

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 735 504**

51 Int. Cl.:

B25J 17/02 (2006.01)

B62D 57/032 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.05.2009 PCT/EP2009/003340**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2009 WO09135694**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2009 E 09741912 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2293905**

54 Título: **Robot humanoide que implementa una articulación esférica**

30 Prioridad:

09.05.2008 FR 0853061

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

19.12.2019

73 Titular/es:

**BIA (100.0%)
Z.A Les Boutriers
78700 Conflans Sainte Honorine, FR**

72 Inventor/es:

**ALFAYAD, SAMER;
BEN OUEZDOU, FATHI y
NAMOUN, FAYÇAL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 735 504 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Robot humanoide que implementa una articulación esférica

La invención se refiere a un robot humanoide que implementa una articulación esférica. La invención es particularmente útil en la producción de robots humanoides que se aproximan de la mejor manera a la anatomía humana.

En los siguientes documentos se describen ejemplos de robots humanoides:

EP 1 443 694 A1,

Proceedings of the 6th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots: "Leg Design for a Humanoid Walking Robot" (Sebastian Lohmeier y col.) publicado por el IEEE en diciembre de 2006, páginas 536-541, ISBN: 978-1-4244-0199-4,

Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation: "Kinematics Analysis of a Humanoid Leg With Redundancy Freedom"(Zhou Zhang y col.) publicado por el IEEE en junio de 2006, páginas 1080-1085, ISBN: 978-1-4244-0465-0.

Un modelo matemático que modeliza esta anatomía fue desarrollado en la década de 1960 en los Estados Unidos por Aerospace Medical Research Laboratories ubicado en Dayton, Ohio. Este modelo, bien conocido con el nombre de modelo de Hanavan, describe de forma paramétrica, en relación con un tamaño y una masa humanos dados, así como las dimensiones de todas las partes del cuerpo. En particular, el tobillo se describe como una articulación que posee tres grados de libertad en rotación. También se describen las dimensiones de la pierna, parte del cuerpo que se extiende entre la rodilla y el tobillo. Por ejemplo, para un niño de 14 años, que mide 1,6 m de altura y pesa 50 kg, la pierna se puede representar con un cono truncado de 392 mm de alto, 29 mm de radio pequeño y 47 mm de radio grande. El pie se modeliza mediante un conjunto de paralelepípedos rectangulares cuya longitud total es de 243 mm, la anchura es de 80 mm, la altura del talón es de 62 mm y la distancia entre la parte posterior del pie y la conexión con el tobillo es de 72 mm. La altura de la pierna se define como la distancia entre la articulación del tobillo y la de la rodilla.

En la actualidad, se han desarrollado numerosos robots humanoides, pero ninguno de ellos respeta el modelo de Hanavan, especialmente en términos del tamaño de la pierna. Por ejemplo, hay robots cuyo tobillo se reduce a una articulación del tipo junta de cardán, es decir, que comprende solo dos grados de libertad, una rotación en el plano sagital y una rotación en el plano frontal. Además, los mecanismos de accionamiento utilizados para motorizar estos dos grados de libertad están fuera de las dimensiones previstas en el modelo de Hanavan.

El diseño del tobillo, es uno de los problemas más difíciles en el diseño de un robot humanoide. Esto se debe, por un lado, a que el tobillo es la articulación que necesita un mayor par en el aparato locomotor y, por otro lado, a causa de las restricciones de tamaño y de peso. Por ejemplo, un cálculo dinámico muestra que para realizar una marcha a una velocidad de 1,2 m/s, para un robot de 1,6 m, y 50 kg, es necesario producir un par del orden de 80 N.m para la rotación en el plano sagital, con una velocidad de 4,5 rad/s, y un desplazamiento articular de menos de diez grados a más de treinta grados.

La invención pretende mejorar la concordancia entre la producción de un robot y la anatomía humana, por ejemplo modelizada en el modelo de Hanavan. La invención no está limitada a la producción de un tobillo. La invención se interesa en cualquier articulación esférica implementada en un robot humanoide.

Para tal fin, la invención tiene por objeto un robot humanoide, que comprende dos elementos conectados por una articulación esférica con tres grados de libertad en rotación según las reivindicaciones.

la figura 1 representa en perspectiva un tobillo según la invención;
la figura 2 representa el tobillo en corte en un plano sagital;
la figura 3 representa el tobillo en corte en un plano frontal;
las figuras 4, 5 y 6 representan en detalle un accionador que permite la rotación del tobillo alrededor de un eje vertical;

las figuras 7 y 8 representan una muñeca según la invención;
las figuras 9 y 10 representan un cuello según la invención.

Para mayor claridad, los mismos elementos llevarán las mismas referencias en las diferentes figuras.

Un robot humanoide según la invención puede comprender una o varias articulaciones esféricas según la invención. La articulación conecta dos elementos que, en el caso del tobillo, son una pierna y un pie. En el caso del cuello, los dos elementos son un cuerpo y una cabeza del robot. En el caso de la muñeca los dos elementos son un antebrazo y una mano del robot.

La figura 1 representa un tobillo 10 según la invención. Por convención, se designa por tobillo un conjunto que consta de un pie 11, una pierna 12 y una articulación 13 entre la pierna 12 y el pie 11.

5 El tobillo 10 consta de tres accionadores dispuestos en la pierna 12. Los accionadores pueden utilizar energía hidráulica o eléctrica. Un primer accionador 14 permite la rotación del tobillo alrededor de un eje vertical 15. Un segundo accionador 16 permite la rotación del tobillo alrededor de un eje sagital 17 y un tercer accionador 18 permite la rotación del tobillo alrededor de un eje frontal 19. Los tres ejes 15, 17 y 19 son distintos y secantes. En el ejemplo representado, los tres ejes 15, 17 e 19 son perpendiculares. Por convención, se designa por eje sagital, un eje perpendicular al plano sagital, plano en el que se realiza principalmente el movimiento de la marcha. De igual modo, se designa por eje frontal, un eje perpendicular al plano frontal del robot. El plano frontal es perpendicular al plano sagital.

10 El primer accionador 14 está situado por encima de los otros dos accionadores 16 y 18 que están situados sustancialmente al mismo nivel de la pierna 12. Más exactamente, la pierna 12 consta de tres zonas. El accionador 14 está situado en una zona superior 20 y los accionadores 16 y 18 están situados en una zona inferior 22. Los accionadores 16 y 18 actúan ventajosamente en paralelo sobre el pie 11. Esta acción en paralelo permite evitar que uno de los accionadores soporte al otro, como es el caso en la mayor parte de los robots conocidos. El accionador 14 actúa en serie sobre el conjunto formado por los dos accionadores 16 y 18.

15 De forma más general, el accionador 18 está dispuesto aguas arriba de los accionadores 14 y 16 con respecto al cuerpo del robot y ventajosamente, los tres accionadores 14, 16 y 18 están dispuestos en el elemento más aguas arriba con respecto al cuerpo.

Una zona media 21 situada entre las zonas 20 y 22 no contiene ningún accionador y está, por ejemplo, disponible para recibir una o varias bombas hidráulicas que permiten alimentar los accionadores 14, 16 y 18. En la figura 2, tres varillas 23 a 25 permiten mantener la rigidez de la zona media 21.

20 La zona media 21 tiene una dimensión característica, en un plano perpendicular al eje 15, superior a las mismas dimensiones de las zonas superior 20 e inferior 22. Estas tres dimensiones se inscriben en el modelo de Hanavan, formando la zona media 21 una pantorrilla de la pierna 12.

25 La figura 2 representa el tobillo 10 en corte en un plano vertical que contiene el eje 15. Se trata de un plano sagital. El accionador 14 situado en la zona superior 20 comprende ventajosamente un motor hidráulico rotatorio que consta de un estator 30 unido por una parte baja 31, de una rodilla y de un rotor 32 móvil en rotación alrededor del eje 15 con respecto a estator 30. Las varillas 23 a 25 están unidas al rotor 32.

30 En la figura 2, en la zona inferior 22, solo se representa el accionador 16 que permite el movimiento del pie 11 alrededor del eje sagital 17. Ventajosamente, el accionador 16 es lineal y actúa por medio de tirantes 33 y 34 fijados por un lado al accionador 16 y por otro lado al pie 11. Del mismo modo, el accionador 18 es lineal y actúa por medio de tirantes 35 y 36. El accionador 18 no está en el plano de la figura 2 y solo aparece el tirante 36. La utilización de tirantes que actúan entre los accionadores y el pie 11 permite que los accionadores puedan actuar en paralelo y no en serie.

35 Según la invención, los accionadores 16 y 18 comprenden, cada uno, dos cilindros de efecto simple que actúan, cada uno, tirando del pie 11. Para el accionador 16, los cilindros 37 y 38 comprenden, cada uno, un pistón, respectivamente 39 y 40 que se desplaza en una camisa respectivamente 41 y 42. Los cilindros 37 y 38 comprenden, cada uno, una cámara, respectivamente 43 y 44 alimentadas por un fluido hidráulico. Este fluido es, por ejemplo, suministrado por una bomba hidráulica dispuesta en la zona media 21. Cuando una bomba está asociada a un solo accionador, en este caso concreto el accionador 16, la bomba aspira el fluido en una de las cámaras 43 o 44 para expulsar el fluido en la otra cámara en función del sentido del movimiento angular del pie 11 alrededor del eje 17.

40 Ventajosamente, los pistones de los accionadores lineales 16 y 18 se desplazan siguiendo ejes verticales paralelos al eje 15. De forma más general, los ejes de los pistones son paralelos. Esta disposición de los pistones permite al tobillo entrar mejor en las dimensiones del modelo de Hanavan. Esta disposición permite también limitar la inercia del tobillo 10 durante sus diferentes rotaciones y durante la rotación de la rodilla.

45 La figura 3 representa un corte parcial del tobillo 10 en un plano frontal. Los tirantes 35 y 36 pueden comprender, cada uno, un cable, engastado en sus extremos en manguitos. El tirante 35 comprende un primer manguito 50 unido a uno de los pistones del accionador 18, un cable 51 y un segundo manguito 52 unido a una suela 53 que pertenece al pie 11. De igual modo, el tirante 36 comprende un primer manguito 54 unido a uno de los pistones del accionador 18, un cable 55 y un segundo manguito 56 unido a la suela 53. Cuando los cilindros del accionador 18 tiran de uno de los tirantes 35 o 36 relajando la fuerza sobre el otro, la suela 53 pivota alrededor del eje 19 perpendicular a la figura 3. De igual modo, los tirantes 33 y 34 conectados al accionador 16 pueden comprender, cada uno, un cable. La utilización de cable permite al tirante concernido seguir el movimiento de rotación del pie al deformarse. La utilización de cables garantiza también una cierta flexibilidad longitudinal de los tirantes que permite al tobillo 10 amortiguar eventuales choques verticales debidos a la colocación del pie 11 sobre el suelo con cada paso. Se puede prever para cada tirante un tensor que permite ajustar su longitud.

55 La articulación 13 que permite la rotación del pie 11 siguiendo los dos ejes de rotación 17 y 19 comprende una cruceta 60 que puede pivotar alrededor del eje 17 con respecto a la pierna 12 y alrededor del eje 19 con respecto al pie 11. Más exactamente, la cruceta 60 pivota alrededor del eje 17 con respecto a una carcasa 61 de los accionadores 16 y 18 en la que están realizadas las cámaras de los cilindros, concretamente los cilindros 37 y 38. La carcasa 61 está unida a las varillas 23, 24 y 25. Dos cojinetes 62 y 63 dispuestos entre dos extremos de la cruceta 60 y la carcasa 61

guían la rotación de la cruceta 60 alrededor del eje 17.

Además, la cruceta 60 pivota alrededor del eje 19 con respecto a dos montantes 64 y 65 del pie 11. Los montantes 64 y 65 están unidos a la suela 53. El montante 64 se eleva a nivel por una parte anterior y superior del pie llamada empeine y el montante 65 a nivel del talón. Un cojinete 66 guía la rotación de la cruceta 60 alrededor del eje 19 con respecto al montante 64 y un cojinete 67 guía la rotación de la cruceta 60 alrededor del eje 19 con respecto al montante 65.

El tobillo 10 comprende ventajosamente medios para medir el desplazamiento angular del pie alrededor de sus dos ejes de rotación 17 y 19 con respecto a la pierna 12. Para tal fin, se implementan, por ejemplo, dos potenciómetros 68 y 69 que miden el desplazamiento angular de la cruceta 60 a nivel de los cojinetes, respectivamente 62 y 67.

La cruceta 60 comprende dos ramas 70 y 71, extendiéndose la rama 70 a lo largo del eje 17 entre los cojinetes 62 y 63 y extendiéndose la rama 71 a lo largo del eje 19 entre los cojinetes 66 y 67. Los tirantes 35 y 36 atraviesan la cruceta 60 a nivel de la rama 70 y los tirantes 33 y 34 atraviesan la cruceta 60 a nivel de la rama 71. Para permitir que se atravesase la cruceta 60 cada rama 70 y 71 comprende dos casquillos, 72 y 73 para la rama 70, 74 y 75 para la rama 71. Cada tirante puede deslizarse en un casquillo durante el accionamiento de los cilindros. Para permitir la rotación de la cruceta 60 alrededor de sus dos ejes 17 y 19, las paredes de los diferentes casquillos tienen, ventajosamente, una forma de parte de toro sustancialmente tangente con el tirante que atraviesa el casquillo correspondiente. La forma de parte de toro permite también que los cables 51 y 55 de los tirantes 35 y 36 se apoyen sobre las paredes de los casquillos correspondientes durante la rotación del pie 11.

Ventajosamente, uno de los accionadores que permiten la rotación del pie alrededor de los ejes frontal y sagital actúa por medio de un cable y de una transmisión angular. Esta transmisión angular es, sobre todo, útil para la rotación alrededor del eje sagital 17 para aumentar el desplazamiento angular máximo posible para la articulación 13 alrededor de este eje, así como el par transmitido por el tirante correspondiente.

Para tal fin, el pie comprende una parte de placa circular 80 de eje 81 paralelo al eje 17 y situado por debajo de este. La placa circular 80 está unida al pie 11. Los tirantes 33 y 34 se enrollan sobre la periferia de la placa circular 80 y el manguito fijado al pie 11, que pertenece a cada tirante 33 y 34 se extiende paralelamente al eje 19 para fijarse en cada uno de los montantes, respectivamente 65 y 64. En la figura 3, se distinguen dos ranuras 82 y 83 realizadas en la placa circular 80. Cada una de las ranuras 82 y 83 permite guiar uno de los tirantes, respectivamente 33 y 34.

El accionador 14 que permite la rotación del pie 11 alrededor del eje vertical 15 es bien visible en las figuras 4, 5 y 6. El accionador 14 está formado por un cilindro hidráulico rotatorio que comprende el estator 30 y el rotor 32. El estator 32 comprende una camisa 90 dispuesta entre dos piezas de cierre 91 y 92. La camisa 90, las piezas de cierre 91 y 92 así como la parte baja 31 de la rodilla se mantienen unidas por ejemplo por medio de tornillos 93.

El rotor 32 consta de una mariposa 94 y un árbol de salida 95 unidos entre sí. El árbol de salida 95 está, por ejemplo, fijado a la mariposa 94 por medio de un roscado 96 dispuesto en un mandrinado 97 de la mariposa 94. El mandrinado 97 se extiende según el eje 15. Las varillas 23, 24 y 25 están unidas al árbol de salida 95. Juntas 100, 101, 102 y 103, por ejemplo tóricas, garantizan la estanqueidad entre el rotor 32 y el estator 30.

La figura 5 es una vista en corte por un plano 105 perpendicular al eje 15. Cuatro cámaras 106, 107, 108 y 109 están realizadas entre la mariposa 94 y la camisa 90. Las cámaras 106 y 107 comunican por medio de un canal radial 110 que se extiende en el plano de la figura 5 atravesando la mariposa 94 para desembocar en una ranura anular 111 tallada en el árbol de salida 95. De igual modo, las cámaras 108 y 109 comunican por medio de un canal radial, no representado y que desemboca en una ranura 112. Este segundo canal radial así como la ranura 112 están realizados en un plano paralelo al plano 105. Juntas tóricas 113, 114 y 115 garantizan la estanqueidad de las ranuras 111 y 112. Una diferencia de presión de un fluido hidráulico entre los dos pares de cámaras, respectivamente 106 y 107, 108 y 109 permite hacer girar el cilindro hidráulico rotatorio.

En la figura 5, la mariposa 94 está representada en posición media que permite un desplazamiento de aproximadamente +/- 20° alrededor del eje 15 con respecto a esta posición. Es posible, por supuesto, aumentar las dimensiones angulares de las cámaras 106, 107, 108 y 109 para obtener un mayor desplazamiento. Por ejemplo, en una configuración con cuatro cámaras, es posible obtener un desplazamiento de +/- 40° por vuelta del eje 15. Si, por el contrario, un menor desplazamiento es suficiente, se podrá aumentar el número de cámaras para aumentar el par del cilindro rotatorio o para reducir sus dimensiones radiales conservando un mismo par.

La mariposa 94 se puede apoyar entre dos superficies planas 116 y 117 de las piezas de cierre 91 y 92, superficies perpendiculares al eje 15. Ventajosamente, el cilindro rotatorio comprende una película hidrostática dispuesta entre el rotor 32 y el estator 30 en un plano perpendicular al eje de rotación vertical 15. Más exactamente, la película hidrostática se establece entre las superficies planas 116 y 117 y las superficies enfrente de la mariposa 94. La película hidrostática es alimentada por ranuras anulares 118 y 119 realizadas en la mariposa 94 y que desembocan enfrente de las superficies planas 116 y 117. Las ranuras anulares 118 y 119 tienen, por ejemplo, una profundidad del orden de 0,5 mm. La película hidrostática está limitada por las juntas 102 y 103 por un lado, 100 y 101 por otro lado. La película hidrostática permite limitar la fricción entre el rotor 32 y el estator 30. También permite amortiguar eventuales choques verticales que el pie 11 podría sufrir durante la marcha del robot.

El cilindro rotatorio también puede constar de un anillo 120 en forma de arandela plana de eje 15 dispuesta entre la pieza de cierre 92 y el árbol de salida 95 para limitar las fricciones entre estas dos piezas. El anillo 120 está fabricado en un material que presenta un bajo coeficiente de fricción frente a la pieza de cierre 92 y al árbol de salida 95.

5 La figura 6 representa el cilindro rotatorio en corte en un plano vertical perpendicular al de la figura 4. El cilindro rotatorio consta de empalmes 122 y 123 que permiten alimentar con fluido hidráulico las cámaras 107 y 109 así como las películas hidrostáticas. Las salidas 124 y 125 de los empalmes están, ventajosamente, orientados paralelamente al eje 15 para limitar el tamaño radial de la pierna 12.

10 Las figuras 7 y 8 representan una muñeca 130 según la invención. La figura 7 es una vista en perspectiva de la muñeca 130 y la figura 8 es una vista en corte. La muñeca 130 conecta un antebrazo 131 del robot y una mano 132 del robot. En esta muñeca, se encuentran los accionadores 14, 16 y 18 que permiten la rotación de la mano 132 cada uno alrededor de un eje, respectivamente 15, 17 y 19 con respecto al antebrazo 131. El accionador 14 actúa en serie sobre el conjunto formado por los dos accionadores 16 y 18 que actúan en paralelo sobre la mano. El accionador 14 está dispuesto aguas arriba de los dos accionadores 16 y 18 con respecto al antebrazo 131.

15 La figura 8 representa la muñeca 130 en corte en un plano que contiene los ejes 15 y 19. En esta vista, se encuentran las zonas 20 y 22 que contienen el accionador 14 para la zona 20 y los accionadores 16 y 18 para la zona 22. La zona 21, dispuesta entre las zonas 20 y 22 no está representada, esta es, no obstante, realizable para disponer en ella, por ejemplo, una o varias bombas hidráulicas que permiten alimentar los accionadores 14, 16 y 18.

20 Como para el tobillo, el accionador 14 de la muñeca 130 es, por ejemplo, un motor hidráulico rotatorio. Los accionadores 16 y 18 son, ventajosamente, lineales y actúan sobre la mano 132 en paralelo por medio de tirantes. En la figura 8, aparecen los tirantes 33, 34 y 36. La descripción de los accionadores 14, 16 y 18 realizada para el tobillo se puede recuperar completamente para la muñeca 130. La conexión entre los accionadores 16 y 18 y la mano 132 puede ser idéntica a la que conecta el pie. En ella se puede encontrar concretamente una transmisión angular realizada por medio de la placa circular 80 para uno de los dos accionadores 16 o 18 que permiten aumentar el desplazamiento angular de la mano 132 según uno de sus ejes de rotación.

25 Las figuras 9 y 10 representan un cuello 140 según la invención. La figura 9 es una vista en perspectiva del cuello 140 y la figura 10 es una vista en corte. El cuello 140 conecta un cuerpo 141 del robot y una cabeza 142 del robot. En este cuello 140, se encuentran los accionadores 14, 16 y 18 que permiten la rotación de la cabeza 142, cada uno alrededor de un eje, con respecto al cuerpo 141. El eje 15 del accionador 14 es un eje vertical del cuerpo 141. El accionador 14 actúa en serie sobre el conjunto formado por los dos accionadores 16 y 18 que actúan en paralelo sobre la cabeza 142. El accionador 14 está dispuesto aguas arriba de los dos accionadores 16 y 18 con respecto al cuerpo 141.

30 La figura 10 representa la muñeca 130 en corte en un plano que contiene el eje 15. En esta vista, se encuentran las zonas 20 y 22 que contienen el accionador 14 para la zona 20 y los accionadores 16 y 18 para la zona 22. La zona 21, dispuesta entre las zonas 20 y 22 no está representada, esta es, no obstante, realizable para disponer en ella, por ejemplo, una o varias bombas hidráulicas que permiten alimentar los accionadores 14, 16 y 18. Para el cuello, es ventajoso prescindir de la zona 21 para reducir la inercia de la cabeza durante su rotación alrededor del eje 15.

35 Como para el tobillo, el accionador 14 del cuello es, por ejemplo, un motor hidráulico rotatorio. Los accionadores 16 y 18 son, ventajosamente, lineales y actúan sobre la cabeza 142 en paralelo por medio de tirantes. En la figura 10, aparecen los tirantes 33, 34 y 36. La descripción de los accionadores 14, 16 y 18 realizada para el tobillo se puede recuperar completamente para el cuello 140. La conexión entre los accionadores 16 y 18 y la cabeza 142 puede ser idéntica a la que conecta el pie. Sin embargo, en el cuello 140, no se encuentra transmisión angular para uno de los dos accionadores 16 o 18. En efecto, el desplazamiento angular alrededor de los ejes 17 y 19 es menor que para otras articulaciones, tales como el tobillo y la muñeca.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Robot humanoide, que comprende dos elementos (11, 12; 132, 132; 141, 142) conectados por una articulación esférica (10) con tres grados de libertad en rotación, estando la articulación movida por tres accionadores (14, 16, 18), actuando el primer y el segundo de los accionadores (16, 18) en paralelo y actuando el tercero de los accionadores (14) en serie respecto al primer y al segundo de los accionadores (16, 18), **caracterizado porque** cada uno de los tres accionadores (14, 16, 18) permite una sola rotación, respectivamente según uno de los tres grados de libertad, y **porque** el primer y el segundo de los accionadores (16, 18) comprenden, cada uno, dos cilindros (37, 38) de efecto simple que actúan, cada uno, tirando de uno de los elementos (11).
- 10 2. Robot humanoide, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende un cuerpo (141), **porque** el tercer accionador (14) está dispuesto aguas arriba del primer y del segundo de los accionadores (16, 18) con respecto al cuerpo (141).
3. Robot humanoide, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la articulación es un tobillo (10).
- 15 4. Robot humanoide, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la articulación es una muñeca (130).
5. Robot humanoide, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la articulación es un cuello (140).
- 20 6. Robot humanoide, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los accionadores (14, 16, 18) utilizan energía hidráulica.
7. Robot humanoide, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende un cuerpo (141), y **porque** los tres accionadores (14, 16, 18) están dispuestos en el elemento más aguas arriba (12; 131; 141) con respecto al cuerpo (141).
- 25 8. Robot humanoide, según la reivindicación 7, **caracterizado porque** el primer y el segundo de los accionadores (16, 18) son lineales y actúan por medio de tirantes (33, 34, 35, 36) fijados, por un lado, al accionador (16, 18) y por otro lado al elemento más aguas abajo (11; 132; 142) con respecto al cuerpo (141).
9. Robot humanoide, según la reivindicación 8, **caracterizado porque** los accionadores lineales (16, 18) comprenden pistones (39, 40) que se desplazan siguiendo ejes paralelos.
- 30 10. Robot humanoide, según una cualquiera de las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado porque** la articulación es un tobillo (10) que permite el movimiento de un pie (11) con respecto a una pierna (12), **porque** uno de los accionadores (16) que permite la rotación del pie (11) alrededor de ejes frontal (19) y sagital (17) del robot actúa por medio de un cable (51, 55) y de una transmisión angular (80) dispuesta en el pie (11).
11. Robot humanoide según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer y el segundo de los accionadores (16, 18) comprenden, cada uno, una bomba hidráulica que genera una diferencia de presión hidráulica entre dos cámaras (43, 44) que pertenecen, cada una, a uno de los cilindros (37, 38).
- 35 12. Robot humanoide, según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el tercer accionador (14) comprende un cilindro hidráulico rotatorio que comprende un estator (30), un rotor (32) y una película hidrostática dispuesta entre el rotor (32) y el estator (30), en un plano perpendicular al eje de rotación (15) del tercer accionador (14).

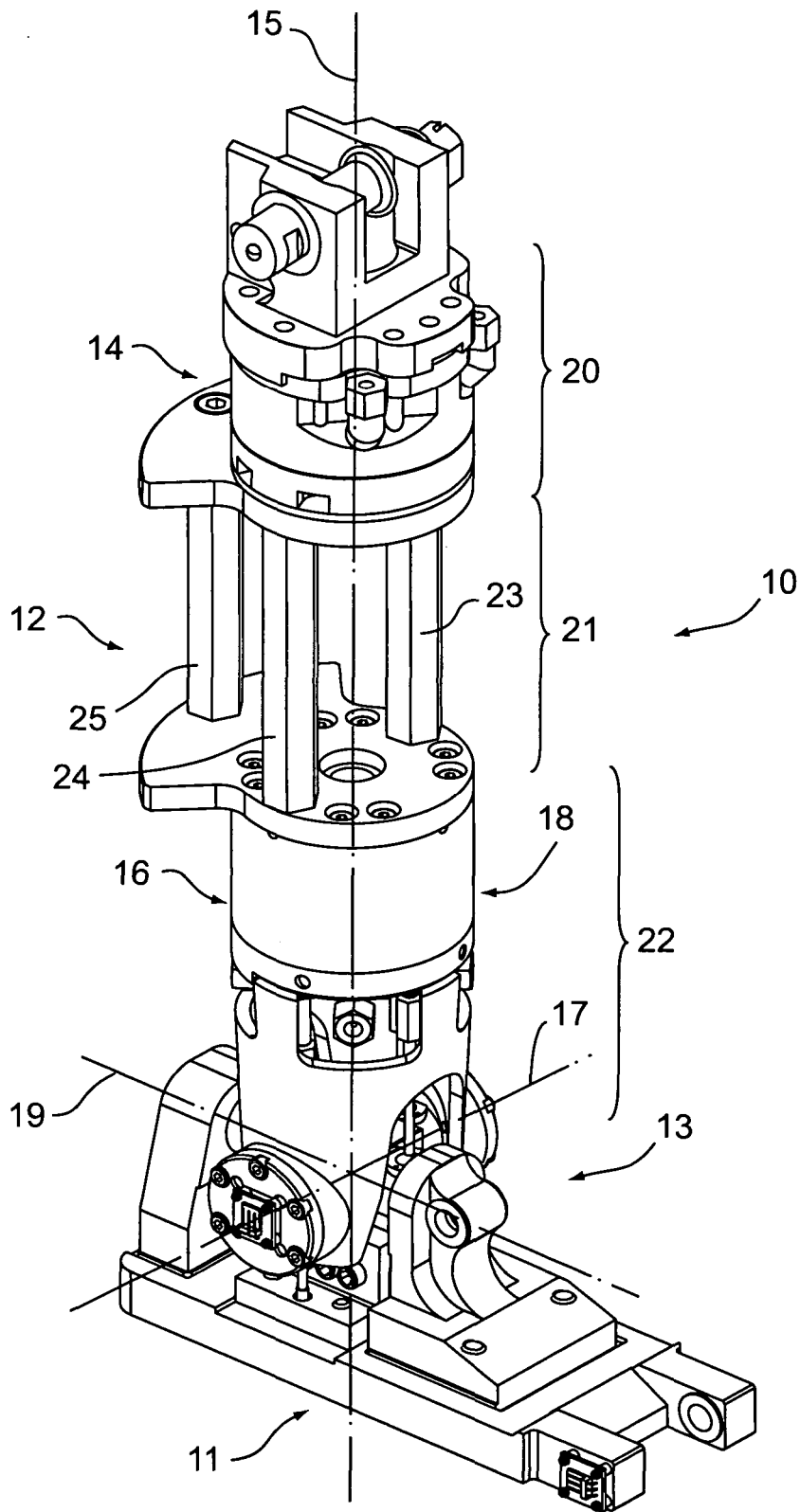
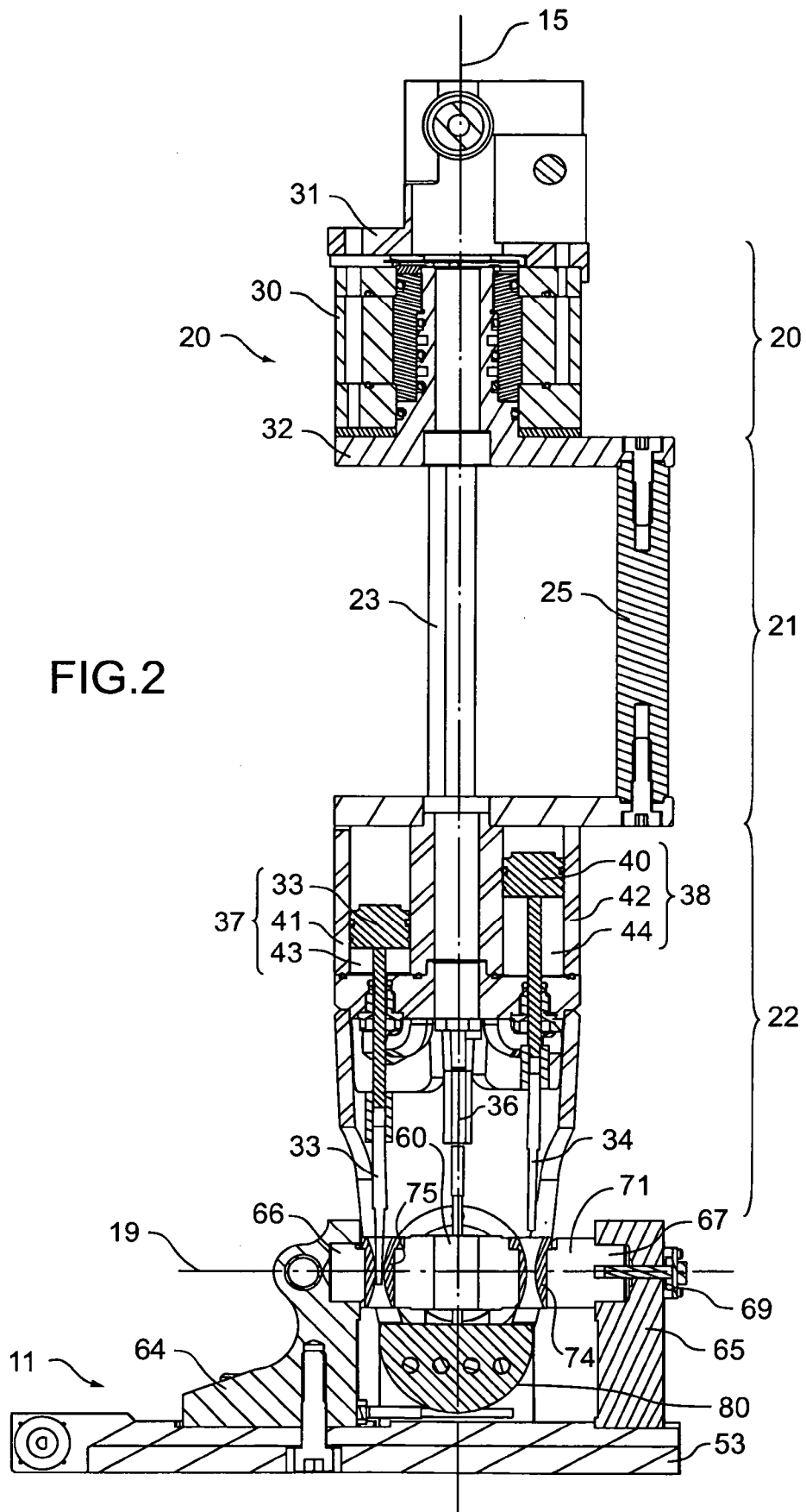


FIG.1



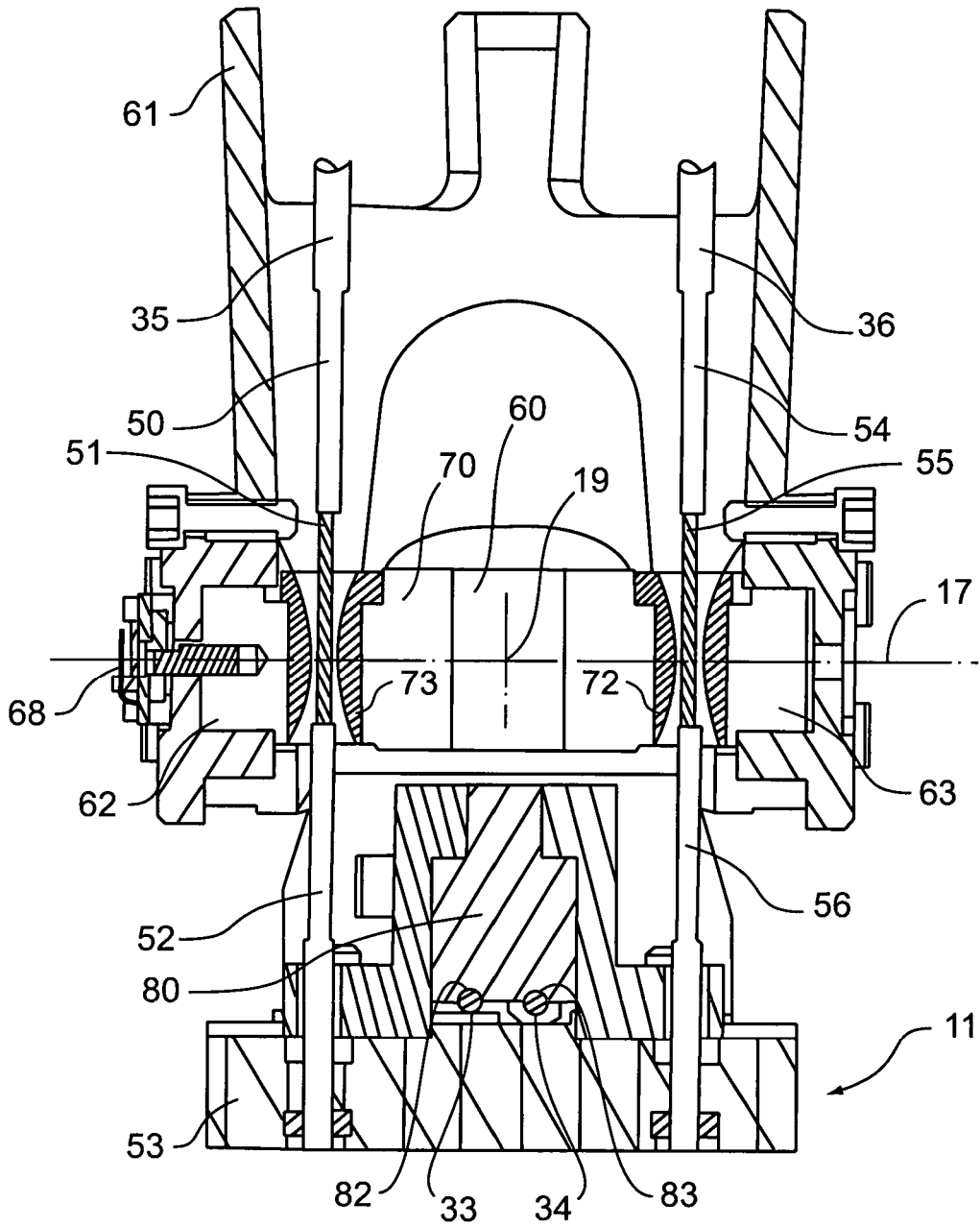


FIG.3

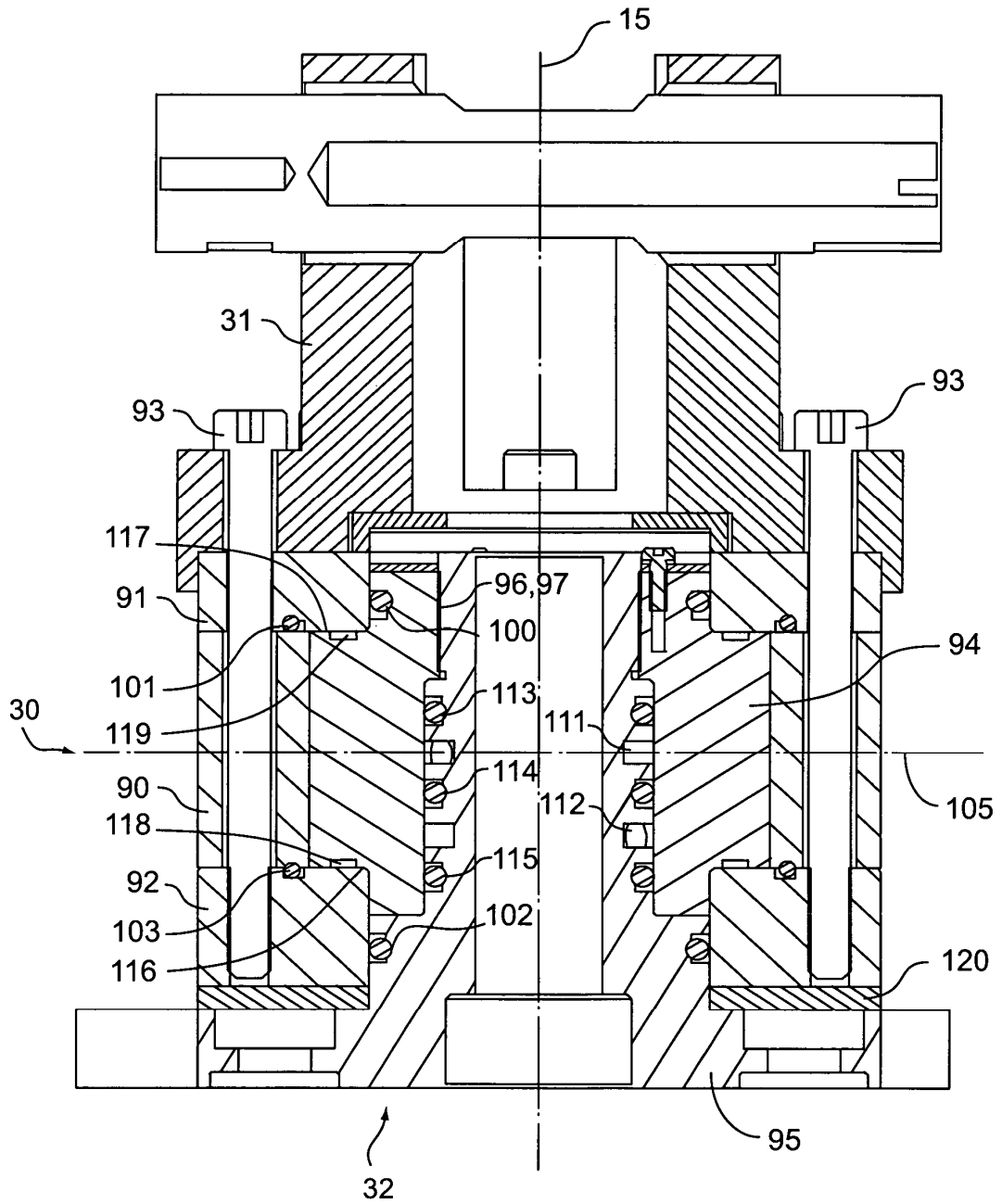


FIG. 4

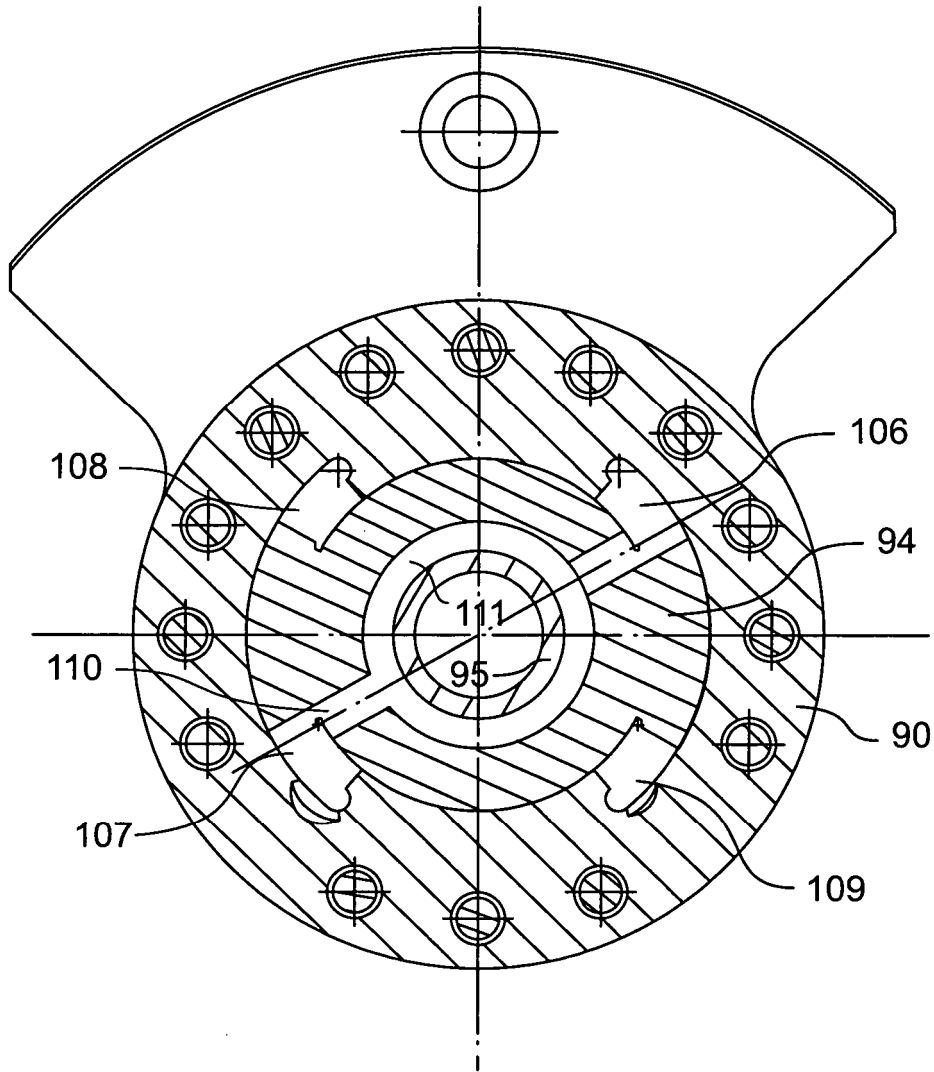


FIG.5

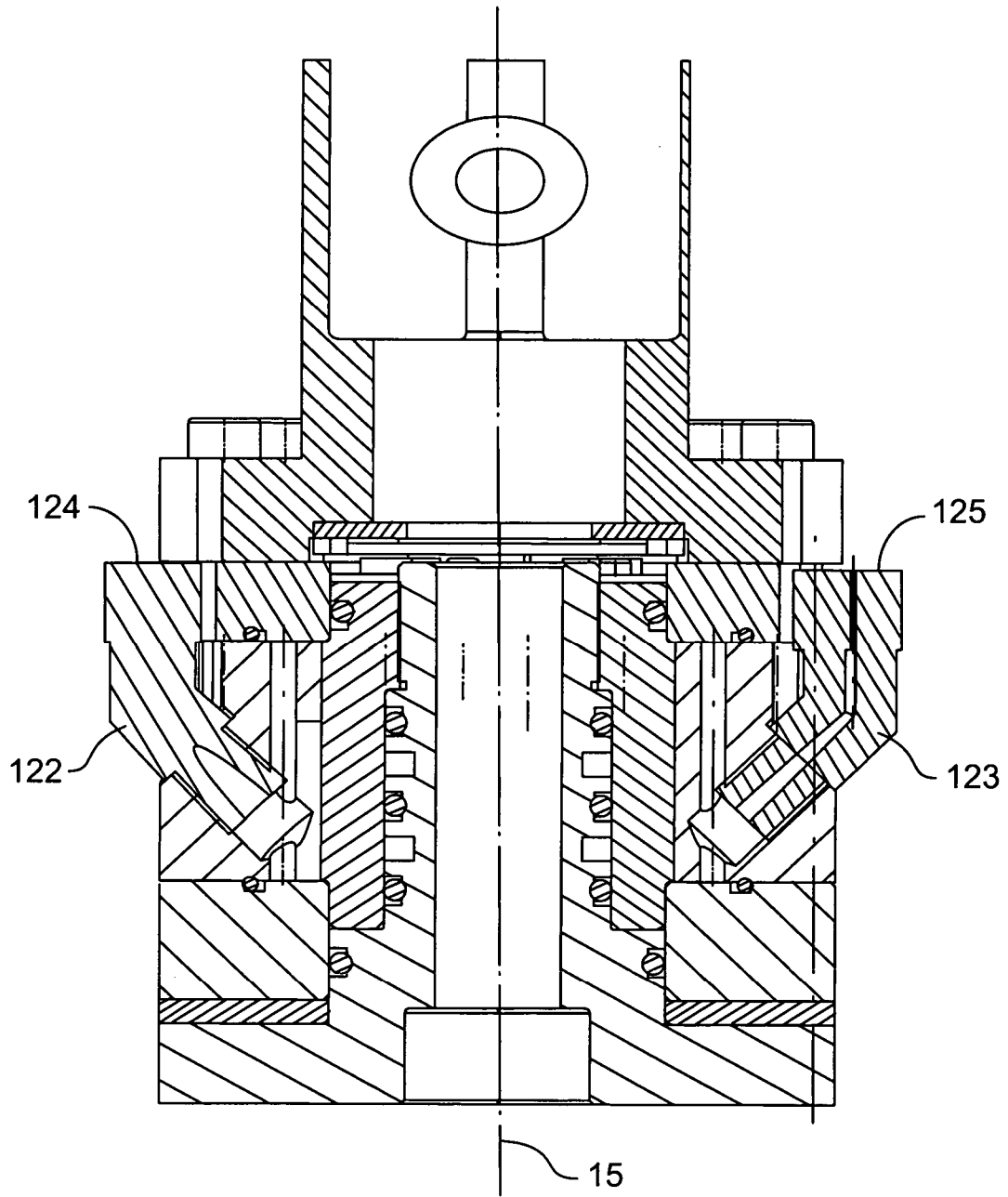


FIG.6

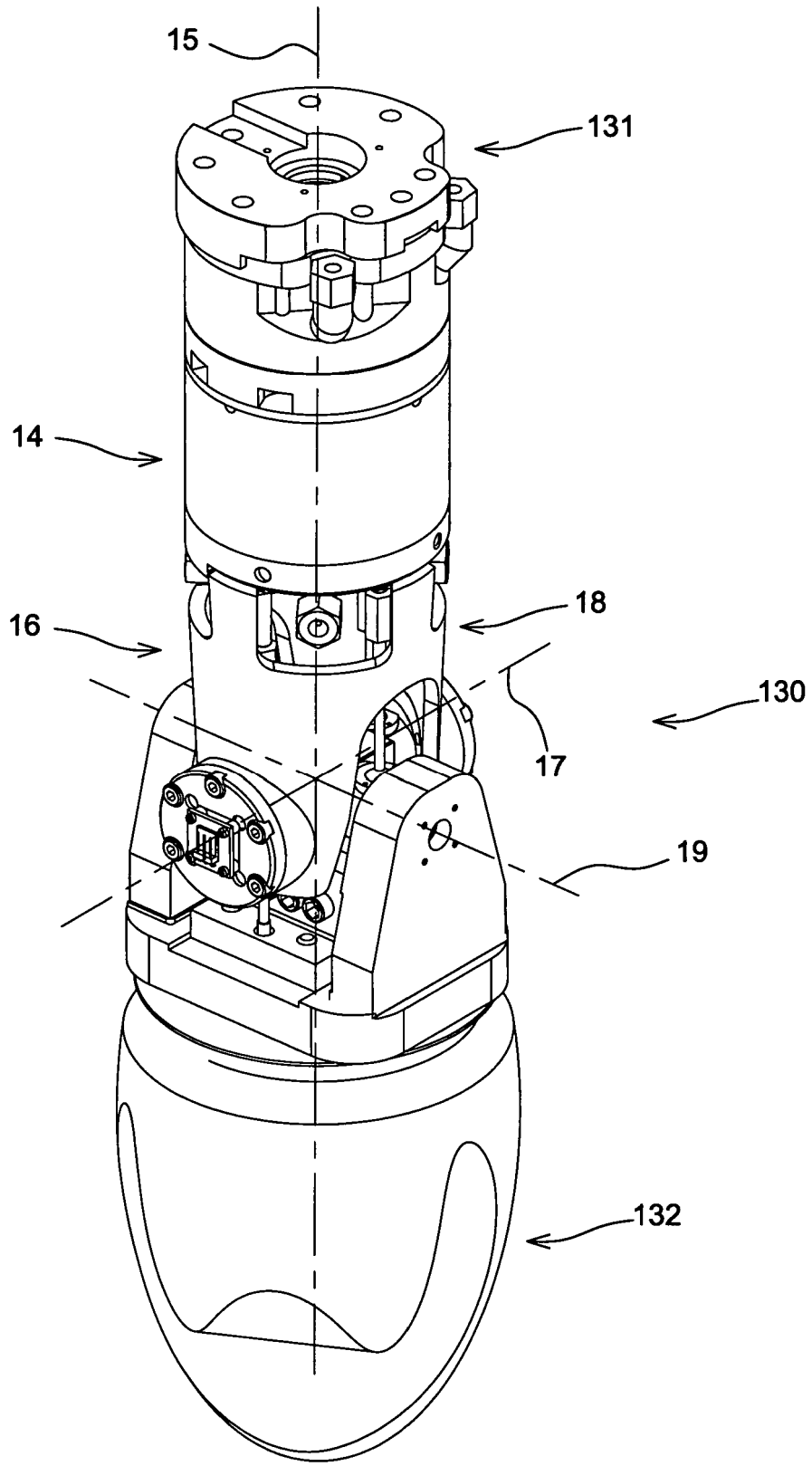


FIG. 7

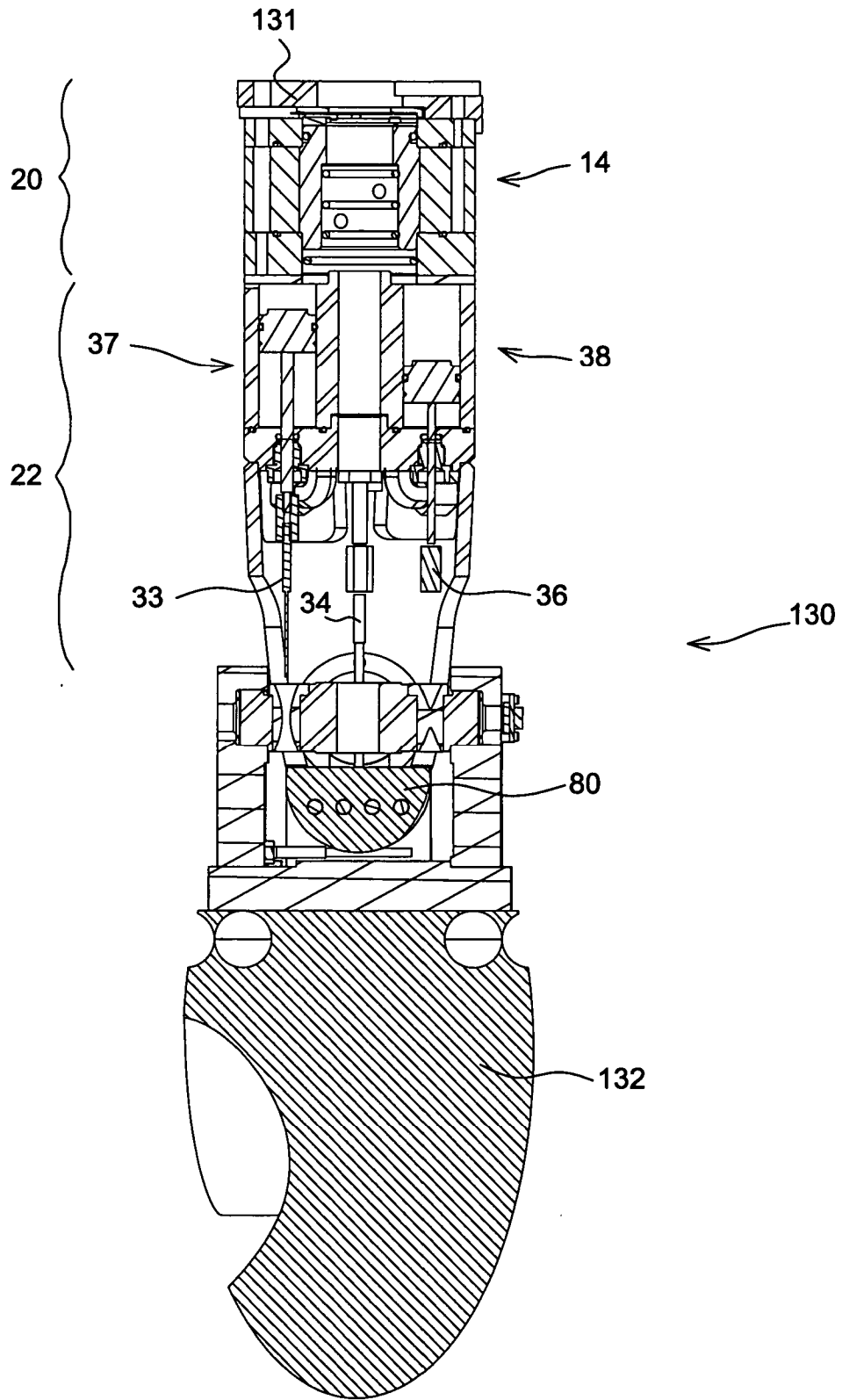


FIG. 8

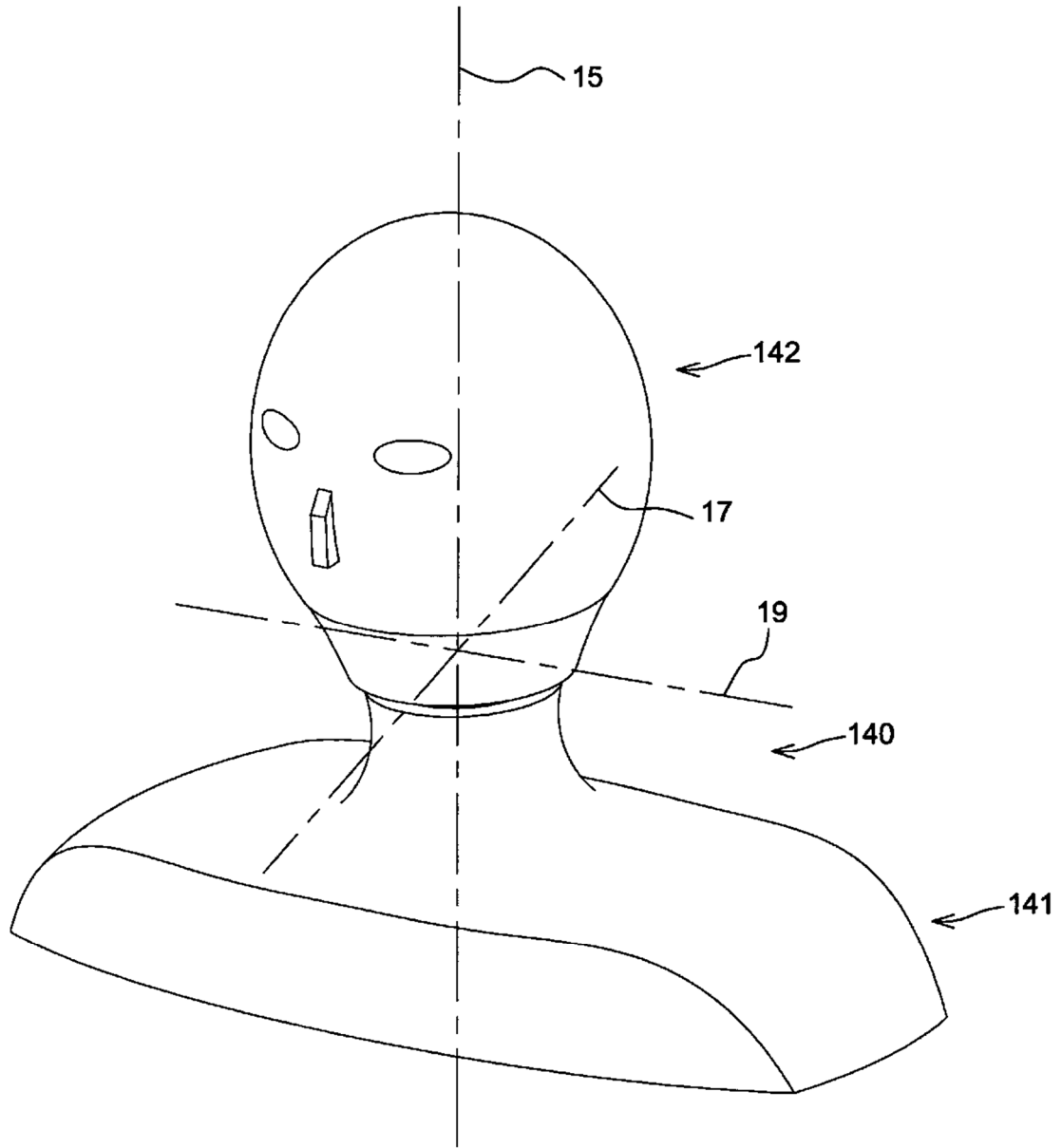


FIG.9

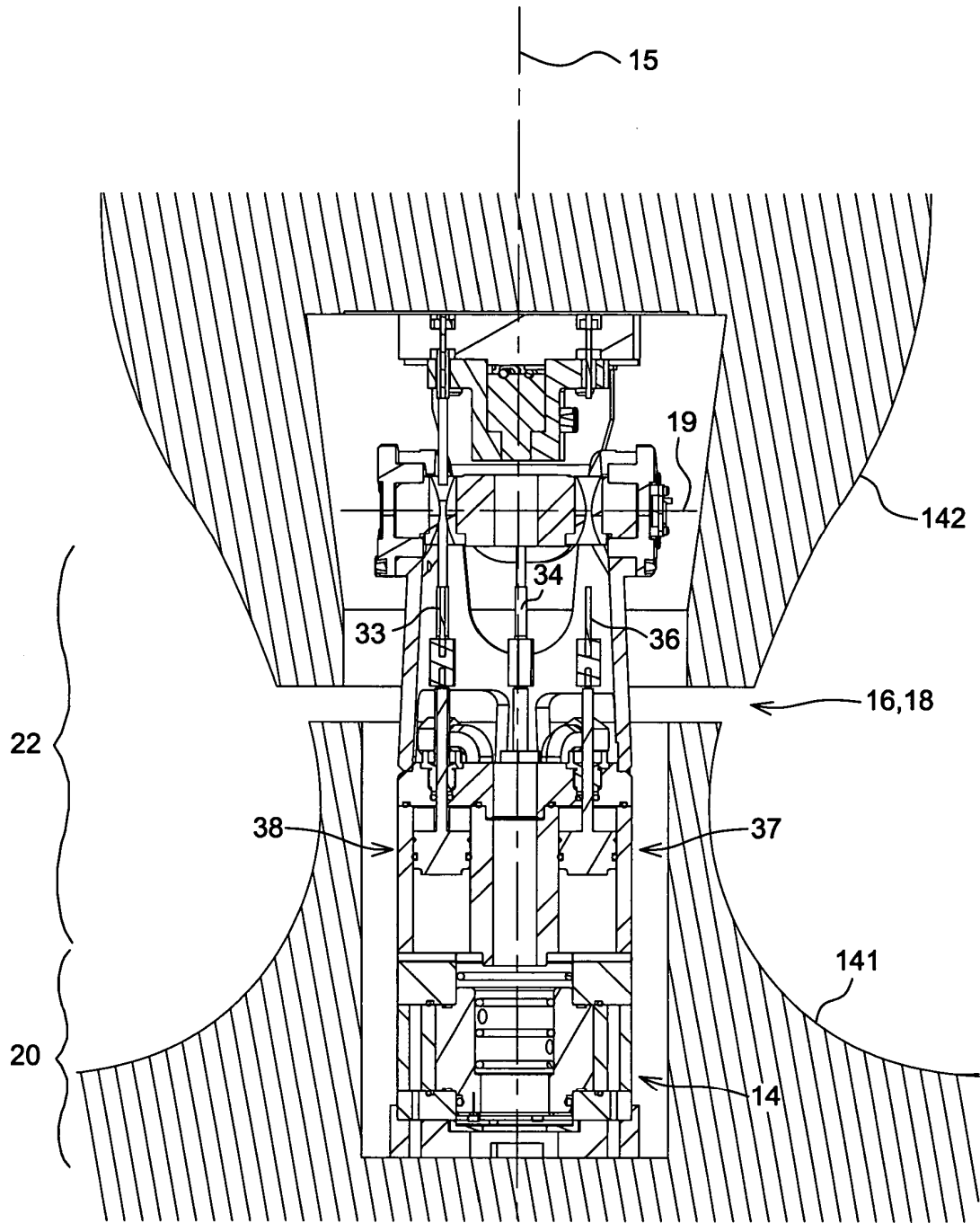


FIG.10