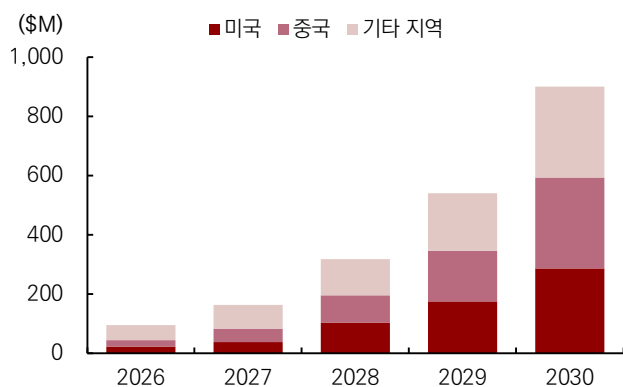
자료: KUVIC 리서치 3팀

그림 9. 지역별 PRS ASP 추이



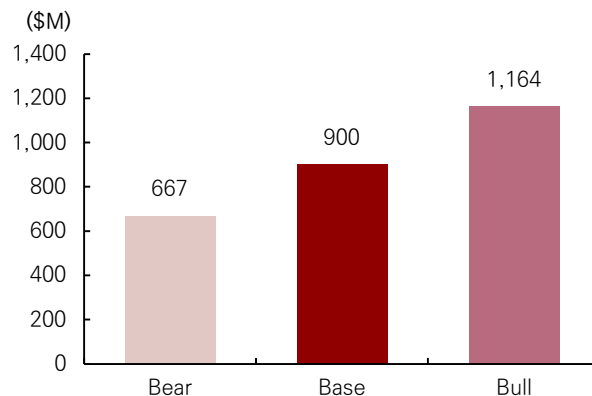
자료: KUVIC 리서치 3팀

그림 10. 글로벌 PRS TAM 전망



자료: KUVIC 리서치 3팀

그림 11. 2030년 TAM 시나리오



자료: KUVIC 리서치 3팀

휴머노이드 미·중 양강 구도

구동 방식에서 갈리는 두 진영

AI 모델·반도체는 미국, 양산 능력·부품 공급망은 중국

구동 방식의 차이: 미국은 회전+직선, 중국은 전(全)회전형

휴머노이드 로봇 산업의 현 국면은 단일 국가의 우위가 아니라 **기능별로 분할된 양강 체제**다. 프런티어 AI 모델과 반도체는 미국이, 양산 능력과 부품 공급망은 중국이 장악하고 있으며 양측 모두 상대 영역을 단기간에 대체하지 못하고 있다. 다만 "두뇌의 미국, 몸체의 중국"이라는 통상의 대비만으로는 투자 함의를 도출하기 어렵다. 두 진영이 사실상 다른 기계를 만들고 있다는 사실이 그보다 앞서기 때문이다.

차이는 관절 구동 방식에서 시작된다. 휴머노이드의 관절은 모터의 회전을 감속해 그대로 전달하는 **회전형 액추에이터**와, 회전을 나사 기구로 직선 운동으로 바꾸는 **직선형(리니어) 액추에이터**로 나뉜다. 전자의 핵심 부품은 **하모닉·유성 감속기**이고, 후자의 핵심 부품은 **볼스크류와 유성 롤러스크류 (PRS)**다. 2025년 기준 전 세계 휴머노이드의 95%가 전(全)회전형 설계이며, 이는 사실상 중국 OEM이 만든 물량이다. 반면 테슬라 옵티머스는 회전형 14개와 직선형 14개를 절반씩 쓰는 혼합 설계를 택했다.

이 선택은 설계 취향의 문제가 아니다. 회전형과 직선형은 원가가 실리는 부품이 다르고, 그 부품을 만들 수 있는 나라가 다르며, 결과적으로 완성된 로봇의 가격대와 성능 프로파일이 달라진다. 같은 ‘휴머노이드 1대’라는 단위로 묶어 경제성을 계산할 수 없다는 뜻이다. 따라서 본 리포트는 중국 진영과 미국 진영을 각각 해부한 뒤, 투자회수기간 역시 양측을 분리해 추정하였다.

표 1. 회전형과 직선형 구동 방식의 대비

구분	회전형 액추에이터	직선형(리니어) 액추에이터
구조	프레임리스 토크 모터 + 감속기(하모닉·유성)	프레임리스 토크 모터 + 스크류(볼·유성 롤러)
주 적용 관절	어깨·팔꿈치·허리·골반 등 큰 회전각 부위	무릎·발목·전완 등 고하중·소회전각 부위
옵티머스 탑재 수	14개 (어깨 6, 팔꿈치 2, 허리·골반 6)	14개 (다리 8 = 유성 롤러스크류, 팔 6 = 볼스크류)
액추에이터 모듈 내 원가 1위	하모닉 감속기 약 36%	유성 롤러스크류 약 64%
액추에이터 모듈 내 원가 2위	토크센서 약 30%	1D 힘센서 약 16%
강점	양산 성숙, 높은 집적도, 전류로 힘 추정 가능	예압 너트로 백래시 제거, 높은 강성
약점	백래시, 고하중 구간 강성 한계	가공 난도, 좁은 응답 대역, 별도 힘센서 필요
고급품 지배 주체	하모닉 감속기 — 일본	정밀 스크류 — 유럽·일본
2025년 글로벌 채택 비중	95%	5%
2030F / 2040F	75% / 55%	25% / 45%

자료: Morgan Stanley, RoboticsTomorrow, KUVIC 리서치 3팀

중국: 조달 제약이 만든 설계

물량은 이미 중국이 압도

출하 실적의 격차는 압도적이다. 2026년 상반기 전 세계 휴머노이드 출하량은 기관에 따라 1만 9,100대에서 2만 2,000대로 집계되며, 이 중 97%가 중국 기업 물량이다. 상위 5개사(애지봇·유니트리·갈봇·유비테크·러쥬)가 전체의 86%를 점유하며 모두 중국 기업이다. 애지봇이 8,400대(44%, YoY +56.2%)로 1위, 유니트리가 5,900대(31%)로 뒤를 잇는다. 2025년 상반기에는 유니트리 43%, 애지봇 25%였으므로 저가·공연용 중심이던 시장 축이 1년 만에 서비스·산업용으로 이동한 것으로 해석된다. 증설 속도 또한 가파르다. 애지봇의 누적 생산능력은 1,000대에서 5,000대까지 약 1년이 걸렸으나, 5,000대에서 1만 대까지는 3개월이 소요됐다.

그림 12. 2025년 기준 휴머노이드 전방 산업

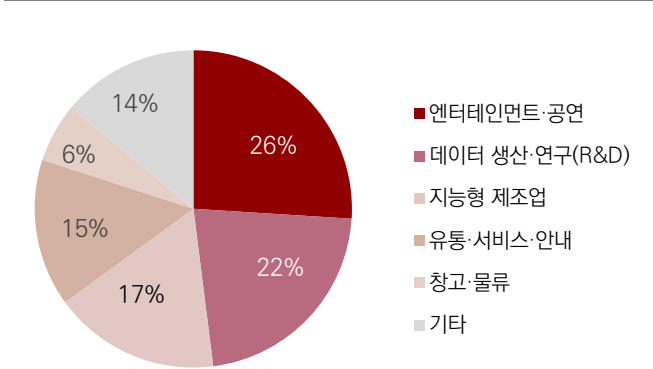
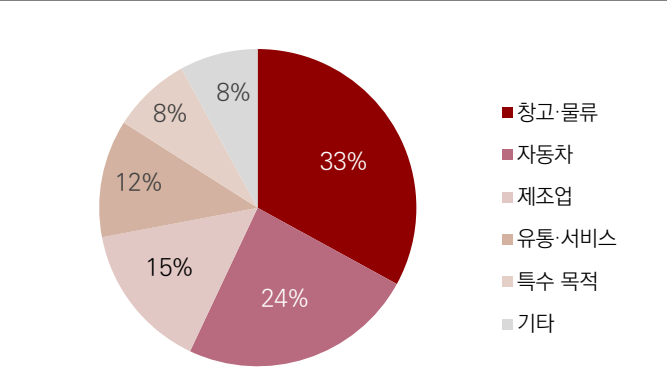


그림 13. 2027년 기준 휴머노이드 전방 산업



자료: KUVIC 리서치 3팀

자료: KUVIC 리서치 3팀

출하량이 생산 현장
물량으로 직결되는
것은 아님

다만 표에서의 97%는 중국이 판매한 로봇 대상의 수치로, **중국 공장에서 로봇이 그만큼 일하고 있다는 뜻은 아니다.** 2026년 상반기 용도별 구성을 보면 엔터테인먼트·공연이 33.6%, 데이터 생성·연구가 27.0%로 출하량의 약 60%가 생산 공정과 무관한 곳으로 갔다. 전신형 비중도 생각보다 낮아 애지봇의 2025년 출하 5,168대 중 전신형은 약 1,300대뿐이고 나머지는 소형·휠형이다. **발표된 수주 역시 그대로 현장 대수가 되지 않는다.** 2025년 하반기 중국 인티그레이터들이 공시한 수주는 20억 위안을 넘었으나 상당수가 연내 인도되지 않았고, 그 3대 축 가운데 하나는 지방정부가 발주한 데이터 수집 센터였다. 요컨대 **중국이 확보한 것은 압도적인 출하 대수이며, 그중 실제 생산 현장에서 검증된 물량은 훨씬 작다.**

표 2. 2026년 상반기 휴머노이드 용도별 출하 구성과 2027년 전망

용도	1H26 실적	2027F
엔터테인먼트·공연	33.6%	—
데이터 생성·연구	27.0%	—
창고·물류	4.9%	33%
자동차	—	24%

자료: Counterpoint Research, KUVIC 리서치 3팀

회전형은 선택이 아닌 조달 가능성의 결과

중국이 이러한 물량을 만들어낸 원인은 로봇 고유 기술이 아니라 전기차 부품 생태계의 전용에 있다. 부품별로 ‘이전 난이도’가 뚜렷하게 갈리는데, 영구자석(NdFeB)·배터리·BMS·인지 센서·열관리 부품은 규격 변경만으로 즉시 전용이 가능한 반면, **하모닉 감속기, 유성 롤러스크류, 촉각 센서는 자동차에 대응 부품이 없거나 정밀도 등급이 달라 단순 이식이 불가능하다.**

여기서 회전형과 직선형의 분기가 발생한다. 회전형은 ‘모터+감속기’ 조합으로, 모터는 전기차 생태계에서 조달 가능하며, 감속기는 중국이 산업용 로봇 시기부터 내재화를 밀어붙여 온 품목이다. 중국의 리더드라이브(Leaderdrive)는 이미 휴머노이드용 하모닉 감속기에서 선두 점유율을 확보했다. 반면 직선형의 핵심인 **고급 스크류는 유럽과 일본이 지배하고 있으며, 중국 기업은 이제 막 휴머노이드 OEM 대상 실물 검증에 진입한 단계다.** 롤러스크류 양산 수율도 중국 60% 수준으로 유럽의 85% 이상에 미치지 못한다.

쉽게 조달 가능한
부품인 모터+감속기
기반의 전회전형
설계를 선택한 중국

따라서 중국 OEM의 전회전형 설계는 기술적 선호가 아니라, **“지금 조달 가능한 부품으로 로봇을 완성할 수 있는 유일한 경로”였다고 보는 것이 타당하다.** 유니트리 G1이 약 1만 6,000달러라는 가격을 낼 수 있었던 근거로는 알고리즘 모듈 단순화, 자유도 축소, 짧은 배터리 수명, 낮은 하중과 함께 직선형 액추에이터의 부재가 꼽힌다.

표 3. 주요 휴머노이드 모델의 구동 설계

지역	기업·모델	자유도	액추에이터 방식	감속·전동 부품
미국	테슬라 Optimus (Gen2)	50	회전 + 직선	하모닉 감속기 + 유성 롤러스크류
미국	Agility Digit	16	미공개	하모닉 / 사이클로이드 감속기
중국	유비테크 Walker X	41	회전	하모닉 감속기
중국	유니트리 G1	20~43	회전	유성 감속기
중국	샤오미 CyberOne	21	회전	유성 감속기
중국	샤오펑 PX5	미공개	미공개	하모닉 + 유성 감속기

자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

회전형을 지지하는 수요와 규격

중국의 전략은 ‘완결 가능한 중간 등급 부품을 먼저 채운다’

중국의 휴머노이드 산업은 디스플레이·태양광·드론·배터리·산업용 로봇에 이어지는 정부 주도 전략 제조업 육성 패턴을 그대로 따른다. 주목할 점은 이 패턴이 “완결 가능한 구간을 먼저 채운다”는 원리 아래 작동한다는 점이다. 산업용 로봇에서 중국은 감속기 등 최상위 부품의 국산화율이 30% 수준에 그쳤음에도, 중간 등급 부품의 80~90% 국산화를 바탕으로 2024년 내수 점유율 58%를 달성했다. 최첨단 부품을 자급하지 못해도 **중간 등급 내재화와 조립·통합 능력, 가격 경쟁력으로 시장을 선점할 수 있음을 보여준 선례**이며, **회전형 설계**는 그 경로 위에 정확히 놓여 있다.

정책은 이 경로를 수요와 규격, 두 측면에서 지지한다. 2026년 6월 공업정보화부와 국유자산감독관리위원회(SASAC)는 연말까지 상업 현장 1만 대 배치를 지시해 경제성과 무관한 강제 수요를 만들며 실제 발주로까지 이어지고 있다. 국유기업인 국가전력망(State Grid)은 휴머노이드 500대, 양팔 로봇 3,000대, 4족 로봇 5,000대를 포함한 68억 위안(약 9억 4,000만 달러) 규모의 조달을 발주했다. 또한 중국 표준화위원회의 ‘휴머노이드 로봇 및 임바디드 AI 표준 체계’는 모터 토크 내구 등급, 하모닉 드라이브 하중 오차 측정 등 부품 시험 규격까지 규정했는데, 자국이 강한 회전형 부품을 기준으로 시험 표준을 선제 도입해 진입 장벽을 높이는 조치로 볼 수 있다. 2026년 3월 제15차 5개년 계획이 6대 미래산업의 하나로 체화지능(具身智能)을 명시한 점 또한 같은 맥락에서 향후 5년간의 자원 배분 우선순위를 보여준다.

전기차 공장이 첫 고객이자 학습장

일단 만들고, 공장에 투입해, 데이터 격차를 벌린다

이렇게 만들어진 로봇은 다시 **전기차 공장으로 투입**된다. 완성차 공장이 초기 고객이 되는 이유는 공정이 정형화되어 AI 학습 난이도가 낮고, 초 단위 공정 관리로 도입 효과의 정량 입증이 가능하며, 산업용 로봇 사용 경험 덕에 라인 통합·안전 인증이 원활하기 때문이다. 유비테크 Walker S1은 BYD·지리·니오 공장에 투입되어 분류 효율 120% 개선, 인건비 65% 절감 효과를 발표했고, Walker S2는 2026년 8억 위안 이상을 수주했다. 갈보 S1은 CATL 닝더 기지에서 2026년 3월부터 연속 가동 중이다.

다만 **로봇 기업이 여기서 얻는 본질적 가치는 단기 매출이 아니라 현장 데이터**다. 공장의 조명 변화, 표면 마찰, 작업자 동선 같은 물리 데이터는 시뮬레이션에서 얻을 수 없다. 지속적 우위의 원천은 특정 모델 아키텍처가 아니라 “배치 → 성공·실패 데이터 수집 → 모델 개선 → 재배치”의 실세계 순환 학습 구조에 있을 가능성이 높다. 전 세계 휴머노이드의 97%가 중국에서 출하되고 85% 이상이 중국에서 소비된다는 사실은 단순 점유율을 넘어 **학습 데이터 생성 능력의 격차를 의미**한다.

자동차 공장이 최종 시장은 아니다. 2027년 전방산업 전망에서는 **창고·물류**가 33%로 가장 큰 비중을 차지하고 자동차가 24%로 뒤를 잇는 반면, 2026년 상반기 실적 기준 창고·물류 비중은 4.9%에 그친다. 현재의 완성차 공장 투입은 아직 선행 검증 단계에 있다고 보는 것이 타당하다.

미국: 스크류에 실린 원가와 공급 공백

원가의 무게중심이 감속기에서 스크류로 이동

미국 진영 내
실체를 가진 것은
테슬라 옵티머스뿐

미국 진영의 논의는 사실상 테슬라 옵티머스로 수렴한다. 피규어는 BotQ 생산속도를 120일 만에 하루 1대에서 시간당 1대로 끌어올렸으나 누적 인도가 350대 수준이고, 보스턴다이내믹스는 1억 달러를 투입해 월섬에 로보틱스·AI 센터를 짓고 있으나 단계적 입주가 2027년부터다. **물량과 공급망 양쪽에서 실체를 가진 것은 옵티머스뿐**이다.

옵티머스 Gen2의 **소프트웨어 제외 BoM은 대당 5만~6만 달러로 추정**된다. 전신 50자유도를 28개 액추에이터(직선형 14+회전형 14)가 구동하며, 상체(어깨·팔꿈치·팔·손·허리) 16개가 약 2만 6,000달러(47%), 하체(골반·다리·발) 12개가 약 2만 6,000달러(48%)를 차지한다. 부품군으로 분해하면 다음과 같다.

표 4. 옵티머스 Gen2 부품군별 원가 구성

부품군	금액	비중	구성
센서	약 \$20k	37.0%	토크센서 14, 1D 힘센서 14, 6D 힘센서 4
스크류	약 \$11k	20.2%	볼스크류 6 + 유성 롤러스크류 8
모터	약 \$11k	20.3%	프레임리스 토크 모터 28 + 손 코어리스 모터 12
감속기	약 \$7k	12.6%	하모닉 14 + 손 유성 12
엔코더		3.9%	40개
FSD·칩·카메라		3.8%	
베어링	약 \$434	0.8%	
배터리		0.5%	2.3kWh, 52V
기타		0.9%	골격·외파·열관리

자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

테슬라 옵티머스의
원가 무게중심은
스크류에, 하지만
자국 공급기반 부재

핵심은 스크류(20.2%)가 감속기(12.6%)보다 크다는 점인데, 중국형 구성에서는 감속기 21%가 스크류 19%보다 커서 옵티머스와 달랐다. **테슬라는 원가의 무게중심을 감속기가 아니라 스크류에 실었다.**

그러나 **이 스크류의 공급 기반이 미국에 없다**. 고급 정밀 스크류 제조는 유럽과 일본 기업이 지배하고 있고, 중국 기업이 중고가 시장 진입을 시도 중이나 미국 내에는 사실상 이 등급을 양산하는 기반이 부재한다. 테슬라는 원가의 20%가 실리는 부품을 자국에 공급 기반이 없는 품목으로 선정했고, 해당 품목의 고급품은 유럽·일본이, 중저가 물량은 중국이 쥐고 있다.

"옵티머스에는 공급망이 없다"

설계가 다르면 조달도 달라진다. 일론 머스크는 2026년 2분기 실적 컨퍼런스콜에서 옵티머스의 제약을 다음과 같이 요약했다. "With Optimus, there is no supply chain. We've had to build up a supply chain in its entirety, or in-house the production." (**옵티머스에는 공급망이 없다. 공급망 전체를 새로 구축하거나 생산을 내재화해야 했다.**)

같은 콜에서 공급망 담당 임원은 금속분말사출성형(MIM) 부품, 연성 인쇄회로(FPC) 등 자동차 공급망에 없던 부품군에 투자하고 있다고 밝혔으며, 초기 램프가 부품의 신규성 때문에 "상당히 평탄하고 길게" 이어질 것이라 설명했다. 중국이 전기차 생태계에서 물려받은 부품으로 회전형 로봇을 조립한 것과 정반대 상황이다.

여기에 지정학적 제약이 겹친다. **중국은 희토류 가공의 약 60%를 통제**하며 2025년 수출통제로 **옵티머스향 자석 공급을 실제로 차단**한 바 있다. 중국 공급망을 완전히 배제할 경우 옵티머스 액추에이터 원가는 2만 2,000달러에서 5만 8,000달러로 약 3배 상승하는 것으로 추정된다.

옵티머스 공급망
부재 문제, 내재화
& 비(非)중국
방향으로 선회

다만 테슬라의 대응 방향은 바뀌고 있다. 당초 중국 전기차 부품사를 중심으로 옵티머스 공급망을 꾸릴 계획이었으나, 미 정부의 중국 휴머노이드 견제 기조가 확인된 이후 **비(非)중국 공급사 또는 내재화 쪽으로 선회한 것으로 파악**된다. 국내 업체 가운데 로보티즈가 Gen3 이전 제품에 액추에이터를 공급한 사실이 확인되었다. 즉 **“테슬라도 결국 중국 부품에 의존한다”는 서술은 현 시점에서 일면적이며**, 의존 구간이 남아 있되 축소 방향으로 움직이고 있다고 보는 것이 정확하다.

연 100만 대 계획, 이제 막 시작

테슬라는 2026년 5월 프리몬트 공장의 모델 S·X 라인을 46일 만에 철거해 옵티머스 전용 라인으로 전환했고, 양산 개시(SOP)를 2026년 7월 말~8월로 잡았다. 두 번째 옵티머스 공장은 기가 텍사스에 건설 중이며 2027년 여름경 가동 예정이다.

프리몬트 연 100만 대, 이후 기가 텍사스를 포함해 최종 연 1,000만 대라는 숫자가 제시되어 있으나 이는 장기 설계 CAPA 목표이지 단기 생산량·수출·수요의 증거가 아니다. 머스크 본인도 1분기 콜에서 램프가 “초기에는 상당히 느릴 것”이라고 언급했고, 옵티머스가 테슬라 외부에서 유용해지는 시점을 2027년으로 제시했다. 2026년 9월 제시된 보상 패키지의 운영 마일스톤 또한 “10년 내 100만 대 인도”로, 연간이 아니라 누적 기준이다.

표 5. 미·중 주요 업체 생산 실적과 계획

진영	기업	실적	계획·캐파	성격
중국	애지봇	2025년 5,168대 (전신형 약 1,300대)	누적 캐파 1만 대	가동 중
중국	유니트리	1H26 5,900대		가동 중
중국	유비테크	Walker S2 수주 8+억 위안		가동 중
중국	샤오펑		연말까지 IRON 월 1,000대+	설치 캐파 목표
미국	테슬라	2025년 300~500대 (목표 5,000대)	프리몬트 연 100만 대 / 기가텍사스 2027 가동장기 설계 캐파	
미국	피규어	누적 인도 약 350대	BotQ 시간당 1대	가동 중
미국	보스턴다이내믹스		월섬 센터 2027 단계적 입주	건설 중

자료: Morgan Stanley, 각 사 발표, KUVIC 리서치 3팀

이제 막 시작된
옵티머스 양산, 핵심
조달 제약은 스크류

미국 진영 전반에서 높은 대체 인건비, 높은 ASP, 자체 설계·수직통합이 나타나는 반면, 물량은 전부 미래형이고 공급망은 신규 구축 중이며, 설계의 원가 중심축인 **스크류가 조달 제약이 가장 큰 품목**이다.

규제가 만든 시장 분리

양측의 분업은 안정적 역할 분담과는 거리가 멀다. 각자 상대가 단기간에 대체할 수 없는 구간을 통제하며 그 수단을 실제로 행사해 왔다. **중국은 희토류를, 미국은 연산 인프라를 장악하고 있다**. 미 상무부는 2026년 5월 31일 엔비디아 AI 칩의 중국 기업 해외 법인 반입까지 차단했고 8월에는 우회 경로를 추가 봉쇄했다. 중국은 2025년 희토류 수출통제로 옵티머스향 자석 공급을 실제로 차단했으며, 2026년 11월 10일 0.1% 룰 재적용이 예정되어 있어 단기 최대 점검 사안이다.

규제는 시장 자체를 분리하는 방향으로도 작동한다. 2026년 7월 28일 FCC는 외국산 이동형 로봇을 Covered List에 등재해 2kg 초과·온보드 센싱·통신·자율 기능을 갖춘 로봇의 신규 장비인증을 원칙적으로 금지했다. 예외 승인의 주무 부처가 국방부이고 조건이 미국 내 제조 시설 신설·확대 계획 제출이라는 점에서 사실상 중국산 배제 조치다. 앞서 2026년 8월 국방부는 유니트리를 CMC(중국 군민융합 기업) 리스트에 등재했고, 하원에는 Humanoid Robot Act를 포함한 복수 법안이 발의되어 있어 행정 조치를 넘어 입법 단계의 규제가 뒤따를 전망이다.

양국의 설계 차이가
규제를 거쳐 시장
분리로 고정

결과적으로 **미국 시장에서 조달 가능한 로봇의 가격대와 중국 시장의 가격대가 구조적으로 분리**된다. **회전형과 직선형이라는 설계 차이가 규제에 의해 시장 분리로 고정되는 셈**이며, 이로 인해 **양국의 투자 회수기간 계산에 있어 차이가 발생**한다. 동시에 **이 분리는 비중국 공급망의 공백을 만든다**. 2025년

글로벌 휴머노이드 생산의 86%가 중국 기업이었으며 테슬라·피규어만으로 미국 수요를 감당하기 어려운 반면, 독일·일본의 전통 로봇 강자들은 아직 휴머노이드 진출 의지가 높지 않다. 해당 공백에서 한국 부품사로 시선을 돌릴 여지가 발생한다.

지역별 휴머노이드 투자회수기간 추정과 산출 논리

모델 설명

본 리서치 팀은 중국 OEM과 테슬라 옵티머스의 투자회수기간을 확인하기 위해 모델을 세워 추정을 진행하였다. 본 모델은 휴머노이드 1대를 공장에 투입했을 때 초기투자를 회수하는 데 걸리는 기간을 다음 식으로 정의한다.

$$\text{회수기간} = \frac{P + I}{H \times W \times s \times r - (M + H \times c)}$$

실제로 회수기간을 결정하는 것은 연간 순절감액(분모)

분자는 회수해야 할 금액(초기 투자 금액), 분모는 연간 순절감액이다. 이런 구조를 택한 이유는 휴머노이드의 경제성이 하드웨어 가격만의 문제가 아니기 때문이다. 시장의 통상적 논의는 "로봇 가격이 2만 달러까지 떨어지면 사람을 대체한다"는 식으로 분자에만 초점을 맞추지만, **실제로 회수기간을 결정하는 것은 분모다**. 그리고 그 연간 순절감액은 로봇이 1년에 몇 시간을 일하는지(H), 그 시간이 얼마짜리 노동을 대신하는지(W), 시도한 작업 중 몇 %를 제대로 끝내는지(s), 그리고 로봇 1시간이 인간 노동 몇 시간의 가치를 갖는지(r)를 모두 곱해 구한 연간 편익이 기반이다.

투자회수기간 추정 결과와 해석

Base 케이스 기준, 중국의 첫 경제성 성립연도는 2031년

변수에 대한 자세한 설명은 APPENDIX에 서술하였다. 바로 결론부터 확인해보면, 중국 기준 Base 시나리오 기준 2026~2027년은 연간 순절감액이 음수로 나오면서 회수기간이 산출되지 않는다. 2026년 로봇 1시간이 대체하는 인건비는 0.56달러인 반면 시간당 총비용은 1.87달러로, 시간당 마진이 -1.31달러다. 이는 오류가 아니라 **r이 곱셈 구조라 초기 연도에 매우 작기 때문이다**. 2028년에 순절감이 흑자로 돌아서지만 회수기간은 40년이고, **2년 이하 임계치(경제성 충족 기준)를 처음 만족하는 것은 2031년**이다. Bull은 2028년 성립, Bear는 2032년까지도 미성립이다.

표 6. 중국 연도별 ROI 산출 (Base 케이스)

변수	설명/항목	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
P + I	초기 투자 금액	100,000	80,773	67,574	58,108	51,155	45,982	42,119
H·W·s·r	연간 편익	2,061	3,741	6,970	12,856	21,559	32,122	44,007
M + H·c	연간 운영비	6,924	5,982	5,295	4,764	4,343	4,006	3,735
	연간 순절감액	-4,864	-2,241	1,675	8,092	17,216	28,116	40,272
	회수기간(년)	미회수	미회수	40.34	7.18	2.97	1.64	1.05

자료: KUVIC 리서치 3팀

한편 미국 모델의 경우, 초기 단가 P는 높으나 가파른 학습곡선 기율기와 고밀도 집중 배치를 통해 **2026년 총 초기투자 비용을 15만 달러, 중국의 1.5배 차이로 좁혔다**. 더불어 결정적으로 제조업 총보상이 중국 대비 4~5배나 높았다. 요약하면 **미국은 초기투자가 1.5배인 대신 편익 단가가 5배인 구조였다**.

표 7. 미국 연도별 ROI 산출 (Base 케이스)

변수	설명/항목	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
P + I	초기 투자 금액	150,000	95,360	65,637	48,112	37,520	31,178	27,645
H·W·s·r	연간 편익	9,114	16,779	30,441	56,337	97,241	141,938	193,529
M + H·c	연간 운영비	13,726	9,367	6,843	5,355	4,481	3,864	3,516
	연간 순절감액	-4,612	7,411	23,598	50,982	92,760	138,074	190,013
	회수기간(년)	미회수	12.87	2.78	0.94	0.40	0.23	0.15

자료: KUVIC 리서치 3팀

투자회수기간이 중국보다 2년 앞서는 미국

그 결과 Base 케이스 기준 미국의 2026년 연간 편익은 9,114달러로 중국의 4.4배이며, 경제성은 2029년에 성립해 중국보다 2년 앞선다. 그리고 이 결과가 밸류체인 선택으로 이어진다. Base 기준 성립 시점이 미국 2029년, 중국 2031년으로 갈리고 Bear에서조차 미국이 2030년에 성립한다는 것은, **초기 물량이 중국의 다수 업체가 아니라 옵티머스 단일 플랫폼에서 먼저 나올 것이라는 뜻이다**. 여기서 중요

한 것은 두 진영의 액추에이터 구조가 다르다는 점이다. 중국 업체 다수가 회전형 하모닉 드라이브 위주로 설계하는 반면 옵티머스는 리니어 액추에이터 비중이 높고, 그 핵심 부품이 유성 롤러 스크류(PRS)다. 즉 미국이 먼저 개화한다는 본 모델의 결론은 곧 초기 수요가 밸류체인 중에서도 PRS에 집중된다는 의미가 된다.

표 8. 미·중 회수기간 및 경제성 성립 연도 (년)

지역	시나리오	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
중국	Bear	미회수	미회수	미회수	미회수	미회수	미회수	32.0
	Base	미회수	미회수	40.3	7.2	3.0	1.6	1.0
	Bull	17.5	5.0	1.9	1.00	0.61	0.43	0.33
미국	Bear	미회수	미회수	47.2	4.9	1.5	0.65	0.37
	Base	미회수	12.9	2.8	0.94	0.40	0.23	0.15
	Bull	4.9	1.4	0.44	0.22	0.111	0.08	0.06

자료: KUVIC 리서치 3팀

휴머노이드 밸류체인과 PRS

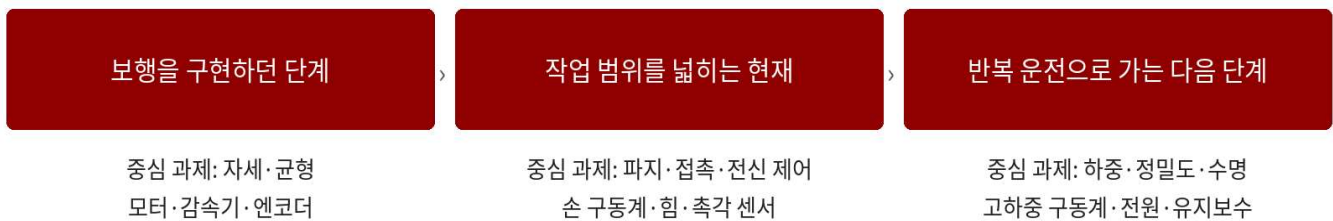
휴머노이드 핵심 밸류체인과 과제

보행에서 조작으로, 이제는 반복 작업을 준비한다

개발 과제는
보행에서 조작으로,
다음은 반복 작업

휴머노이드의 개발 과제는 단계마다 달라진다. 몸을 세우고 걷게 만드는 동안에는 모터와 감속기, 관절 위치를 읽는 엔코더가 중심이었다. 이제 경쟁의 초점은 물체를 잡고 옮기며 일을 끝내는 능력으로 넓어졌다. **다음 관문은 이 작업을 공장 속도에 맞춰 오래 반복하는 것이다.** 손의 조작 능력이 쓰임새를 넓힌다면, 몸체와 다리의 구동계는 늘어난 작업 하중을 견뎌야 한다.

그림 14. 작업의 발전에 따라 달라지는 핵심 과제



자료: KUVIC 리서치 3팀

빈손 보행에서 부품 상자를 잡아 운반하는 작업으로 넓어지면, 손뿐 아니라 팔·허리·다리도 추가 무게를 받아야 한다. Atlas의 공식 사양은 자체 중량 90kg, 지속 취급 하중 30kg이다. 30kg을 들면 로봇과 물체의 합산 무게가 **90kg에서 120kg으로 약 33%** 늘어난다. 이는 동일 로봇의 작업 조건 비교다. 이동·정지 때의 관성까지 고려하면, 손이 새로운 일을 열어줄수록 전신 구동계의 힘과 반복 내구성도 중요해진다.

표 9. 공개 사례로 본 기술의 진전과 다음 목표

단계	실제 사례·목표	추가로 중요해지는 성능
보행·동작 구현 2025 → 2026	관절을 제어해 자세를 유지하고 이동	모터 출력, 감속기 정밀도, 위치 측정
조작과 이동의 연결 2026	Figure: 상체 제어 Helix에서 전신 제어 Helix 02로 확대	손의 접촉 감지, 파지력 조절, 보행 중 균형
생산·현장 검증 2028 → 2030	Tesla: 초기 생산분의 학습 활용 계획 XPeng: IRON 제조라인 가동 발표	부품 품질의 일관성, 작업 데이터 축적
공장 적용 확대 목표	현대차·Atlas: 부품 시퀀싱에서 부품 조립으로 확대	반복 정밀도, 접촉력 제어, 하중·수명

자료: 각사 발표, KUVIC 리서치 3팀

관절의 힘과 정밀도를 만드는 통합 액추에이터

힘·전달·위치 제어를
한 관절에 묶은
통합 액추에이터

보행을 구현하려면 관절이 원하는 방향으로 정확히 힘을 내야 한다. 모터가 힘을 만들고 감속기나 스크류가 이를 전달하며, 엔코더가 실제 위치를 읽어 오차를 보정한다. 이러한 기능을 관절 하나에 묶은 것이 **통합 액추에이터**다. ROBOTIS의 DYNAMIXEL처럼 이 기능을 모듈화하면 OEM은 부품을 하나씩 조합하는 부담을 줄일 수 있다. **회전형은 주로 감속기를, 직전형은 스크류를 결합**하며, 모듈 성능은 출력뿐 아니라 위치 제어와 발열·내구성까지 함께 좌우한다.

그림 15. 관절 기능을 묶은 통합 액추에이터



자료: 로보티즈

표 10. 통합 액추에이터 기업과 제품

기업·제품	특징
ROBOTIS DYNAMIXEL	모터·감속기·제어기를 결합한 스마트 액추에이터
CubeMars AK 시리즈	모터·감속기·드라이버를 통합한 관절 모듈
MYACTUATOR RMD-X	유성 감속기 기반의 통합 구동 모듈

자료: 각사 제품자료

표 11. 핵심 부품의 역할과 대표 기업 정리

부품·기능	로봇에서 하는 일	대표 기업·제품 영역
모터	전기를 회전력으로 바꾼다. 몸통 관절에는 토크 모터, 손에는 소형 모터 등이 사용된다.	Inovance·maxon·Portescap
감속기	모터의 빠른 회전을 낮추고 관절에 필요한 토크를 전달한다. 하모닉·유성 방식 등이 있다.	Leaderdrive·Harmonic Drive
스크류	모터 회전을 직선 운동으로 변환한다. 볼스크류와 PRS는 하중·수명·가격 조건에 따라 선택한다.	Rollvis·Ewellix; THK·NSK(볼스크류)
센서·엔코더	카메라는 환경, 힘·촉각 센서는 접촉 상태, 엔코더는 위치·속도를 측정한다.	Orbbec·ATI·XELA·HEIDENHAIN
베어링	회전축과 관절을 지지하고 마찰을 줄이며 하중을 받는다.	NSK·Schaeffler
배터리·전원	셀·팩·BMS가 전력을 저장·공급하고 상태를 관리한다.	CATL·LG에너지솔루션
연산·소프트웨어	인지·계획·제어·학습을 수행한다. VLA는 시각·언어 입력을 행동으로 연결하는 모델이다.	NVIDIA·Google DeepMind·AgiBot
통합·현장 운영	액추에이터 통합, 본체 조립, 공정 설정과 유지보수를 담당한다.	ROBOTIS(구동모듈); Tesla·Unitree·UBTECH(OEM)

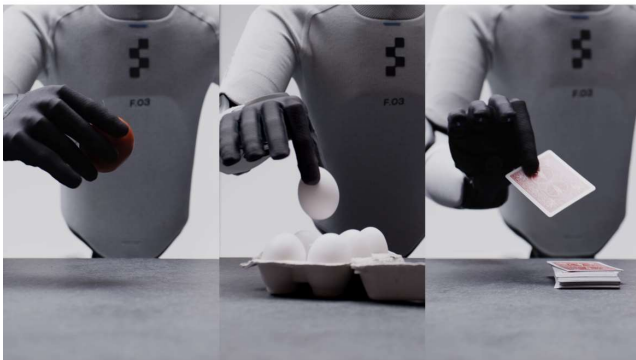
자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

현재의 과제는 ‘손으로 잡고 작업을 끝내는 능력’

손의 성능이 로봇이
말을 수 있는 일의
범위를 결정

손의 성능은 로봇이 맡을 수 있는 일의 범위를 결정한다. 같은 위치의 부품을 옮기는 일과, 얇거나 깨지기 쉬운 물체를 잡는 일은 난도가 다르다. 머리 카메라에서 물체가 잘 보여도 손에 가려지거나 잡은 뒤 미끄러질 수 있다. 이때 촉각과 힘 정보가 있어야 손의 힘을 다시 조절할 수 있다.

그림 16. 물체에 따라 달라지는 손의 파지



자료: Figure, KUVIC 리서치 3팀

그림 17. 파지와 이동을 연결한 연속 작업



자료: Figure, KUVIC 리서치 3팀

Figure 03은 손바닥 카메라와 손끝 촉각을 도입했고, 2026년 1월 Helix 02에서는 이를 전신 제어와 연결한 작업을 시연했다. 변화는 손가락을 더 많이 움직였다는 데 그치지 않는다. 물체를 잡은 상태로 이동하고 다른 위치에 놓는 동작이 이어졌다는 점이 중요하다. 다만 짧은 자율 시연과 공장 한 교대의 연속 운전 사이에는 아직 검증할 거리가 남아 있다.

현재 손과 센서에 주목하는 이유는 이들이 새로운 작업을 열어주기 때문이다. 이후 같은 작업이 현장에 반복 배치되면 관심은 작업 성공 여부에서 **지속적으로 같은 품질을 낼 수 있는지로 옮겨간다**. 그때에는 손뿐 아니라 **하중을 전달하는 팔과 다리의 내구성도 중요해진다**.

표 12. 단순 파지에서 실제 작업으로 넘어갈 때 달라지는 요구

작업 수준	새롭게 어려워지는 부분	중요한 부품 기능
정해진 물체를 집기	목표 위치를 정확히 찾고 손을 이동	카메라·엔코더·손 구동계
다양한 물체를 안정적으로 잡기	깨뜨리거나 미끄러뜨리지 않도록 힘 조절	촉각·힘센서·소형 구동계
물체를 들고 이동하기	하중이 바뀌어도 파지와 균형 유지	전신 제어·팔과 다리의 액추에이터
부품을 맞춰 조립하기	접촉 저항에 맞춰 위치와 힘을 보정	손목 힘·토크센서·정밀 구동계

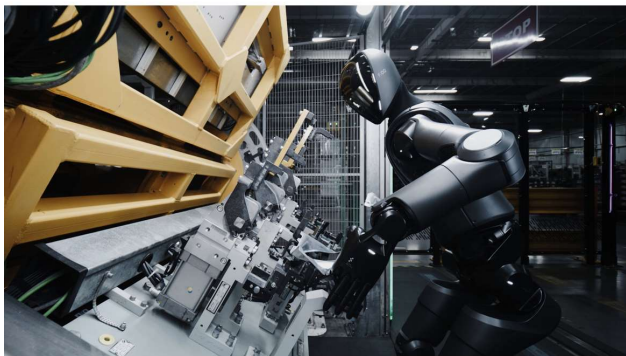
자료: Figure, KUVIC 리서치 3팀

다음 관문은 ‘하중을 견디며 같은 작업을 반복하는 것’

같은 속도와 품질로
업무를 반복하는
것이 다음 과제

현대차그룹은 Atlas를 2028년 부품 시퀀싱에 투입하고 2030년에는 부품 조립으로 확대할 계획이다. 시퀀싱이 필요한 부품을 순서에 맞춰 공급하는 일이라면, 조립은 부품의 위치를 맞추고 접촉 저항에 따라 힘을 조절하는 일이다. 공장에서는 이 동작을 **같은 속도와 품질로 반복하는 것이 중요하다**.

그림 18. 반복 하중을 받는 공장 작업



자료: Figure, KUVIC 리서치 3팀

그림 19. 큰 하중의 전달에 쓰이는 PRS



자료: Rollvis

직선형 액추에이터에서는 스크류가 모터의 회전을 밀고 당기는 힘으로 바꾼다. 구동장치의 길이가 변하면서 무릎을 펴고 굽히는 식이다. 이때 **PRS는 여러 롤러로 힘을 나눠 전달해, 좁은 공간에서 큰 하중과 높은 강성을 확보하는 데 유리하다**. 손의 개선으로 다룰 수 있는 작업이 늘어날수록, 이를 받치는 구동계에도 더 높은 성능이 요구될 수 있다.

큰 힘 확보와
반복에 강한 PRS

PRS는 직선형 관절에서 큰 힘을 작은 공간에 담고, 같은 동작을 오래 반복해야 할 때 유리하다. 다만 관절을 모터와 감속기로 직접 돌려도 필요한 힘과 수명을 확보할 수 있다면 스크류를 넣을 필요는 없다. 직선형을 택하더라도 요구 하중이 크지 않으면 볼스크류로 충분할 수 있다. **결국 PRS의 채택은 작업 하중과 설치 공간, 비용을 함께 따져 결정된다**.

표 13. 작업 요구에 따른 볼 스크류와 PRS의 선택

구분	볼 스크류	유성 롤러스크류 (PRS)
주요 장점	공급 기반이 넓고 비용·효율을 맞추기 용이	제한된 공간에서 큰 하중과 강성 확보에 유리
선택 조건	필요한 힘과 수명을 충족하면서 비용을 낮출 때	큰 힘을 작은 관절에서 반복 전달해야 할 때
추가 부담	하중이 커지면 큰 규격이 필요할 수 있음	가공·조립 난도와 비용 부담
대표 기업	THK·NSK 등	Rollvis·Ewellix 등

자료: THK, Rollvis, Ewellix, KUVIC 리서치 3팀

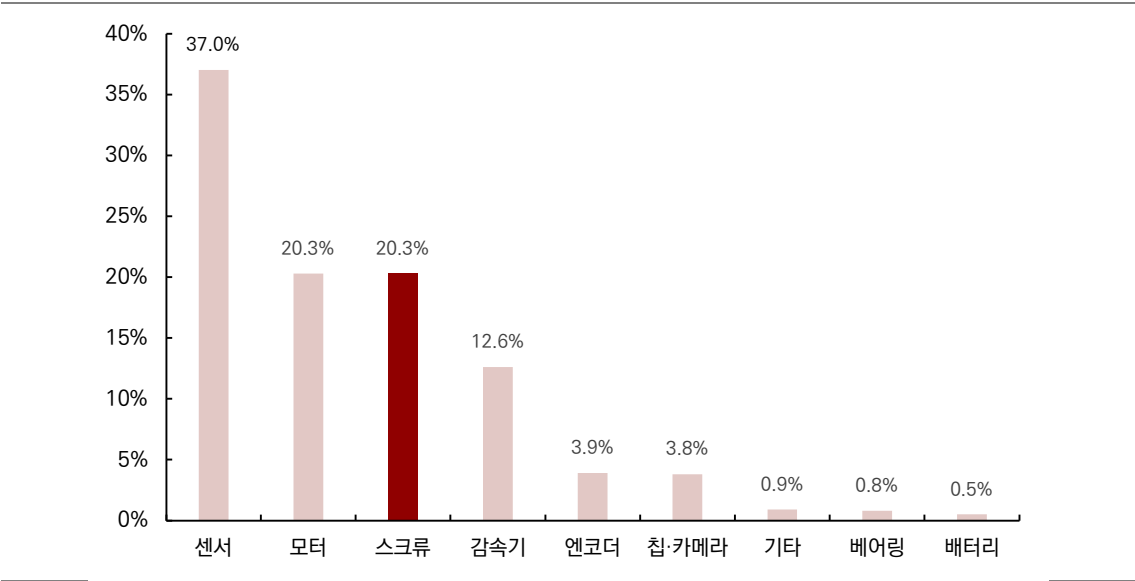
스크류와 PRS의 중요성

옵티머스 원가 Breakdown

옵티머스 Gen2
원가의 20.2%가
스크류, 다리는
PRS

옵티머스 Gen2 원가 내에서 **스크류는 20.2%**를 차지한다. 부위별로 보면 팔에는 볼스크류, 허벅지와 종아리에는 PRS가 배치된다. 같은 로봇 안에서도 필요한 힘과 배치 공간에 따라 구동 방식이 달라지는 사례다.

그림 20. 옵티머스 Gen2 부품별 원가 비중



자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

표 14. 옵티머스 Gen2 부위별 구성과 원가 추정

부위	구동 방식·개수	주요 구성	원가(\$천)	비중
머리	-	FSD·칩·카메라 등	2.1	3.8%
어깨	회전형 6개	토크 모터·하모닉 감속기 각 6개	7.8	14.2%
팔꿈치	회전형 2개	토크 모터·하모닉 감속기 각 2개	2.6	4.7%
허리·골반	회전형 6개	토크 모터·하모닉 감속기 각 6개	7.8	14.2%
손	구동장치 12개	코어리스 모터·유성 감속기 각 12개	9.5	17.2%
상완	직선형 2개	토크 모터·볼스크류 각 2개	1.1	2.0%
전완	직선형 4개	토크 모터·볼스크류 각 4개	2.2	3.9%
허벅지	직선형 4개	토크 모터·PRS 각 4개	7.3	13.2%
종아리	직선형 4개	토크 모터·PRS 각 4개	7.3	13.2%
발	-	6축 힘·토크센서 2개	6.7	12.2%
배터리	-	2.3kWh, 52V	0.3	0.5%
기타	-	골격·외피·열관리 등	0.5	0.9%

자료: Morgan Stanley, 각사 발표, KUVIC 리서치 3팀

관절 설계가 다양해지며 스크류의 쓰임이 넓어진다

혼합형은 한 로봇의 관절마다 두 방식을 나눠 쓰는 설계다. 예컨대 어깨에는 방향을 바꾸는 회전형을 배치하고, 다리에는 길이 방향 공간을 활용하는 직선형을 넣을 수 있다. 직선형도 최종적으로는 무릎 같은 관절을 회전시키므로 운반은 직선형, 조립은 회전형으로 나뉘는 것은 아니다. 필요한 힘과 움직임, 설치 공간을 함께 맞추는 것이 혼합형의 이유다.

혼합형 비중 확대에
따라 스크류 원가
비중도 함께 확대

이러한 방향은 외부 원가 전망에서도 나타난다. Morgan Stanley는 회전형과 직선형을 함께 쓰는 혼합형 모델 비중이 2026년 9%에서 2035년 40%로 확대될 것으로 추정한다. 같은 기간 **스크류 원가 비중은 8%에서 12%로 높아진다**. 다양한 관절 요구에 맞춰 직선 구동계를 활용하는 범위가 넓어진다는 전망이다.

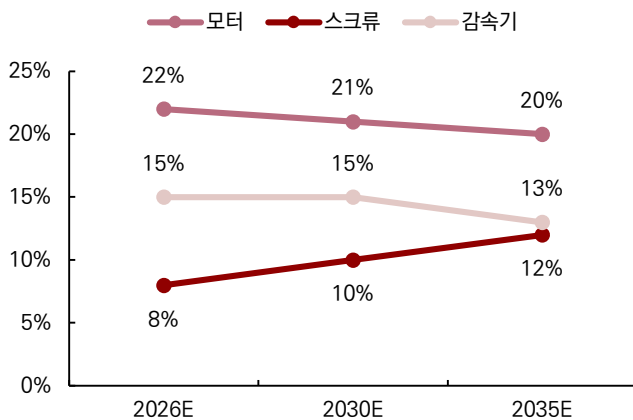
다만 스크류 비중에는 볼스크류와 PRS가 모두 포함된다. PRS 수요는 직선형 채택 대수와 대당 PRS 개수로 연결해야 한다. Gen2 다리의 원가 26.4%도 모터·센서 등을 포함하므로 PRS 자체 원가와 구분한다.

표 15. 회전형과 직선형 구동계의 역할 비교

구분	회전형	직선형
힘의 전달	모터·감속기로 관절 축을 직접 회전	모터·스크류로 밀고 당겨 관절을 움직임
활용 이유	회전축 주변에 배치하고 넓은 각도로 움직이기 용이	몸체 길이 방향 공간을 활용해 큰 힘 전달
Gen2 적용 예	어깨·팔꿈치·허리·골반	팔의 일부와 허벅지·종아리
설계 시 확인	필요 토크·회전 범위·관절 크기	필요 추력·이동 거리·설치 공간

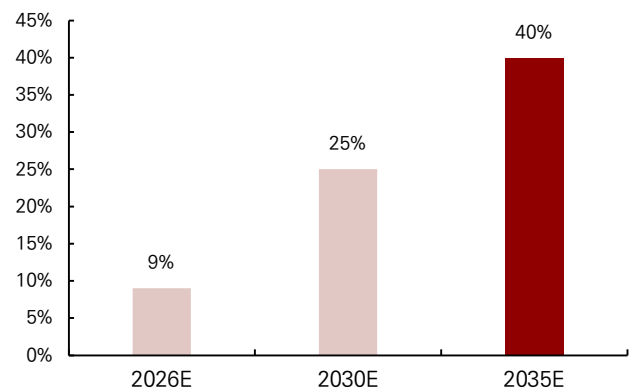
자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

그림 21. 주요 구동 부품의 원가 비중 전망



자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

그림 22. 혼합형 모델 비중 전망



자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

소프트웨어가 작업을 넓히고 운영 기술이 가동시간을 늘린다

소프트웨어는 작업
범위를, 구동계는
반복 시간을 확대

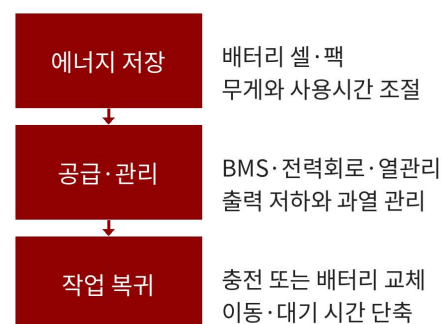
하드웨어의 발전과 나란히 소프트웨어의 과제도 달라진다. 정해진 동작을 실행하는 것에서 주변을 이해하고 행동을 선택하는 것으로, 다시 낯선 물체와 환경에서도 같은 일을 수행하는 것으로 확장된다. VLA는 시각·언어 정보를 행동으로 연결하는 모델이며, 실제 작업 데이터는 이 행동을 현장에서 보정하는 재료다.

그림 23. 인지에서 행동과 학습으로



자료: 각사 발표, KUVIC 리서치 3팀

그림 24. 전원 관리에서 작업 복귀까지



자료: UBTECH

Figure가 2026년 8월 25일 공개한 Index는 사람이 집과 일터에서 수행하는 작업 영상을 모으는 **앱 기반 데이터 플랫폼**이다. 참가자가 청소·정리·물류 등의 영상을 올리면 품질 검사, 중복 제거와 작업 설명 부여를 거쳐 Helix 학습에 활용한다. 공개 당시 누적 영상은 1,600만 건 이상이었다. 낯선 물체와 환경을 배우는 재료를 넓힌다는 의미이며, 영상 수가 곧 로봇의 자율 작업시간을 뜻하지는 않는다.

손과 학습 데이터가 로봇이 할 수 있는 일을 늘린다면, 구동계와 운영 기술은 그 일을 오래 반복할 수 있게 만든다. 밸류체인 다음 성장 기회는 넓어진 작업 범위가 실제 공장의 하중과 수명 요구로 바뀌는 곳에 있다. 그중 PRS는 큰 힘을 좁은 공간에서 반복 전달하는 직선형 관절의 핵심 부품이다. 따라서 PRS의 수요 확대를 가르는 것은 **로봇 생산량과 함께, 해당 관절에 PRS를 채택하는 설계의 확산**이다.

표 16. 단계가 바뀌며 달라지는 소프트웨어와 운영 과제

단계	소프트웨어·데이터	전원·운영
동작 구현	정해진 동작의 안정적 제어	필요한 출력과 사용시간 확보
현재의 작업 확장	보행·조작 연결, 접촉 정보 활용, 다양한 환경 데이터 축적	작업 실패 후 복구, 충전·교체 방식 개선
반복 배치 확대	새 공정 학습과 여러 대의 작업 관리	고장·발열·충전 대기 줄여 가동시간 확보

자료: 각사 발표, KUVIC 리서치 3팀

왜 PRS인가

로봇이 스스로 걸어 다니는 순간, 부품의 평가 기준이 바뀐다

PRS 8개는 왜 전부 다리에 들어갈까?

옵티머스 Gen2에는 28개의 몸통 액추에이터가 들어간다. 이 중 14개는 모터와 감속기로 관절을 직접 돌리는 회전형이고, 나머지 14개는 모터의 회전을 스크류를 통해 직선 운동으로 바꾸는 직선형이다. 직선형 14개는 다시 나뉘어 상완 2개와 전완 4개에는 볼스크류가, **허벅지 4개와 종아리 4개에는 유성 롤러스크류(Planetary Roller Screw, PRS)가 들어간다. PRS 8개가 전부 다리에 배치된 셈이다.**

이 배치는 부품의 우열보다 관절이 받는 하중의 차이를 보여준다. 팔은 물체를 들고 움직이지만 기본적으로 로봇 전체를 지지하지 않는다. 반면 **다리는 로봇의 하중에 더해 작업 중 들고 있는 물체의 무게와 보행·정지·착지 과정에서 발생하는 동적 하중까지** 받아낸다. 하체 관절은 큰 힘을 반복적으로 견뎌야 하는 동시에, 그 관절 자체의 무게도 최소화해야 한다.

절대적인 힘보다,
단위 무게·부피당
힘의 크기가 중요

이동형 로봇에서는 부품의 무게가 단순히 한 번 더해지고 끝나지 않는다. 구동계가 무거워지면 다리가 들어야 할 자중이 늘고, 더 큰 힘을 내기 위해 모터와 배터리가 커지면 그 무게가 다시 하체에 얹힌다. 고정된 산업용 로봇과 달리 자기 부품을 스스로 들고 다녀야 하기 때문이다. 따라서 휴머노이드에서는 절대적인 힘보다 **단위 무게·부피당 얼마나 큰 힘을 낼 수 있는가가 중요**해진다. 같은 하중을 더 작은 부품으로 처리하면 관절뿐 아니라 이를 지지하는 구조물과 배터리 부담도 함께 낮출 수 있다. 이 조건이 가장 강하게 작용하는 부위가 다리다.

원가에서도 차이가 드러난다. 옵티머스 Gen2 추정치에서 볼스크류를 쓰는 상완 직선형 액추에이터는 개당 약 550달러에 전완도 같은 수준인 반면, PRS가 들어가는 허벅지와 종아리 액추에이터는 개당 약 1,825달러다.

표 31. 옵티머스 2세대 부위별 액추에이터 개당 원가

부위	구동 방식	전동 부품	액추에이터 수	부위 원가	개당 원가
허벅지	직선형	유성 롤러스크류	4	\$7.3k	\$1,825
종아리	직선형	유성 롤러스크류	4	\$7.3k	\$1,825
어깨	회전형	하모닉 감속기	6	\$7.8k	\$1,300
허리·골반	회전형	하모닉 감속기	6	\$7.8k	\$1,300
팔꿈치	회전형	하모닉 감속기	2	\$2.6k	\$1,300
전완	직선형	볼스크류	4	\$2.2k	\$550
상완	직선형	볼스크류	2	\$1.1k	\$550

자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

스크류의 종류가
단가에 영향

주목할 점은 **직선형 안에서 가장 비싼 액추에이터와 가장 싼 액추에이터가 동시에 나온다는 것**이다. 회전형 관절이 개당 1,300달러로 중간에 놓이고, 그 위아래로 PRS를 쓰는 다리(1,825달러)와 볼스크류를 쓰는 팔(550달러)이 갈린다. 직선형이라서 비싸거나 싼 것이 아니라, **어떤 스크류를 넣느냐가 단가를 가른다는 뜻**이다.

다만 이 차이를 전부 스크류 가격 차이로 해석할 수는 없다. 다리 관절은 모터·센서·하우징 등 나머지 부품에도 더 높은 사양이 요구되기 때문이다. 중요한 것은 같은 직선형 안에서도 하중 조건에 따라 모듈의 원가와 설계가 크게 달라진다는 점이다.

다리의 선택: 직선형, 그리고 PRS로

다리를 움직이는 방식은 크게 2번의 선택을 거친다. 먼저 관절을 회전형으로 직접 돌릴 것인지, 스크류를 이용한 직선형으로 밀고 당길 것인지가 갈린다. 이후 직선형 속에서 다시 볼스크류와 PRS로 나뉜다.

회전형은 모터의 빠른 회전을 감속기로 낮춰 관절 축에 직접 전달한다. **구조가 간결하고 집적도가 높으며, 넓은 각도로 움직여야 하는 어깨·허리·골반 등에 배치하기 쉽다.** 중국 OEM이 전회전형 구조를 빠르게 양산할 수 있었던 것도 모터와 감속기 공급 기반을 기존 전기차·산업용 로봇 생태계에서 가져올 수 있었기 때문이다.

무릎·다리 관절과 유사한 특성을 가진 직선형

직선형은 모터 회전을 스크류를 통해 직선 운동으로 바꾼 뒤 링크를 통해 관절을 움직인다. **제한된 공간에서 큰 힘을 전달하기에 유리하며, 큰 힘이 필요하면서 구동 장치의 이동거리는 상대적으로 짧은 무릎·다리 관절과 맞아떨어지는 특성**을 가진다. 직선형의 또 다른 장점은 질량 배치로, 무거운 모터를 관절 축 자체가 아니라 허벅지 안쪽이나 몸체 길이 방향에 배치하고 스크류와 링크로 힘을 전달할 수 있다. 즉 다리 끝단의 질량과 회전 관성을 줄이는 데 유리하다. 또한 예압 구조를 적용하면 백래시를 작게 만들어 반복 하중에서도 높은 강성을 유지할 수 있다.

직선형 하위에서는 다시 가격과 성능의 상충이 발생한다. **볼스크류**는 볼이 스크류와 너트 사이에서 구르며 힘을 전달한다. 자동차·산업기계에서 오랫동안 사용돼 공급 기반이 넓고 원가 또한 상대적으로 낮다. 요구 하중과 수명을 충족한다면 가장 경제적인 선택이다.

더 큰 힘을 확보할 수 있지만, 가격 부담이 있는 PRS

PRS는 볼 대신 나사산이 있는 여러 개의 롤러가 하중을 나눠 받는다. **제한된 공간에서 더 큰 하중과 강성을 확보하는 데 유리하고, 반복 하중을 받는 용도에서도 강점이 있다.** 반면 구조와 가공 난도가 높고 현재 공급 기반도 좁아 가격 부담이 크다. 결국 선택 기준은 단순하다. **볼스크류로 필요한 성능을 충족할 수 있으면 볼스크류를 쓰고, 볼스크류로 동일한 크기·수명·강성을 맞추기 어려운 구간에서 PRS의 가격 프리미엄이 정당화된다.** 옵티머스가 팔에는 볼스크류를, 다리에는 PRS를 나눠 쓰는 것도 이 기준의 결과로, PRS가 더 우수한 부품이어서 전 관절에 적용된 것이 아니라 고하중 관절에서만 성능 기준이 원가 기준을 이긴 것이다.

표 32. 구동 방식의 선택 기준

구분	회전형	볼스크류 직선형	PRS 직선형
힘 전달	모터+감속기로 축 직접 회전	스크류로 직선력 변환	스크류로 직선력 변환
강점	집적도·회전 범위·양산성	낮은 원가·넓은 공급 기반	고하중·고강성·출력밀도
주요 제약	고하중 시 감속계 부담	하중 증가 시 규격 확대	높은 가공난도·원가
적합 조건	넓은 회전각	중·저하중	고하중·반복 사용
Gen2 예	어깨·허리·골반	상완·전완	허벅지·종아리

자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

PRS 채택을 지지하는 조건은 강화되는 중

같은 방향을 향하는 세 변화

현재 PRS가 들어가는 범위는 제한적이나, 서로 성격이 다른 3가지 변화가 동시에 PRS가 유리한 조건을 강화하고 있다.

먼저는 **손의 고도화**다. 옵티머스의 손 자유도는 Gen1 11개에서 Gen3 22개로 늘었다. 손가락 관절과 촉각 센서가 늘어나면 손끝의 기능은 좋아지지만 팔 끝의 질량과 관성도 커진다. 정지 상태의 무게뿐 아니라 팔을 뻗고 회수하는 과정에서 **전신 균형에 가해지는 동적 하중이 증가한다.** 늘어난 질량을 결국 지탱하는 것은 다리다.

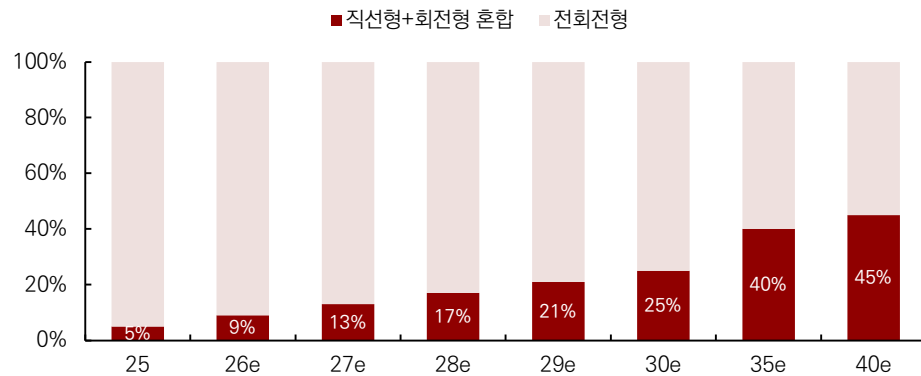
손의 고도화 +
물류 현장 투입 +
직선형 확대
= PRS 채택 증가

2번째는 **물류 시장으로의 투입**이다. 2026년 상반기 기준 **창고·물류**는 전체 휴머노이드 출하 용도의 4.9%에 불과하지만, 2027년 전망에서는 33%로 **가장 큰 전방시장**으로 제시된다. 전망이 그대로 실현된다는 보장은 없으나, **물류는 다른 용도와 하중 조건 자체가 다르다**. 공연·안내용 로봇은 자기 몸을 움직이면 되지만 물류 로봇은 물체를 들고 이동하는 것이 작업 그 자체다.

물류에서는 하중뿐 아니라 **가동률**도 높아진다. 경제성은 시간당 처리량에서 나오기 때문에 같은 움직임을 장시간 반복할 수 있는 것이 중요하다. 순간적으로 큰 힘을 1번 내는 것보다, **같은 힘과 위치 정밀도를 반복 동작에서도 유지하는 것이 중요**해진다. 이는 PRS가 가진 수명과 고하중 특성의 가치를 높이는 방향이다.

마지막 3번째는 직선형 액추에이터 채택 자체의 확대. 현재 시장 대부분은 회전형이지만 혼합형 구조의 비중은 점진적으로 확대될 것으로 전망된다.

그림 26. 휴머노이드 구동 설계 믹스 전망



자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

세 변화의 출발점은 다르지만 결과는 같다. **손 고도화**는 다리가 들어야 하는 질량을 늘리고, **물류 전환**은 다리가 받아야 하는 페이로드와 반복 수명을 늘리며, **혼합형 채택 확대**는 스크류를 사용하는 관절의 숫자 자체를 늘린다. 결국 PRS의 중요성은 이 3가지 흐름을 따라 더욱 커져 갈 것이다.

PRS의 가격은 부품 단가만으로 판단하기 어렵다

단품은 볼스크류
우위, 판단 기준은
시스템 전체 비용

성능 조건은 PRS에 유리한 방향으로 움직이지만, 대량 투입이 전제인 산업에서 원가를 떼어놓고 볼 수는 없다. 단품 기준에서는 답이 명확하다. 앞서 다룬 공급 구조의 차이 때문에 **볼스크류가 싸고, 그 격차는 현재 상당**하다.

그러나 로봇 제조사가 최소화하려는 대상은 스크류 하나의 가격이 아니라 완성된 시스템의 비용이다. 비교 단위를 넓히면 포함되는 항목이 달라지고, 두 부품의 상대 평가도 함께 달라진다.

표 33. 비교 단위에 따른 볼스크류와 PRS의 상대 평가

비교 단위	추가로 포함되는 항목	두 부품의 상대 평가
부품	스크류 단가	볼스크류 우위. 격차가 가장 크게 보이는 단위
액추에이터	너트·하우징·모터·구조물 규격	격차 축소. 고하중에서는 볼스크류도 규격을 키워야 함
로봇	자중·소요 출력·배터리 용량	격차 추가 축소. 관절 무게가 배터리로 되돌아오는 질량 되먹임
총소유비용	수명·교체 주기·다운타임	가동률이 높을수록 역전 가능
시간(학습곡선)	생산량 증가·전용 가공설비 확산	하락 여력이 비대칭. 볼스크류는 이미 성숙 단계

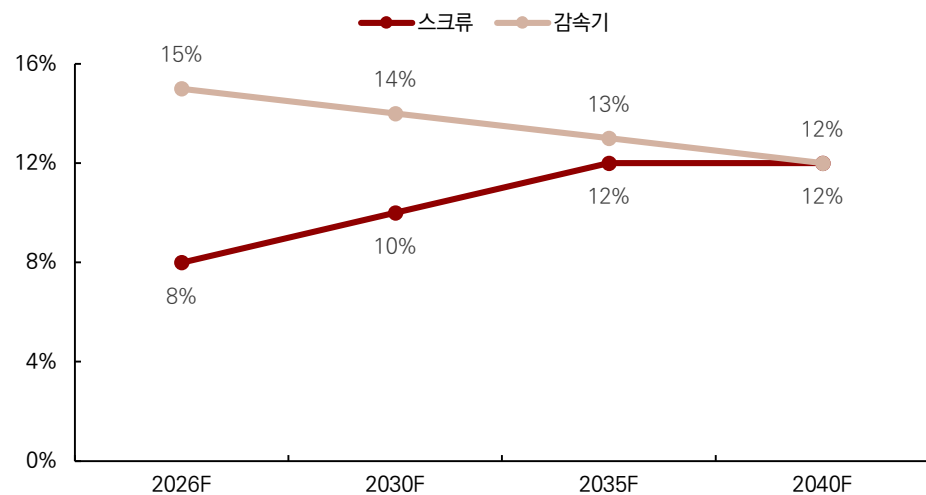
자료: KUVIC 리서치 3팀

원가 구성의 이동이 이를 뒷받침한다. **혼합형 비중은 2025년 5%에서 2030년 25%, 2040년 45%까지 높아진다.** 중국 기준 전망이나 중국이 글로벌 출하의 대부분을 차지하는 만큼 사실상 세계 시장의 구성비에 가깝다. 주목할 것은 이 상승이 단가 인상에서 나온 것이 아니라는 점이다. 같은 기간 PRS 단가는 양산 확대에 하락할 것으로 전망되므로, 비중 상승은 탑재 개수와 채택률의 증가가 단가 하락을 넘어선 결과다. 부품 시장 전체가 커지는 국면에서 스크류는 시장 성장률에 비중 상승분이 더해지는 자리에, 감속기는 하락분이 차감되는 자리에 놓인다.

공급사 증설은
낮아진 단가와
늘어난 물량을 전제

공급자들의 설비투자도 같은 방향을 가리킨다. **중국의 PRS 수요는 2026년 약 4.5만 개에서 2030년 약 119만 개로 늘어날 것으로 추정된다.** XCC 한 곳이 발표한 단일 공장 캐파 98만 세트는 2026년 수요의 22배이며, 2030년 중국 전체 수요의 80%에 해당하는 규모다. 특히 **쌍림이 롤러스크류 양산을 위해 가공용 연삭기부터 자체 개발한 것은, PRS의 진입 장벽이 설계보다 가공 설비에 있다는 점을 공급자 쪽에서 확인해 준 사례다.** PRS가 아직 연간 수만 개 단위로 소비되는 점을 감안하면, 이들은 현재 단가가 아니라 크게 낮아진 단가와 그만큼 늘어난 물량을 전제로 설비를 짓고 있는 셈이다.

그림 27. 스크류와 감속기의 원가 비중 전망



자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

표 34. 중국 부품사의 PRS 관련 증설 발표

기업	투자액	발표 캐파	입지	비고
상하이 베이터	18.5억 위안	-	중국	PRS 중심 휴머노이드 부품 공장, 투자 계약 체결
XCC	11.0억 위안	연 98만 세트	중국	PRS 전용 공장
룽타이	7,700만 달러	연 700만 세트	태국	로보틱스 부품 설비, PRS 비중 미공개
쌍림	미공개	연 1만 세트	중국	가공용 연삭기 자체 개발, 2026.6 캐파 계획
형리 하이드로릭	미공개	-	멕시코	본체용 스크류 70%+ 점유 지목, 증설 준비 중

자료: 각 사 발표, Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

증설지도 함께 볼 대목이다. 룽타이는 태국, 형리는 멕시코로 중국 밖에 설비를 배치하고 있다. 미국의 중국산 배제 기조를 우회해 납품하려는 구도이며, 이들이 겨냥하는 수요가 어디를 향하는지를 보여준다.

경제성은 고하중,
높은 가동률, 생산
확대 께칠 때 개선

따라서 **PRS의 경제성은 하중이 크고, 가동률이 높으며, 생산 규모가 확대되는 구간에서 개선될 가능성**이 높다. 반대로 볼스크류로 충분한 하중 구간이나 가동시간이 짧은 용도에서는 가격 기준이 계속 우세할 수 있다.

유성 롤러스크류(PRS) 부품 시장 TAM 추정

PRS Q 추정

공통 추정 논리

출하량 → 채택률
→ DoF → PRS
비중 순으로 Q 산출

휴머노이드용 PRS 수요량은 글로벌 휴머노이드 출하량을 미국·중국·기타 지역으로 구분한 후, 지역별로 동일한 산정 방식을 적용하여 추정하였다. 출하량에는 외부 판매분만 반영되지만, 실제 부품 수요에는 내부 사용·개발·재고·교체 수요 등이 추가로 발생할 수 있다. 이를 반영하기 위해 생산-수요 전환계수를 수율 증가를 가정하여 점진적으로 낮추었다. 이후 선형 액추에이터 채택률(직선형, 혼합형 선택 비중)을 적용하여 선형 액추에이터를 사용하는 로봇의 비중을 반영하고, 로봇 1대당 Body DoF와 구동 모델 내 선형 액추에이터 적용 비중(r)를 통해 선형 액추에이터에 적용되는 스크류 개수를 추정하였다. 마지막으로 스크류 기반 액추에이터 중 PRS 적용 비중을 적용하여 최종 PRS 수요량을 산출하였다. 여기서 Body DoF는 로봇 1대당 몸통의 전체 구동 자유도 수를 의미하며(appendix 참고), 선형 액추에이터 적용 비중(r)은 구동 부품이 선형 액추에이터로 적용되는 비중을 의미한다. 혼합형의 경우 선형, 회전형을 모두 적용하므로 이 구분이 필요하다. 최종적으로 Q를 구하는 산식은 아래와 같으며, i는 지역, t는 연도를 의미한다.

$$\text{PRS } Q_{(i,t)} = \text{출하 } Q_{(i,t)} \times \text{생산-수요 전환계수}_t \times \text{선형 액추에이터 채택률}_{(i,t)} \\ \times \left[\text{Body DoF}_t \times \text{선형 액추에이터 적용 비중}_i \right] \times \text{선형 액추에이터 중 PRS 적용 비중}_{(i,t)}$$

또한 선형 액추에이터 로봇의 채택률을 변경하여 Bear, Base, Bull 세 가지 시나리오를 추정하였다. Bear는 회전형 로봇이 저가 시장의 주류로 유지되는 경우, Bull은 산업용 휴머노이드 확산으로 선형 구조가 빠르게 확대되는 경우를 의미한다. 나머지 네 변수는 세 시나리오에서 동일하다. 선형 액추에이터 채택률만 시나리오화한 것은 이 변수의 지역별 편차가 가장 크기 때문이다.

표 17. 지역 공통 추정 변수

추정 항목	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
글로벌 연간 출하 Q (k대)	75.0	133.0	237.0	422.0	750.0	4,000.0	35,000.0
생산-수요 전환계수	2.00x	1.80x	1.70x	1.55x	1.40x	1.30x	1.20x
Body DoF	29.0	30.0	31.0	33.0	35.0	40.0	44.0

자료: KUVIC 리서치 3팀

아래 표는 해당 산식으로 구한 지역별 PRS Q 추정 결과 값이다. 아래 항목에서 본 리서치팀이 진행한 지역별 추정 논리를 구체적으로 다루고자 한다.

표 18. PRS Q 추정 결과 요약

구분	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
미국 PRS Units (k개)	23.5	63.3	257.2	623.8	1,389.2	9,484.8	82,074.3
중국 PRS Units (k개)	45.1	111.7	262.2	575.1	1,192.5	15,142.4	171,243.1
기타 지역 PRS Units (k개)	76.5	165.1	325.2	676.2	1,338.0	9,687.6	100,702.6
글로벌 PRS Units (k개)	145.1	340.2	844.6	1,875.1	3,919.7	34,314.8	354,020.0

자료: KUVIC 리서치 3팀

미국 PRS Q 추정

표 19. 미국 PRS Q 추정

추정 항목	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
출하 Q (k대)	2.3	5.3	19.0	42.2	90.0	480.0	3,850.0
X 생산-수요 전환계수	2.00x	1.80x	1.70x	1.55x	1.40x	1.30x	1.20x
X 선형 액추에이터 채택률	60.0%	70.0%	78.0%	85.0%	90.0%	95.0%	95.0%
X Body DoF	29.0	30.0	31.0	33.0	35.0	40.0	44.0
X 선형 액추에이터 적용 비중(r)	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%
X PRS 적용 비중	60.0%	63.0%	66.0%	68.0%	70.0%	80.0%	85.0%
= PRS Units (k개)	23.5	63.3	257.2	623.8	1,389.2	9,484.8	82,074.3

자료: KUVIC 리서치 3팀

미국 출하 비중은 10%대지만 직선형 채택 구조로 PRS 수요 35% 차지

미국은 출하 대수로는 글로벌의 10% 남짓이지만 PRS 개수 기준으로는 2030년 35.4%를 차지한다. 선형 구조 채택률이 2030년 90%로 중국의 3.6배에 달해 출하량 대부분이 PRS 수요로 전환되기 때문이다. 시나리오 결과는 아래와 같다.

표 20. 미국 PRS Q 시나리오 추정

구분	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
선형 액추에이터 채택률 — Bear	52%	60%	68%	75%	80%	88%	88%
선형 액추에이터 채택률 — Base	60%	70%	78%	85%	90%	95%	95%
선형 액추에이터 채택률 — Bull	66%	76%	85%	90%	95%	98%	98%
PRS Units — Bear (천 개)	20.4	54.3	224.2	550.4	1,235.00	8,786	76,027
PRS Units — Base (천 개)	23.5	63.3	257.2	623.8	1,389.20	9,485	82,074
PRS Units — Bull (천 개)	25.8	68.7	280.2	660.6	1,466.00	9,784	84,666

자료: KUVIC 리서치 3팀

중국 PRS Q 추정

표 21. 중국 PRS Q 추정

추정 항목	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
출하 Q (k대)	50.2	86.5	149.3	257.4	442.5	2,600.0	23,100.0
X 생산-수요 전환계수	2.00x	1.80x	1.70x	1.55x	1.40x	1.30x	1.20x
X 선형 액추에이터 채택률	9.0%	13.0%	17.0%	21.0%	25.0%	40.0%	45.0%
X Body DoF	29.0	30.0	31.0	33.0	35.0	40.0	44.0
X 선형 액추에이터 적용 비중(r)	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%	40.0%
X PRS 적용 비중	43.0%	46.0%	49.0%	52.0%	55.0%	70.0%	78.0%
= PRS Units (k개)	45.1	111.7	262.2	575.1	1,192.5	15,142.4	171,243.1

자료: KUVIC 리서치 3팀

중국은 출하량은 크나 채택률이 낮아 PRS 수요는 작음

중국은 미국과 비교하면 휴머노이드 출하량은 크지만 선형 구조 채택률과 PRS 적용 비중이 낮아 해당 PRS 수요는 상대적으로 작게 나타난다. 시나리오 결과는 아래와 같다.

표 22. 중국 PRS Q 시나리오 추정

구분	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
선형 액추에이터 채택률 — Bear	6%	8%	10%	12%	15%	22%	25%
선형 액추에이터 채택률 — Base	9%	13%	17%	21%	25%	40%	45%
선형 액추에이터 채택률 — Bull	13%	19%	26%	32%	38%	58%	65%
PRS Units — Bear (천 개)	30	68.8	154.2	328.6	715.5	8,328	95,135
PRS Units — Base (천 개)	45.1	111.7	262.2	575.1	1,192.50	15,142	171,243
PRS Units — Bull (천 개)	65.1	163.3	401	876.3	1,812.70	21,956	247,351

자료: KUVIC 리서치 3팀

기타 지역 PRS Q 추정

표 23. 기타 지역 PRS Q 추정

추정 항목	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
출하 Q (k대)	22.6	41.2	68.7	122.4	217.5	920.0	8,050.0
X 생산-수요 전환계수	2.00x	1.80x	1.70x	1.55x	1.40x	1.30x	1.20x
X 선형 액추에이터 채택률	25.0%	30.0%	35.0%	40.0%	45.0%	60.0%	65.0%
X Body DoF	29.0	30.0	31.0	33.0	35.0	40.0	44.0
X 선형 액추에이터 적용 비중(r)	45.0%	45.0%	45.0%	45.0%	45.0%	45.0%	45.0%
X PRS 적용 비중	52.0%	55.0%	57.0%	60.0%	62.0%	75.0%	81.0%
= PRS Units (k개)	76.5	165.1	325.2	676.2	1,338.0	9,687.6	100,702.6

자료: KUVIC 리서치 3팀

기타 지역은
글로벌에서 미·중을
뺀 잔여분으로 산출

기타 지역 출하량은 별도의 시장 전망을 사용하지 않고 글로벌 출하량에서 미국과 중국을 차감한 잔여분으로 산출하였다. 따라서 글로벌 또는 중국 출하 전망이 변경되면 기타 지역 출하량도 함께 변한다. 기타 지역은 독립적인 근거가 부족하므로 채택률 시나리오를 직접 설정하지 않고, 미국과 중국의 시나리오 변화폭을 반영하여 연동하였다.

표 24. 기타 지역 PRS Q 시나리오 추정

구분	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
선형 액추에이터 채택률 — Bear	19%	22%	26%	29%	34%	44%	48%
선형 액추에이터 채택률 — Base	25%	30%	35%	40%	45%	60%	65%
선형 액추에이터 채택률 — Bull	32%	38%	46%	52%	58%	74%	80%
PRS Units — Bear (천 개)	58.7	121.6	237.4	491.5	996.1	7,151	74,614
PRS Units — Base (천 개)	76.5	165.1	325.2	676.2	1,338.00	9,688	100,703
PRS Units — Bull (천 개)	97.3	210.3	425.9	873.1	1,723.10	12,020	124,671

자료: KUVIC 리서치 3팀

PRS P 추정

공통 추정 논리

거래가격 부재로
완성품 ASP와 원가
비중에서 역산

PRS의 ASP는 Q 추정과 마찬가지로 미국, 중국, 기타 지역으로 나누어 추정하였다. 휴머노이드용 PRS의 개당 가격은 개별 PRS의 공개 거래가격이 제한적이라는 점을 고려하여, 국가별 투자회수기간 추정시 활용한 휴머노이드의 판매가격(ASP)과 스크류 부품의 원가 비중을 활용해 간접적으로 추정하였다.

먼저 휴머노이드 1대의 판매가격에 스크류가 전체 부품원가에서 차지하는 비중을 적용하여(appendix 참고) 로봇 1대당 전체 스크류에 배분되는 가치를 산출하였다. 이후 해당 스크류 중 PRS가 차지하는 비중과 Ball Screw와 PRS 간 상대가격을 반영하여 PRS 1개당 가격을 역산하였다. Ball Screw의 ASP는 PRS 대비 절반 수준으로 추정하였는데, 그 이유는 제조 난이도 및 공급망 성숙도의 차이 때문이다.

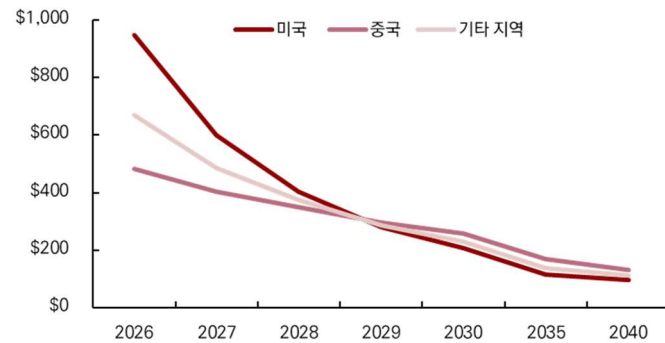
장기적으로는 **PRS 단가는** 글로벌 휴머노이드 시장의 양산 확대와 함께 부품 표준화 및 생산 효율성 개선이 진행되면서 미국과 중국뿐 아니라 기타 지역에서도 **점진적으로 하락할 것**으로 보았다. 아래 항목에서 본 리서치팀이 진행한 지역별 추정 논리를 구체적으로 다루고자 한다.

표 25. PRS P 추정 결과 요약

ASP (\$/개)	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
미국	\$948	\$599	\$404	\$281	\$206	\$115	\$96
중국	\$482	\$404	\$349	\$297	\$257	\$170	\$131
기타 지역	\$669	\$487	\$374	\$287	\$229	\$139	\$112

자료: KUVIC 리서치 3팀

그림 25. 지역별 ASP 변화 추이



자료: KUVIC 리서치 3팀

미국 PRS P 추정

표 26. 미국 PRS P 추정

추정 항목	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
로봇 본체 판매가격 (\$/대)	\$140,000	\$87,651	\$58,835	\$41,691	\$31,268	\$17,551	\$16,619
X Screw 부품가치 비중	7.9%	8.3%	8.8%	9.3%	9.8%	11.8%	11.8%
= ① 대당 Screw 부품가치	\$11,000	\$7,317	\$5,201	\$3,890	\$3,071	\$2,068	\$1,959
대당 Screw 개수	14.5	15.0	15.5	16.5	17.5	20.0	22.0
X Screw 내 PRS 비중	60.0%	63.0%	66.0%	68.0%	70.0%	80.0%	85.0%
= ② PRS 환산 개수	11.6	12.2	12.9	13.9	14.9	18.0	20.4
ASP_PRS (\$/개)	\$948	\$599	\$404	\$281	\$206	\$115	\$96
ASP_BallScrew (\$/개)	\$474	\$299	\$202	\$140	\$103	\$57	\$48

자료: KUVIC 리서치 3팀

미국 PRS 단가,
2030년 \$206 →
2040년 \$96

휴머노이드 양산 확대에 따른 완성품 ASP 하락과 PRS 적용 비중 확대를 반영하여 PRS 단가가 초기의 높은 수준에서 빠르게 하락한 후 장기적으로 완만하게 하락하는 경로를 적용하였다. 그 결과 **미국은 Optimus와 같은 고성능 휴머노이드를 기준으로 초기 PRS 단가가 높게 형성되는 반면, 2030년 약 \$206, 2040년 약 \$96까지 하락한다.**

중국 PRS P 추정

표 27. 중국 PRS P 추정

추정 항목	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
로봇 본체 판매가격 (\$/대)	\$50,000	\$41,677	\$35,827	\$31,380	\$27,889	\$19,312	\$17,125
X Screw 부품가치 비중	8.0%	8.5%	9.0%	9.5%	10.0%	12.0%	12.0%
= ① 대당 Screw 부품가치	\$4,000	\$3,543	\$3,224	\$2,981	\$2,789	\$2,317	\$2,055
대당 Screw 개수	11.6	12.0	12.4	13.2	14.0	16.0	17.6
X Screw 내 PRS 비중	43.0%	46.0%	49.0%	52.0%	55.0%	70.0%	78.0%
= ② PRS 환산 개수	8.3	8.8	9.2	10.0	10.9	13.6	15.7
ASP_PRS (\$/개)	\$482	\$404	\$349	\$297	\$257	\$170	\$131
ASP_BallScrew (\$/개)	\$241	\$202	\$175	\$149	\$129	\$85	\$66

자료: KUVIC 리서치 3팀

중국 PRS 단가,
2027년 \$404 →
2040년 \$131

중국은 상대적으로 낮은 완성품 가격과 빠른 양산을 반영하여 **초기 단가가 낮게 추정된다.** 중국의 PRS 단가는 2027년 약 \$404에서 2030년 \$257, 2040년 \$131까지 **하락하는 것으로 추정하였다.**

기타 지역 PRS P 추정

표 28. 기타 지역 PRS P 추정

추정 항목	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
로봇 본체 판매가격 (\$/대)	\$83,666	\$60,440	\$45,912	\$36,170	\$29,530	\$18,411	\$16,870
X Screw 부품가치 비중	7.9%	8.4%	8.9%	9.4%	9.9%	11.9%	11.9%
= ① 대당 Screw 부품가치	\$6,633	\$5,091	\$4,095	\$3,405	\$2,927	\$2,189	\$2,006
대당 Screw 개수	13.1	13.5	14.0	14.9	15.8	18.0	19.8
X Screw 내 PRS 비중	52.0%	55.0%	57.0%	60.0%	62.0%	75.0%	81.0%
= ② PRS 환산 개수	9.9	10.5	11.0	11.9	12.8	15.8	17.9
ASP_PRS (\$/개)	\$669	\$487	\$374	\$287	\$229	\$139	\$112
ASP_BallScrew (\$/개)	\$334	\$243	\$187	\$143	\$115	\$70	\$56

자료: KUVIC 리서치 3팀

기타 지역은 미국과 중국의 중간 가격대로 설정

기타 지역에는 유럽·일본·한국 등 다양한 휴머노이드 개발 기업이 포함되어 있어 특정 기업의 제품 ASP 나 Screw 구성을 대표값으로 사용하는 데 한계가 있어, 미국과 중국의 중간 수준으로 추정하였다. **기타 지역의 PRS 단가는 2026년 약 \$800 내외에서 2030년 약 \$229, 2040년 약 \$112 수준으로 하락하는 것으로 추정하였다.** 이는 미국의 고사양·고가격 제품과 중국의 저가격·대량생산 제품 사이에 위치하는 가격 구조를 반영한 것이다.

PRS TAM 결과 분석

PRS TAM, 2026년 0.95억 → 2040년 416억 달러

글로벌 PRS TAM은 2026년 9,500만 달러에서 2030년 9억 달러, 2040년 416억 달러로 크게 확대될 것으로 추정하였다. 지역별로는 초기에는 기타 지역이 가장 큰 비중을 차지하지만, **장기적으로 중국이 글로벌 PRS 수요를 주도하는 구조로 변화할 것으로 추정된다.** 미국은 2030년 2.9억 달러에서 2040년 79억 달러로 성장하지만, 중국의 성장 속도가 더 빠르다. 이는 장기적으로 중국 휴머노이드 시장의 성장과 함께 **중국 내 선형 액추에이터 및 PRS 채택 확대가 글로벌 PRS TAM의 핵심 성장 요인이 될 수 있음을 의미한다.**

표 29. 글로벌 PRS TAM 계산

구분 (US\$mn)	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
미국	22.3	37.9	104	175.1	\$286.8	\$1,090.0	\$7,899.6
중국	21.7	45.2	91.5	170.9	\$306.5	\$2,580.3	\$22,466.3
기타 지역	51.2	80.3	121.6	193.8	\$306.9	\$1,346.7	\$11,275.1
합계(Base)	95.2	163.4	317.1	539.8	\$900.3	\$5,017.0	\$41,641.0

자료: KUVIC 리서치 3팀

2030년 TAM은 채택률에 따라 6.7억~11.6억 달러

특히 PRS TAM은 휴머노이드의 회전형, 혼합형, 선형 액추에이터 구조 채택 비중에 따라 크게 달라진다. **선형 액추에이터 채택이 확대될수록 PRS가 적용될 수 있는 관절이 증가하는 반면, 회전형 중심의 구조에서는 PRS 수요가 제한된다.** 이에 따라 2030년 글로벌 PRS TAM은 **Bear 6.7억 달러, Base 9.0억 달러, Bull 11.6억 달러로 추정되며, 향후 휴머노이드의 액추에이터 구조가 어떻게 변화하는지가 PRS 시장 성장의 핵심 변수로 판단된다.**

표 30. 시나리오별 글로벌 PRS TAM 계산

구분 (US\$mn)	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
Bear	\$73.0	\$119.5	\$233.2	\$393.0	\$667.3	\$3,422.9	\$28,152.9
Base	95.2	163.4	317.1	539.8	\$900.3	\$5,017.0	\$41,641.0
Bull	\$121.0	\$209.5	\$412.5	\$696.1	\$1,163.9	\$6,536.8	\$54,559.1

자료: KUVIC 리서치 3팀

PRS 공급망과 투자 결론

단가 하락 국면에서 물량을 늘리는 능력이 선정 기준

앞서 분석하였듯, 글로벌 PRS TAM은 2026년 0.95억 달러에서 2030년 9.00억 달러로 확대될 전망이다. 로봇 생산과 직선형 관절 채택이 늘어나는 한편, PRS 단가는 하락하는 것으로 추정했다. 따라서 공급사 선정의 핵심은 **낮아지는 가격에서도 요구 성능을 유지하며 물량을 확대하는 능력**이다. 스위스의 기술 기반과 중국의 생산비 절감을 비교해 쌍립을 조건부 우선 후보로 제시한다.¹

PRS 공급망

반복 작업의 신뢰성에서 양산의 경제성으로

스위스의 강점은 정밀가공을 하중·수명 설계로 연결

PRS의 기술력은 큰 힘을 내는 것만으로 평가하기 어렵다. 하중을 받은 상태에서도 목표 위치에 정확하게 멈추고, 같은 동작을 반복한 뒤에도 성능을 유지해야 한다. 다수의 롤러가 하중을 고르게 나눠 받도록 가공·조립하지 못하면 일부 접촉면에 힘이 집중돼 마모가 빨라질 수 있다. **스위스 업체의 강점은 정밀가공을 실제 사용 조건에 맞는 하중·수명 설계로 연결해온 경험**에 있다.

Rollvis는 1970년부터 롤러스크류를 개발·제조해왔으며, 자동차 용접·리벳 체결과 프레스, 항공우주 등 반복 하중과 높은 신뢰성이 요구되는 분야를 주요 적용처로 제시한다. 용접·체결 장비는 짧은 시간에 힘을 가하고 되돌리는 동작을 반복한다. 여기서 축적한 마모 관리와 반복 구동 경험은 휴머노이드가 물체를 들고 이동하거나 자세를 바꾸는 관절의 설계에도 활용될 수 있다.²

Rollvis는 이동 거리별 허용 오차와 정격하중뿐 아니라 부하·속도·윤활 조건을 고려한 수명 계산 방법을 제공한다. 유격을 줄이는 조정이 내부 하중과 수명에 미치는 영향까지 설계에 반영한다. **고객이 실제 공정의 사용 조건과 예상 수명을 함께 검토할 수 있다는 점**은 신규 공급사가 가격만으로 대체하기 어려운 강점이다.³

그림 28. Rollvis 유성 롤러스크류



자료: Rollvis

표 35. Rollvis의 정밀도·하중·수명 설계

평가 항목	공개 사양과 설계 기준
위치 정밀도	G1·G3·G5: 300mm당 리드 오차 6·12·23μm
하중 대응	RV/HRV 제품군 정격 동하중 3.9~3,800kN
수명 설계	L10 수명과 부하·속도·신뢰도별 보정 기준 제시
적용 경험	자동차 용접·리벳 체결, 프레스, 항공우주 등

자료: Rollvis, KUVIC 리서치 3팀

중국은 장비 내재화로 양산 비용을 낮추는 단계

중국의 PRS 수요 확대는 현지 공급사에 고객 적용 경험을 쌓을 기회를 제공한다. 다만 **중국 수요의 증가가 중국 공급사의 점유율 상승을 보장하지는 않는다**. 기존 공급사를 대체하려면 품질과 가격을 함께 충족해야 한다. 중국 업체는 베어링 사업의 정밀성형·열처리·연삭·조립 기술과 유압부품의 고하중 가공 경험을 활용해 진입 비용을 낮추고, 고객 적용을 통해 장기 신뢰성을 확보하는 단계에 있다.

1 KUVIC 리서치 3팀, PRS_TAM_Model_ByRegion_v8, 3_TAMIE23/I23. 모델 추정치이며 실거래 시장규모와 차이가 있을 수 있다. 지역별 단가 하락 반영.
2 Rollvis 공식 제품·적용 산업 소개. 기존 산업의 적용 경험이 휴머노이드에 활용될 수 있다는 부분은 당사 해석이며 특정 OEM 승인·납품을 의미하지 않는다. [원문]
3 Rollvis 제품 카탈로그, Accuracy, Preloading, Nominal lifespan, Rigidity, Lubrication 항목. 계산 수명은 사용 조건에 따른 설계값으로 실제 수명을 보증하는 실측치와 구분한다. [원문]

쌍림, 연삭장비
내재화로 전용
장비비 300만
위안대

쌍림은 이 가운데 생산비 절감의 경로를 비교적 구체적으로 제시한 기업이다. 연삭장비 업체 커즈신을 인수한 뒤 장비를 자체 개발·개선하고, 이를 PRS 생산에 활용한다. 회사는 전용 장비 비용을 **1,000만 위안대에서 약 300만 위안으로 낮추고 장비 조달기간을 75% 단축**했다고 설명했다. 설비 투자와 확보 기간을 줄이면 주문 증가에 대응해 생산라인을 확대하는 부담도 낮아질 수 있다.⁴

쌍림은 C3급 PRS의 양산 제시가격을 499위안으로 공개한 뒤 중국 자동차 업체의 공급업체 지정과 소량 생산 진입을 발표했다. 장비 내재화가 가격 제시와 고객 확보로 이어진 사례다. 이는 모델에서 가정한 단가 하락이 어떤 생산 방식으로 가능해지는지를 보여준다. 다만 499위안은 실제 평균판매가격이 아니며, 하중·수명 조건도 달라 **이 가격을 TAM 모델에 일괄 적용하거나 추가 원가 절감으로 중복 반영하지는 않았다**.⁵

표 36. 쌍림 PRS 사업의 진행 경과

시점	회사 발표	전원·운영
2025.01	연삭장비 업체 커즈신 인수	전용 생산장비의 내재화 기반 확보
2026.01	C3급 PRS 499위안 제시	물량 시장에 대응할 가격 제시
2026.03	장비비 절감·조달기간 단축 내측 나사 가공시간 30분 제시	설비 투자와 생산 공정의 효율화
2026.08	중국 자동차 업체 공급업체 지정 PRS·선형 관절 모듈 소량 생산	개발에서 고객 프로젝트 공급으로 진전

자료: 쌍림, KUVIC 리서치 3팀

가격 경쟁력이 반복 납품으로 이어지는지가 관건

고객 지정 이후
반복 납품 여부가
경쟁력 판단 기준

스위스와 중국의 차이는 정밀도 등급 하나보다 고객이 평가할 수 있는 근거의 범위에 있다. 기존 업체는 제품별 하중·수명 설계와 산업 적용 경험을 갖추고 있는 반면, 중국 신규 업체는 공정 개선과 초기 고객 확보가 구체화되는 단계다. **현재 공개 자료는 서로 다른 규격과 시험 조건을 포함하고 있어, 가격과 내구성을 직접 비교하는 데에는 한계가 있다**. 향후 동일 공정에서의 적용 사례와 반복 납품이 늘어날수록 경쟁력의 차이도 보다 명확해질 것으로 판단한다.

기존 업체도 휴머노이드 양산에 대응하고 있다. Ewellix를 보유한 독일 Schaeffler는 2026년 5월 Humanoid와 액추에이터 공급 계약을 발표했다. 중국 업체의 기회는 기존 공급사의 증산 한계보다, **확대되는 시장에서 요구 성능을 충족하고 가격과 공급 대응력으로 신규 주문을 확보하는 데 있다**. 고객 지정 이후 반복 납품으로 이어지는지가 그 경쟁력을 판단할 기준이다.⁶

표 37. 쌍림 PRS 사업의 진행 경과

구분	스위스 기존 업체	중국 신규 진입 업체
핵심 경쟁력	정밀가공·하중 및 수명 설계 기존 산업 적용 경험	인접 정밀부품 제조 역량 생산장비 내재화·공정 효율화
고객 평가 근거	제품별 정격하중·오차·수명 계산 기준	제품 개발·샘플·초기 납품 단계별 진전
가격 경쟁	장기 사용 성능을 포함한 제품 선정	양산 제시가격을 통한 고객 확보
향후 경쟁의 초점	기존 품질을 유지하며 물량 시장 대응	가격 우위를 유지하며 내구성·납품 실적 축적

자료: 각사 자료, KUVIC 리서치 3팀

4 쌍림 2026.3.24 IR(회사 설명). 조달기간 단축은 생산장비 확보 기간이며 PRS의 고객 납기 단축률을 의미하지 않는다. [원문]

5 쌍림 2026.1.6 IR(1.7 공시) 및 2026.8.27 공시 발표. 고객 설명과 테슬라 공급 관계는 공개 범위에 포함되지 않는다. [원문]

6 Humanoid 공식 발표(2026.5.13). 액추에이터 공급 계약이며 PRS 단독 공급 계약과는 구분된다. [원문]

그림 29. 쌍림의 전용 연삭 장비



자료: 쌍림

투자 결론

쌍림(300100.SZ)을 최선호주 제시하되, 반복 납품은 진입 기준

쌍림 조건부 우선
후보, 진입 기준은
반복 납품 확인

중국 PRS 기업 중 쌍림(300100.SZ)을 조건부 우선 후보로 제시한다. 전용 장비의 내재화로 생산비를 낮출 기반을 마련했고, 구체적인 가격 제시 이후 고객 지정과 소량 생산까지 진행했다. 형리유압과 우저우신춘도 정밀 제조 역량을 갖추고 있으나, 현재 공개된 자료를 기준으로서는 쌍림이 공정 개선을 고객 확보로 연결한 과정을 더 구체적으로 보여준다.

향후 판단의 핵심은 첫 고객 확보 이후 주문이 이어지는지다. 후속 발주와 납품 확대에 품질 안정이 동반되어야 낮은 제시가격을 지속 가능한 경쟁력으로 평가할 수 있다. **글로벌 TAM을 쌍림의 매출로 연결하려면 지역별 고객 확보와 실제 공급 물량이 뒷받침돼야 한다.** 중국 고객의 반복 구매는 현지 수요 확보의 근거이며, 미국 옵티머스 수요는 테슬라 또는 해당 액추에이터 공급망 진입이 확인될 때 별도로 반영하는 것이 타당하다.

투자회수기간 개선은 고객의 도입 여건을, PRS TAM은 관절 설계와 단가 변화를 반영한 시장의 크기를 보여준다. 기업 선정에서는 이 수요를 실제 주문으로 확보하는지를 판단해야 한다. **쌍림을 조건부 우선 후보로 제시하며, 진입 기준은 ‘고객 지정 이후 반복 납품의 확인’으로 설정한다.** 후속 주문과 생산 확대가 확인되는 시점에 PRS 매출 기여도와 밸류에이션을 함께 점검하는 것이 본 보고서의 투자 전략이다.

표 38. 중국 PRS 기업 비교와 투자 판단

기업	확인한 경쟁 기반	확인한 공급 단계	판단
쌍림 (300100.SZ)	연삭장비 내재화 장비비·제품 가격 공개	고객 지정·소량 생산 (2026년 8월 발표)	조건부 우선 후보, 후속 발주와 반복 납품 확대
형리유압 (601100.SH)	유압 정밀부품 제조 경험	샘플 공급·초기 양산 (2025년 사업보고서)	비교 후보, PRS 공급 물량과 고객 기반의 구체화
우저우신춘 (603667.SH)	베어링 제조 공정 가공·검사 기반 투자	개발·소량 주문 (2025년 반기보고서)	추적 후보, 완제품 공급 범위와 실제 납품 실적

자료: 각사 발표, KUVIC 리서치 3팀

Not Rated

쌍림자동차부품 (300100.SZ)

2번째 숲, 로봇

장비 내재화로 원가 절감

중국 PRS 업체의 공통 과제는 정밀도를 유지하면서 생산비용을 낮추는 것이고, 쌍림은 이를 제품 단가 인하가 아닌 **생산장비 내재화로 접근했다**. 2025년 1월 연삭장비 업체 커즈신을 인수한 뒤, 2026년 3월 IR에서 **핵심 장비 비용을 1,000만 위안대에서 약 300만 위안으로, 조달기간을 75% 단축했다고 설명했다**. 연삭은 PRS 수율을 결정하는 공정이자 **중국 수율이 60%로 유럽의 85%에 못 미치는 병목 구간**이다. 그런 가운데 장비를 직접 만든다는 것은 달리 말하면 증설 비용과 대기시간을 줄여 수율 개선 속도를 스스로 조절할 수 있다는 뜻이다.

20년의 노하우를 관절 모듈로

쌍림의 PRS 진입은 신규 사업이 아니라 **20년간 축적된 공정의 확장**이다. 2000년부터 개발해온 자동차 좌석 수평 구동기(HDM)가 나사 가공과 정밀 연삭을 요구하는 제품이기 때문에, 회사는 이 기술을 그대로 쓸 수 있다고 판단하고 2024년 5월 휴머노이드용 스크류에 진입했다. 여기에 휠베어링 사업에서 확보한 열처리·정밀성형 역량이 더해진다. 결과적으로 **역방향식 PRS 뿐 아니라 무프레임 토크모터와 모터 드라이버까지 자체 개발해, 스크류 날개가 아니라 관절 하나를 통째로 공급할 수 있는 체계를 갖췄다**. 부품 단가가 아니라 모듈 단가를 받는다는 의미이며, 완성품 업체 입장에서 액추에이터 통합 부담을 덜 수 있다. 2026년 8월 고객 지정이 PRS 단품이 아니라 선형 관절 모듈과 함께 이루어진 점이 이를 뒷받침한다.

증설을 감당할 이익 체력은 이미 확보

유상증자 15억 위안 중 8.95억 위안이 PRS·관절 모듈 프로젝트에 배정되며, 1단계 10만 세트 라인은 2026년 6월 양산 체제에 진입했다. 2025년 PRS 실생산이 1,500세트였던 만큼 능력과 실적의 간극은 아직 크지만, 이를 버틸 **기존 사업의 체력은 확인된다**. **영업이익률이 2022년 4.2%에서 2025년 9.5%로 3년 연속 개선됐고, 같은 기간 매출이 31% 느는 동안 영업이익은 2.9배가 됐다**. 현재 주가는 52주 최저 부근이며, Trailing 22배로 2025년 말 44배 대비 로봇 프리미엄이 상당 부분 빠진 상태기도 하다.

Stock Information

시가총액	약 115.6억 위안
발행 주식 수	약 57,900만 주
52주 최고가	50.49 위안
52주 최저가	19.30 위안
창업판지수	3,322.04
선전성분지수	13,471.26

Price Trend



KUVIC Research Team 3

메일 kuvic_korea@naver.com

팀장	45기 Senior 문진우
팀원	44기 Senior 임지후
팀원	45기 Senior 김민서
팀원	45기 Senior 박수아

Who We Are



Earnings and valuation metrics

결산기 (12월)	2021	2022	2023	2024	2025
매출액 (백만위안)	3,682	4,185	4,139	4,911	5,484
YoY (%)	3.0%	13.7%	-1.1%	18.6%	11.7%
영업이익 (백만위안)	184	178	212	380	523
YoY (%)	-17.1%	-3.6%	19.3%	79.4%	37.5%
영업이익률 (%)	5.0%	4.2%	5.1%	7.7%	9.5%
당기순이익 (백만위안)	129	75	81	497	503
EPS (위안)	0.23	0.14	0.14	0.89	0.89
P/E (배)	45.1	54.0	73.0	31.1	44.5

주: 중국기업회계기준 연결 기준, 순이익은 모회사 귀속 기준. 영업이익은 매출총이익에서 판매비·R&D를 차감
자료: KUVIC Research 3팀

Compliance Notice

- 본 보고서는 고려대학교 가치투자동아리 KUVIC의 리서치 결과를 토대로 한 분석 보고서입니다.
 - 본 보고서에 사용된 자료들은 고려대학교 가치투자동아리 KUVIC이 신뢰할 수 있는 출처 및 정보로부터 얻어진 것이나 그 정확성이나 완전성을 보장하지 못합니다.
 - 본 보고서는 투자 권유 목적으로 작성된 것이 아닌 고려대학교 가치투자동아리 KUVIC의 스터디 목적으로 작성되었습니다.
 - 따라서 투자자 자신의 판단과 책임 하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다.
-
- 본 보고서에 대한 지적재산권은 고려대학교 가치투자동아리 KUVIC에 있으며 어떠한 경우에도 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다.

Appendix

투자회수기간 추정

투자회수기간 추정 변수 설명

변수 경계를 미리 정의해 이중차감을 차단

한편 각 변수의 경계는 이중차감이 생기지 않도록 사전에 정의했다. H는 작업을 수행하거나 시도한 시간만 담고 성공 여부는 반영하지 않으며, s는 결과만 측정해 사람이 개입해 완료된 건도 1로 계산했다. 개입에 따른 인력 부담은 r의 AF 항이 차감하고, 가동시간에 비례하는 비용은 c, 연 단위 고정비는 M으로 분리했다. 이 경계 규칙 덕분에 네 변수를 그대로 곱해도 중복이 발생하지 않는다.

표 39. 모델 변수별 정의와 산출 방식

변수	정의	산출 방식
P	로봇 본체 대당 가격 (USD)	2026년 대당 총청구액 × 본체 비중 → 누적출하 학습곡선 적용
I	대당 설치·통합비 (USD)	(공장당 일회성 고정비 ÷ 공장당 로봇 대수) + 대당 변동비
H	1대당 연간 순가동시간 (성공 여부 미반영)	라인 가동창 × 조업일수 × 합성 가용률(배터리 × 고장보전 × 실작업 × 라인가동률)
W	시간당 총 인건비: 사회보험 포함 기업 실부담액	통계 연임금에 사회보험 부담 가산 후 연근로시간·환율로 환산
s	시도 작업수 대비 재작업·불량 없이 완료된 비율	공정유형 4개의 완료율을 작업 비율 믹스로 가중평균
r	성공 수행된 로봇 1시간이 갖는 인간 노동 시간 가치	속도(TR) × 자율성(AF) × 인건비 전환율(γ)
c	가동시간에 비례하는 운영비	전력비 + 배터리 열화비 + 소모품비 + 클라우드 추론비
M	가동시간과 무관한 연간 고정 유지보수비	P × 유지보수비율 (Bear 10% / Base 8% / Bull 5%)

자료: KUVIC 리서치 3팀

분자 — 초기투자액 P와 I

P는 누적 출하량 기반 학습곡선으로 하락

P(본체 가격)는 학습곡선으로 추정한다. 2026년 대당 OEM가 청구하는 총액에서 본체 비중을 곱해 출발점을 잡고, 누적 출하량이 2배가 될 때마다 원가가 일정 비율로 하락한다고 가정했다. 단년 출하량이 아니라 누적 출하량을 쓴 이유는 **가격 하락이 생산의 절대량이 아니라 학습 횟수에 연동된다고 판단했기 때문이다**. 중국 기준 2025년 말 누적 23,000대에서 2032년 약 300만 대까지 누적 출하가 130배 늘면서 본체 가격은 2026년 5만 달러에서 2032년 2.3만 달러로 하락한다.

I는 로봇 대수가 아니라 공장 수에 붙는 비용

I(설치·통합비)는 P와 논리가 다르다. 안전 설계, 라인 개조, 전원·네트워크 공사, MES 연동, 인증 같은 항목은 로봇 대수가 아니라 공장 수에 붙는 비용이다. 따라서 공장당 일회성 고정비를 그 공장의 로봇 대수로 나눈 값에 대당 변동비를 더하는 방식으로 추정했다. 중국 기준 2026년 I 값은 5만 달러로 P와 같았다. 즉 **초기투자의 절반이 로봇값이 아니라 로봇을 쓸 수 있게 만드는 비용**이며, 이 비용은 로봇 가격 하락과 무관하게 **배치 밀도가 올라가야만 희석될 수 있다**.

표 40. P·I 연도별 추정 경로 (Base 케이스)

지역	항목	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
중국	P	50,000	41,677	35,827	31,380	27,889	25,113	22,900
	I	50,000	39,096	31,747	26,729	23,267	20,868	19,218
	P + I	100,000	80,773	67,574	58,108	51,155	45,982	42,119
미국	P	140,000	87,651	58,835	41,691	31,268	25,000	21,486
	I	10,000	7,709	6,802	6,421	6,252	6,178	6,159
	P + I	150,000	95,360	65,637	48,112	37,520	31,178	27,645

자료: KUVIC 리서치 3팀

분모의 편익 — $H \times W \times s \times r$

H는 로봇 스펙이 아니라 조업 캘린더가 결정

H(1대당 연간 순가동시간)는 로봇 스펙이 아니라 공장 조업 캘린더가 결정한다. 중국 기준 Base 케이스로는 하루 라인 가동 창에 연 조업일수를 곱해 이론적 상한을 구한 뒤, 배터리 가용률·고장 보전 가용률·실작업 비중·라인 가동률을 순차로 곱해 합성 가용률 약 74.3%를 적용했다. 이렇게 산출된 **2026년 H는 3,705시간**으로, 회사들이 주장하는 24시간 365일(8,760시간)의 42% 수준이다. H를 가르는 최대 분기점은 배터리 운용 방식이었다. 자율 스왑이 없으면 충전하는 1시간이 그대로 손실되어 배터리 가용률이 68%로 떨어지고, 스왑을 쓰면 97%로 상승했기 때문이다.

W(시간당 총인건비)는 기업이 실제로 부담하는 금액을 기준으로 삼기 위해, 통계 임금에 사회보험·주택공적금 부담률을 가산한 뒤 연근로시간과 환율로 나눠 산출했다.

s(작업 성공률)는 공정 유형별 완료율을 공정 믹스로 가중해 구했다. 2026년 공정 유형 기준으로는 운반·이송, 머신텐딩·시퀀싱, 검사, 조립·체결의 순서대로 비중과 완료율이 높았다. 개별 공정의 완료율은 매년마다 학습으로 올라가지만, 동시에 업무가 조립·체결 같은 어려운 공정으로 확장하면서 공정 비중 혼잡으로 가중 s가 떨어지는 것을 추정에 반영했다. 두 힘이 상쇄되어 **s는 7년간 0.99 언저리의 좁은 구간에서만 움직였으며**, 결과적으로 s는 회수기간을 크게 좌우하지는 못했다.

결과를 가장 크게 좌우한 변수는 대체계수 r

r(대체계수)는 이 모델에서 결과를 가장 크게 좌우하는 변수였다. ' $TR \times AF \times \gamma(TC)$ '로 분해했는데, TR은 인간 대비 사이클타임 비율, TC는 생산직 업무 중 로봇이 수행 가능한 비율이다. AF는 자율 수행 비율로 감독자 1인당 로봇 대수 N에서 $1 - 1/N$ 로 역산하였다. 핵심은 인건비 전환율 γ 다. 로봇이 한 작업자 업무의 30%를 가져가도 그 작업자는 나머지 70%를 위해 자리에 남아야 하므로 감축 인원은 0.3명이 아니라 0명이다. 따라서 γ 는 TC에 비례하지 않고 임계를 넘어야 급상승하는 비선형 곡선이 되며, TC 0.2 구간에서 γ 는 0.16에 불과하다. 세 항이 모두 곱해지므로 2026년 Base의 r은 0.058, 즉 로봇 1시간이 인간 노동 3.5분어치의 가치만 갖게 되었다.

표 41. r 연도별 추정 경로 (Base 케이스)

변수		2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
TR	인간 대비 사이클타임 비율	0.45	0.52	0.6	0.68	0.76	0.84	0.9
N	감독자 1인당 로봇 대수	5.0	7.0	9.8	13.7	19.2	26.9	37.6
AF	자율 수행 비율	0.8	0.86	0.9	0.93	0.95	0.96	0.97
TC	수행 가능 업무 비율	0.2	0.25	0.32	0.4	0.51	0.61	0.7
γ	인건비 전환율	0.16	0.22	0.3	0.44	0.59	0.72	0.84
r	대체계수	0.06	0.1	0.16	0.28	0.43	0.58	0.74

자료: KUVIC 리서치 3팀

분모의 비용 — c와 M

c의 최대 항목은 전력비가 아닌 배터리 열화비

c(시간당 운영비)는 전력비, 배터리 열화비, 소모품비, 클라우드 추론비로 구성된다. 이 중 최대 항목은 전기요금이지만 배터리 열화비로, 2026년 c의 62%를 차지한다. 휴머노이드용 팩은 파지·동적 동작에서 순간 고율 방전을 요구해 사이클 수명이 EV 팩보다 열위이고, 팩 가격을 사이클 수명과 사이클당 가동시간으로 나누면 시간당 0.49달러가 나온다. c 전체는 2026년 0.79달러로, W의 8% 수준이다. **M(연간 유지보수비)**은 P 대비 비율로 가정했다. 산업용 로봇 서비스계약 관행인 연 5~10%를 준용하되, 휴머노이드는 관절 수가 산업용 6축의 3~5배이므로 상단이 타당할 수 있다고 보아 Base를 8%로 두었다.

미국 추정 모델의 차이점

미국 모델은 테슬라 옵티머스를 대상으로 한다. P, I, H, W 네 변수를 바꿔 추정했으며, s와 r은 중국 경로를 그대로 적용했다. 먼저 **P**는 2026년 총청구액 20만 달러에 본체 비중 70%를 적용해 14만 달러에

서 출발한다. 다만 **학습곡선의 기울기가 다르다**. 산업 전체 누적 23,000대에서 출발하며 학습률을 13.8%로 두었던 중국과 달리, 미국의 경우 오피머스 단독 누적 1,000대에서 출발해 "연 100만 대 도달 시 대당 원가 2만~2.5만 달러"라는 회사 측 목표에서 학습률 20.0%를 역산했다. 미국이 상대적으로 출발점이 낮고 기울기가 가파른 구조이므로 2031년에 두 곡선이 2.5만 달러에서 만난다.

반면 I는 정반대다. 미국은 사이트당 고정비를 60만 달러로 중국의 3배로 두었으나, **2026년 공장당 로봇 대수를 150대로 잡았다. 자사 공장에 집중 배치하기 때문이다**. 중국은 외부 고객사 파일럿이라 공장당 5대에서 시작한다. 결과적으로 대당 I는 **미국 1만 달러 대 중국 5만 달러로 역전되며, 초기투자에서 I가 차지하는 비중은 중국 50%, 미국 7%**가 된다. 변동비 역시 6천 달러로 낮춰 설정했는데, 엔드투엔드 스택 기반이라 사이트별 티칭 부담이 작다는 판단에 따른 것이다. 이 두 힘이 상쇄되어 **2026년 총 초기투자는 중국 10만 달러, 미국 15만 달러로 1.5배 차이**에 그친다.

초기투자가 1.5배,
대신 편익 단가가
5배인 미국

H는 중국이 조업일 285일 기준인 반면, 미국은 달력일 365일에 배치 작업창과 유효투입률을 곱하는 방식으로 추정했다. 2026년 값은 중국 3,705시간, 미국 3,285시간으로 오히려 미국이 낮다. 12시간 2교대를 출발점으로 잡고 야간 확대를 단계적으로만 반영했기 때문이다. **결정적인 차이는 W였다. 미국 제조업 총보상은 시간당 48.62달러로 중국 (비사영단위 기준) 9.75달러의 약 5배**다. 임금 상승률은 중국이 더 높아 배율은 2032년 4.4배로 축소되지만, 7년 내내 4배 이상이 유지된다. 요약하면 **미국은 초기투자가 1.5배인 대신 편익 단가가 5배인 구조**다.

표 42. 미·중 파라미터 대조표 (2026년 기준)

변수	중국	미국	중국 대비 미국 배율
P 본체 가격	\$50,000	\$140,000	2.8배
I 대당 통합비	\$50,000	\$10,000	0.2배
공장당 로봇 대수	5대	150대	30배
초기투자 P+I	\$100,000	\$150,000	1.5배
H 연간 순가동시간	3,705h	3,285h	0.89배
W 시간당 총인건비	\$9.75	\$48.62	4.99배
s 작업 성공률	0.9907	0.9907	1배
r 대체계수	0.0576	0.0576	1배
c 시간당 운영비	\$0.789	\$0.769	0.97배
M 연간 유지보수비	\$4,000	\$11,200	2.8배
연간 편익 H·W·s·r	\$2,061	\$9,114	4.42배
연간 운영비 M+H·c	\$6,924	\$13,726	1.98배
연간 순절감	-\$4,863	-\$4,612	둘 다 음수

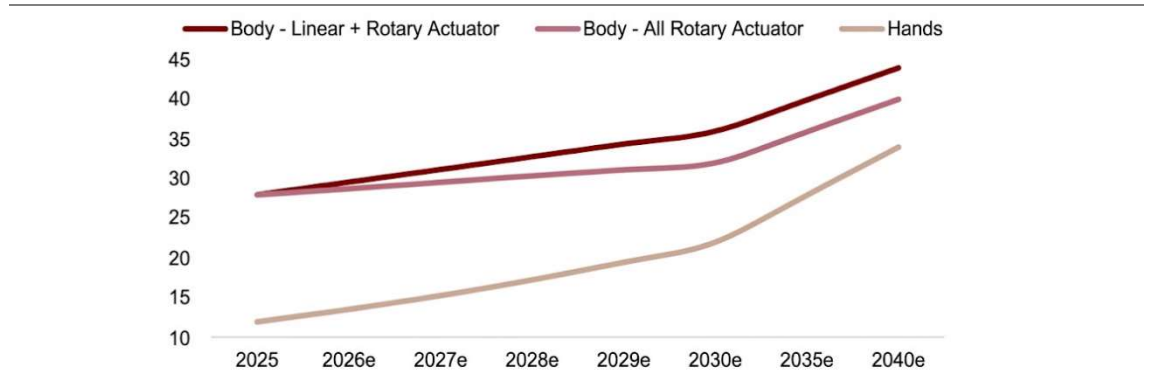
자료: KUVIC 리서치 3팀

PRS TAM 추정

PRS Q 공통 추정

PRS Q 추정 과정에서 Body DoF 변수에 사용한 추정치는 아래와 같다.

그림 30. 액추에이터 종류별 Body DoF 추이



자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

PRS Q 미국 추정

미국은 옵티머스 Gen2 구조를 근거로 채택률 설정

출하량(Q)은 글로벌 출하량에 미국 비중을 곱해 산출하였으며, 비중은 2026년 3%에서 2030년 12%, 2040년 11%로 확대되는 것으로 가정하였다.

선형 액추에이터 채택률은 Optimus Gen2의 선형·회전 혼합 구조를 주요 근거로 활용해, 선형 액추에이터 로봇의 비중을 2026년 60%에서 2030년 90%, 2035년 이후 95%까지 높아지는 것으로 가정하였다.

선형 액추에이터 적용 비중(r)은 Optimus Gen2의 선형 액추에이터 14개를 몸통 가동관절 28개로 나눈 값인 50%로 고정하였다.

선형 액추에이터 내 스크류 중 **PRS가 차지하는 비중**은 2026년 60%에서 2040년 85%까지 확대되는 것으로 가정하였다. 2025년 57.1%는 Optimus Gen2의 PRS 8개, 선형 액추에이터 14개 공시 자료에서 도출하였으며, 이후에는 PRS의 적용 확대를 반영해 점진적으로 높였다.

PRS Q 중국 추정

중국은 저가 회전형 비중이 커 초기 채택률이 낮음

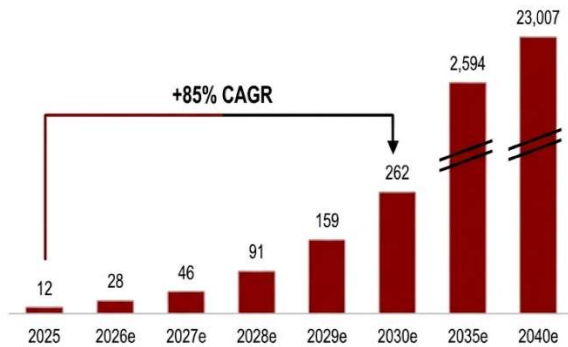
출하량(Q)은 Morgan Stanley의 중국 휴머노이드 출하 전망을 사용하고, 2027~2029년은 연평균 성장률을 적용해 보간하였다.

선형 액추에이터 채택률은 아래 Linear+Rotary 비중을 적용하여 2026년 9%에서 2030년 25%, 2040년 45%로 확대하였다. 중국은 Unitree G1과 같이 회전형 액추에이터를 사용하는 저가 로봇의 비중이 높아 초기 선형 액추에이터 채택률이 낮은 것으로 설정하였다.

선형 액추에이터 구동 비중(r)은 혼합형 액추에이터 모델을 사용하는 Kepler 공시 자료인 40%로 고정하였다.

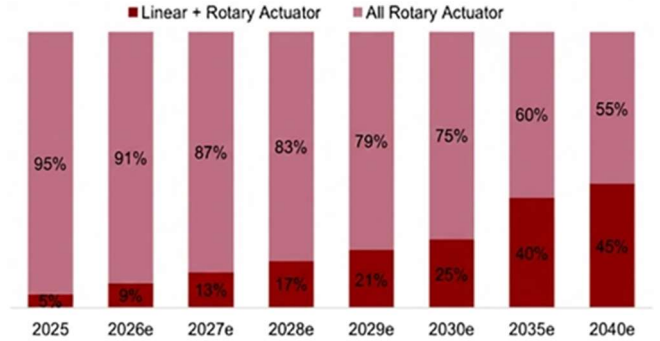
PRS 적용 비중은 Goldman Sachs의 중·저사양 로봇의 PRS 미사용 가능성을 반영해 미국보다 낮게 설정하고, 2026년 43%에서 2040년 78%까지 점진적으로 확대하였다.

그림 31. 중국 휴머노이드 출하량 전망 (k unit)



자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

그림 32. 중국 선형 액추에이터(혼합형) 채택률 추이

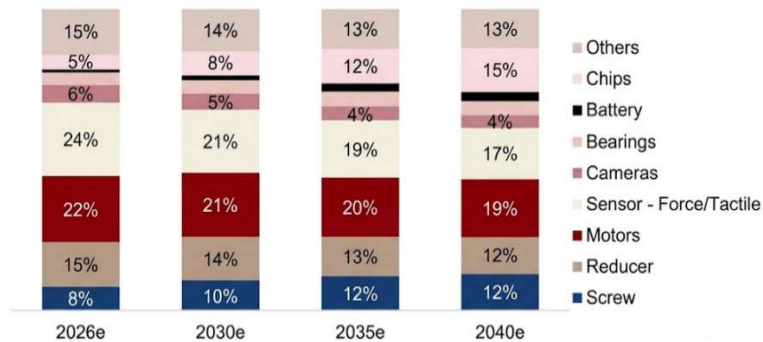


자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

PRS P 공통 추정

휴머노이드 가치 대비 스크류 부품 가치 산정 시 적용한 수치이다.

그림 33. 휴머노이드 부품별 원가 구성



자료: Morgan Stanley, KUVIC 리서치 3팀

PRS P 미국 추정

옵티머스 Gen2의 스크류 20.2%·PRS 8개 기준

미국의 PRS 단가는 테슬라 Optimus를 대표 모델로 활용하여 추정하였다. Morgan Stanley에 따르면 Optimus Gen2의 Screw는 전체 BOM 원가의 약 20.2%를 차지하며, 14개의 선형 액추에이터 중 상완·전완 6개에는 Ball Screw, 허벅지·종아리 8개에는 PRS가 적용된다.

이를 바탕으로 휴머노이드 판매가격에 Screw 원가 비중을 적용해 해당 Screw 부품 가치를 산출하고, Screw 개수와 PRS 적용 비중을 반영하였다. 이후 Ball Screw의 가격을 PRS의 50%로 가정하여 각 Screw를 PRS 환산 개수로 변환하고, 해당 PRS 단가를 역산하였다.

PRS P 중국 추정

중국은 완성품 ASP와 Kepler 구조 기준으로 역산

중국의 PRS 단가는 중국 휴머노이드 시장의 완성품 ASP와 Screw 원가 비중을 바탕으로 추정하였다. Morgan Stanley 자료에서 참고한 Screw 원가 비중은 2026년 8%, 2030년 10%, 2035년 이후 12%를 적용하고 중간 연도는 선형 보간하였다. 중국 휴머노이드 판매가격에 적용해 해당 Screw 부품가치를 산출하고, Body DoF에 Kepler가 공시한 선형 액추에이터 전환 비중 40%를 적용해 해당 Screw 개수를 추정하였다.

Screw 내 PRS 비중은 대표 모델인 Kepler의 혼합형 액추에이터 구조를 기준으로 약 40%로 가정하였으며, 회전형 액추에이터 중심인 Unitree 등은 Screw 대수 산정에서 제외하였다. 이후 Ball Screw는 PRS의 50% 가격으로 가정해 Screw를 PRS 환산 개수로 변환하고 해당 PRS 단가를 역산하였다. 또한 휴머노이드 양산 확대에 따른 완성품 ASP 하락과 PRS 적용 비중 확대를 반영하였다.