



Doctoral Thesis

Reach and gaze representations in the anterior intraparietal area and the ventral premotor cortex of macaques

Author(s):

Lehmann, Sebastian Johannes

Publication Date:

2013

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-009787079> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH N° 21119

REACH AND GAZE REPRESENTATIONS IN THE ANTERIOR
INTRAPARIETAL AREA AND THE VENTRAL PREMOTOR
CORTEX OF MACAQUES

A dissertation submitted to

ETH ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

SEBASTIAN JOHANNES LEHMANN

Diplom-Biologe, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau

born June 27th, 1980

citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Kevan A.C. Martin, examiner

Prof. Dr. Hansjörg Scherberger, co-examiner

Prof. Dr. Bernhard Hess, co-examiner

2013

Summary

Voluntary, goal-directed movements are frequently composed of several actions that are combined to achieve a specific behaviour. For example, prehension involves reaching and grasping actions to transport the hand to a target in order to grasp or manipulate it. For controlling these actions, separate parieto-frontal cortical networks have been described for generating reaching and grasping actions. The network specialized for grasp movements consists of the anterior intraparietal area (AIP) and ventral premotor area (F5), which are strongly and reciprocally connected to each other. Various studies revealed that these visuo-motor areas are involved in the transformation of an object's intrinsic properties, like size or orientation, into the appropriate finger configuration in order to grasp it. However, as grasping and reaching are behaviorally and functionally so strongly combined, it could be expected, that also spatial, reach related factors influence neuronal grasp activity in the areas AIP and F5. These spatial factors could be the position of the grasp target in space, the position of gaze, or the starting position of the hand. The majority of studies about neuronal representation in the hand grasping areas were focused on either the grasping or the reaching component of reach-to-grasp movements.

For this thesis, we therefore analyzed the influence of systematically varied spatial factors on grasp related neuronal activity in AIP and F5. We developed an environment that allowed the systematic variation of grip type, target position, gaze position, as well as the starting position of the hand. Two macaques were trained to perform a delayed reach-to-grasp task. We then recorded 353 single units in parietal area AIP and 585 single units in premotor area F5. The neuronal populations in both of these areas not only showed grasp representation, but in addition also encoded

spatial information. Whereas the fraction of grip type tuned units increased toward movement execution, the number of cells with spatial representations stayed relatively constant throughout the task, however more prominently in AIP than in F5. Among the spatial representations, we found both target and gaze information to be encoded in each of the areas AIP and F5. Furthermore, the target position was substantially encoded in retinotopic, i.e. eye-centered, coordinates in both areas. In comparison, the initial hand position was not substantially represented in any of the areas.

Moreover, we analyzed the encoding properties of the local field potentials (LFP) during the delayed reach-to-grasp task. Similar to our findings for the single-unit activity, we found the strongest grasp representation during movement execution in both areas, whereas the spatial representations stayed on similar levels across epochs. Also in the LFP, we found a mixture of gaze, target, and retinotopic target representations, and spatial information was generally stronger present in AIP than in F5.

In conclusion, this thesis reveals new insights into visuo-motor processes in the hand grasping areas AIP and F5. It shows the simultaneous presence of grasp-related and spatial information in AIP and F5, in both single unit as well as LFP activity. This suggests an at least supportive role of these spatial signals for the planning of grasp actions. Whether these spatial signals in AIP and F5 also play a causal role for the planning of reach actions would need to be the subject of further investigations.

Zusammenfassung

Aktive, zielgerichtete Bewegungen entstehen gemeinhin aus der Kombination verschiedener Bewegungskomponenten. So sind beispielsweise Greifbewegungen zusammengesetzt aus einer Armbewegung, die die Hand in die Nähe des zu greifenden Objektes bringt, und einer Handgreifbewegung, mit der dieses Objekt ergriffen oder manipuliert werden kann. An der Planung und Ausführung dieser Bewegungskomponenten sind jeweils unterschiedliche kortikale parietal-frontale Netzwerke beteiligt. Die wichtigsten kortikalen Areale innerhalb des für Greifbewegungen spezialisierten Netzwerkes sind das anteriore intraparietale Areal (AIP) sowie der ventrale prämotorische Kortex (F5), die stark miteinander verknüpft sind. Zahlreiche Studien zeigten auf, dass diese visuell-motorischen Areale daran beteiligt sind, spezifische Eigenschaften eines Objektes, wie z.B. seine Größe oder räumliche Orientierung, in entsprechende Handgreifbewegungen umzusetzen. Da Arm- und Handbewegungen so eng miteinander verknüpft sind, wäre es nicht überraschend, wenn auch räumliche, für die Armbewegung relevante Faktoren, einen Einfluss auf die kortikale Aktivität in den Arealen AIP und F5 ausüben. Diese räumlichen Faktoren könnten z.B. die Position des Objekts im Raum, die Blickrichtung oder die Startposition der Hand sein. Die meisten wissenschaftlichen Publikationen über diese Areale beschäftigten sich entweder mit deren Rolle für Arm- oder Handgreifbewegungen, aber untersuchten sie nicht in Kombination.

Für diese Dissertation analysierte ich den Einfluss systematisch variiertes räumlicher Faktoren auf die handgreif-spezifische neuronale Aktivität in AIP und F5. Wir entwickelten eine Umgebung, die die systematische Variation von Griff-Art,

Positionierung des Objektes, Blickrichtung und Startposition der Hand ermöglichte. Zwei Makaken wurden darauf trainiert, nach detaillierter Instruktion Greifbewegungen auszuführen. Während der Ausführung dieser Bewegungen zeichneten wir die Aktivität von 353 Neuronen in AIP, sowie von 585 Neuronen in F5 auf. Beide dieser Populationen wiesen nicht nur Repräsentation der Handgreifbewegungen auf, sondern repräsentierten zudem räumliche Information. Während die meisten derjenigen Zellen, die die Griffart kodierten, bei der Ausführung der Bewegung zu finden waren, waren die räumlichen Faktoren zeitlich konstant, d.h. während des gesamten Tasks präsent. Jedoch repräsentierten deutlich mehr Zellen in AIP als in F5 die räumlichen Faktoren. In beiden Arealen fanden wir Repräsentationen der Blickrichtung und der Objektposition. Letztere war zu einem großen Anteil in retinotopen Koordinaten kodiert, d.h. in Abhängigkeit zur Blickrichtung. Im Vergleich dazu spielte die Startposition der Hand in beiden Arealen eine verschwindend geringe Rolle.

Des Weiteren untersuchten wir den Einfluss unseres Tasks auf das lokale Feldpotential (LFP). Ähnlich zu unseren Resultaten in der neuronalen Population war die Griff-Art am stärksten während der Bewegungsausführung repräsentiert, wohingegen die räumliche Information stabil in allen Epochen zu finden war. Auch hier handelte es sich um eine Mischung aus Blickrichtung und Objektposition, die wiederum zum Teil retinotop repräsentiert war, und auch hier waren die räumlichen Faktoren meist deutlich stärker in AIP kodiert.

Diese Dissertation gewährt neue Einblicke in visuell-motorische Prozesse, die sich bei der Ausführung von Handgreif- und Armbewegungen in den Arealen AIP und F5 abspielen. Sie zeigt die gleichzeitige Präsenz von griff-spezifischer und räumlicher Information in beiden Arealen auf, die sich sowohl auf neuronaler Ebene, als auch in

der Modulation des LFP-Signals widerspiegelt. Unsere Resultate legen eine Beteiligung dieser räumlichen Information an der Planung von Greifbewegungen nahe, zumindest in einer unterstützenden Art und Weise. Ob diese räumlichen Signale auch eine direkte Rolle für die Planung von Armbewegungen spielen, ist eine interessante Fragestellung für weitere Experimente.