



Clinical & Device Links

神経集中治療における
頭蓋内圧モニタリングの実際

独立行政法人国立病院機構災害医療センター脳神経外科

八ツ繁 寛 先生

神経集中治療における 頭蓋内圧モニタリングの実際



独立行政法人国立病院機構災害医療センター脳神経外科 **八ツ繁 寛 先生**

頭蓋内圧(ICP)モニタリングが活用される最多の病態は頭部外傷であり、脳卒中や、数は少ないながらも炎症や腫瘍に伴う脳腫脹例にも使われている。他方、「頭部外傷治療・管理のガイドライン第4版」にはICPモニタリングの適応、治療閾値やセンサーの留置部位等が記載されているが、実臨床における適応の判断あるいはモニタリングされた値を治療にどう活かすかについては、現場で迷うことも多い。そこで、ここでは当院で経験した症例を供覧しながら、臨床現場におけるICPモニタリングの実際的な活用方法を紹介する。

ICPセンサー設置の基本手技について

ICPモニタリング未経験の読者のため、症例提示の前にセンサー設置の基本手技について概説する。

当院ではボルトのない穿刺針付きのICPセンサーを使用している(図1①)。まず、センサーを生理食塩水に浸けて0点を取る(図1②)。次いで、センサーを挿入する場所の近傍の皮下から表皮に向けて針を刺し(図1③)、アンカリング用縫合糸をかけ(図1④)、内筒を抜き(図1⑤)、表皮側からICPセンサーを入れ(図1⑥)、外筒を抜くとICPセンサーが皮膚を貫通している。次にセンサーの先端を脳実質内に挿入(図1⑦)、縫合糸でアンカリングを完成させる(図1⑧)。このように、手技自体は比較的単純である。なお、診療報酬は頭蓋内モニタリング装置挿入術が6,310点、同管理料は1

時間当たり200点で3時間超の場合は800点であり(2020年4月改定)、同手技の施行に伴う病院側の負担は少なくなっている。

頭部外傷

頭部外傷におけるICPモニタリングは、減圧開頭術後集中治療の管理指標に活用されることが多い。

症例1:76歳男性

- ・既往歴；脳梗塞、糖尿病、高脂血症
- ・現病歴；胃がん治療目的の入院中に転倒して頭部に受傷。
- ・現症と経過；当科紹介時のGlasgow Coma Scale(GCS)が13点(E3V4M6)であったことから頭部CTを撮影、右側に急性硬膜下血腫(ASDH)を認めた(図2)。CTでの血腫がmixed densityであり、止血未完成と考え、手術室の準備を行っていたところ意識障害が進行(GCS:8点(E2V1M5)に低下)、左片麻痺と瞳孔不同を認めた。気管挿管後に減圧開頭血腫除去術を施行するとともに脳室穿刺を行い、ICPセンサーを前頭葉実質に設置した(図3)。術後のICPIは10mmHg未満で推移、脳挫傷の顕在化もなく、追加内減圧は不要と判断した。脳腫脹が高度になるとされる期間に該当する術5日後の頭部CT像には正中偏位を認めず(図4)、同1ヵ月後にはほぼ正常な状態に回復したことから頭蓋形成術を施行、後遺症も出現することなく退院となった。

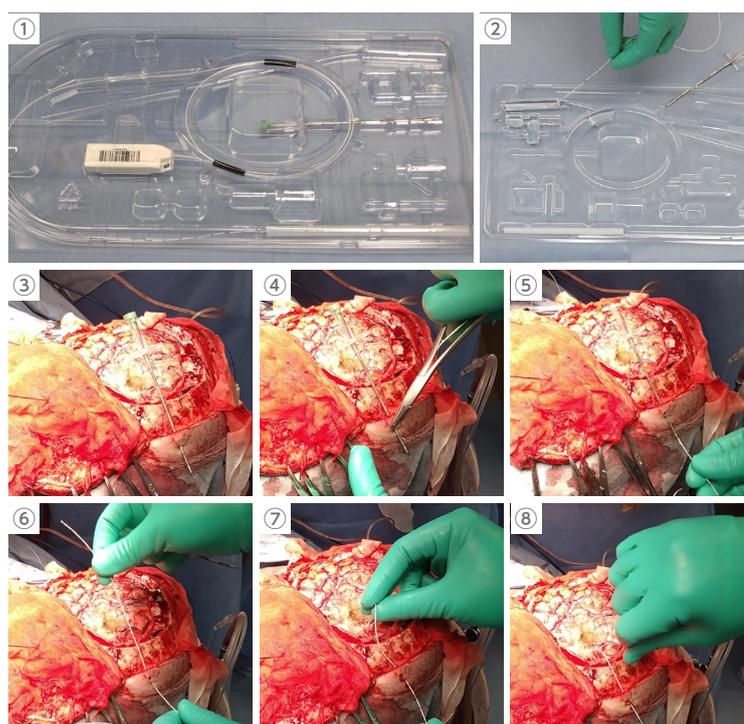


図1 ICPセンサー設置の基本手順

- ・本症例におけるICPモニタリング活用のポイント；
ICPを測定することで内減圧等の追加治療の要否の判断が可能となり、施行のタイミングを逸するリスクを回避できる。同時に、頭部CT検査の回数を減らすことも可能となる。
- また、われわれは、Otaniら¹⁾が“初期ICPモニタリングには手術結果および臨床経過の双方を予測する可能性がある”と当院の経験を報告していることを論拠として、初期に穿頭してICPセンサーを挿入、測定値を手術適応の判断や転帰予測に活かしている。以下に該当例を2症例紹介する。

症例2:20歳男性

- ・既往歴；特記すべき事項なし
- ・現病歴；住宅の外壁を塗装中に5mの高さから転落して受傷、救急搬送されてきた。
- ・現症と経過；GCS 8点(E1V2M5)、瞳孔不同は認めず、右耳出血と鼻出血はあったものの明らかな麻痺はなかった。来院時の頭部CT検査で両側に薄い血腫を認め、シルビウス裂の状況から外傷性くも膜下出血と診断した(図5)。また、骨レベルでは右側側頭骨、Mastoid air cellsを横断する頭蓋底骨折を認め、骨片の脳実質への迷入が観察された。全身性の損傷は比較的軽度であり、右肺挫傷はあるものの酸素化は維持されていた。しかしながら不穏が高度であり、救命科にて鎮静をかけたうえで気管挿管を行った。フィブリノーゲンは183mg/dLに低下、D-Dimerは27.6 μ g/mLと上昇を認めていた。この時点で手術の必要はなかったものの、血腫の増大や脳挫傷の明瞭化が予測されたことから穿頭してICPセンサーを留置、経過を観察することにした。初圧は12mmHgであったが、その後の経過中に徐々に上昇、6時間後には20mmHgを超えるようになったため再び頭部CT検査を行った。図6はICP上昇後の頭部CT

画像であり、右側に急性硬膜外血腫(AEDH)が描出され、瞳孔不同は認められなかったものの血腫の増大が確認されたことから開頭血腫除去術を施行することにした。減圧開頭により血腫を除去、脳室穿刺にて圧測定用カテーテルを挿入、ICPモニタリングを継続するとともにドレナージも行った(図7)。その後、対側に脳挫傷、骨片迷入部位に脳浮腫が出現したがICPは10mmHg程度であり、その後は5mmHg前後で推移していたため追加治療は不要と判断、期間をあけて頭蓋形成術を施行した。当院退院時には高次脳機能障害がわずかに残存しており、リハビリテーション目的の転院となった。

- ・本症例におけるICPモニタリング活用のポイント；
ICPセンサーを診療介入初期に設置することにより、瞳孔不同出現時に開頭血腫除去術を緊急に施行するのではなく、同手術の至適な施行時期を事前に設定できるとともに、術後追加治療の要否の判断が容易となる。

症例3:24歳男性

- ・既往歴；特記すべき事項なし
- ・現病歴；自転車に乗っている際にバスと衝突、約10m飛ばされるといふ高エネルギー外傷を受け当院に救急搬送された。
- ・現症と経過；搬送時GCSは11点(E4V2M5)、瞳孔不同はなく、四肢麻痺も認めなかった。頭部CT画像では、右側に薄いASDHと散在する小挫傷および右側シルビウス裂に外傷性と思われるくも膜下出血(図8)、左側後頭骨骨折、側頭骨から前頭骨にわたり対側に達する線状骨折を認めた。全身検索では、FASTでモリソン窩に腹腔内出血を示唆する体液貯溜、造影CTでは腎臓傷が疑われる画像、下腿に開放性骨折を認め、D-Dimerは77.7 μ g/mLと高値であった。いずれも血腫除去術が必要となると判断するとともに救命科と相談、腹腔内出血に対する右腸骨動脈および上下殿動脈の塞栓術(TAE)を先行

症例1 76歳男性

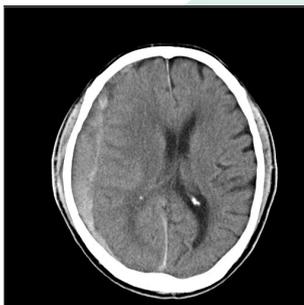


図2 来院時の頭部CT画像



図3 ICPセンサーの設置

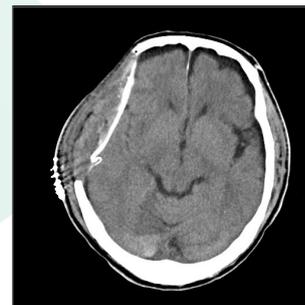


図4 術5日後の頭部CT画像

症例2 20歳男性



図5 来院時の頭部CT画像



図6 ICP上昇後の頭部CT画像



図7 開頭血腫除去術後の頭部CT画像

して実施した。その後の頭部CT検査で脳挫傷が明瞭化、左側後頭骨骨折部位にAEDHが認められた(図9)。救命科から下腿開放骨折の手術をゴールデンタイム(受傷後6~8時間)中に行いたい旨の要望があり、フィブリノーゲンおよびD-Dimerともにピークアウト前と判断し、開放骨折の手術と並行して穿頭しICPセンサーを設置することにした。ICPセンサーは右前頭部を介して脳実質内に設置、初圧は15mmHgであった(図10)。その後ICPは徐々に上昇、25mmHgを超え、左側AEDHが増大、右脳挫傷も明瞭化した(図11)。その時点(受傷6時間後)ではフィブリノーゲンの減少とD-Dimerの上昇とともにピークアウトしていたため開頭術を施行することにした。左側を減圧開頭して血腫を除去、術2日後のICPは10mmHg未満で右側脳挫傷および脳浮腫の増悪はないままに経過、術6日後の頭部CTではわずかな正中偏位を認めるもののICPの上昇はなく、反対側の開頭術は不要と判断、期間をあげ頭蓋形成術を行い転院となった。

- ・本症例におけるICPモニタリング活用のポイント；
多発外傷患者に対する開頭血腫除去等の頭部外傷への介入について、頭蓋外処置との相対的な緊急度を脳外科医のみで判断することは困難である。モニターしたICP値は救命科等の他診療科との相談時あるいは凝固線溶系の改善を待って開頭術施行のタイミングを計る時の有用な判断指標となる。

脳卒中

「脳卒中治療ガイドライン」²⁾には、広範囲脳梗塞に対し①18~60歳、②National Institutes of Health Stroke Scale(NIHSS) ≥15、③NIHSS 1a ≥1、④中大脳動脈領域の50%以上あるいは範囲が145cm³以上、⑤発症48時間以内、の5項目の条件を満

たせば硬膜形成を伴う外減圧が勧められるとされるものの、ICPモニタリングについての記載はない。そこで、当院にてICPモニタリングを活用した脳卒中患者3症例を以下に紹介する。

症例4:脳梗塞の68歳女性

- ・既往歴； 上行結腸がん、高血圧、心房細動、心不全、甲状腺機能亢進症
- ・現病歴； 甲状腺機能亢進症の治療に用いたメルカゾールの副作用による無顆粒球症と肝膿瘍に対する加療目的で入院中に左片麻痺が発現した。
- ・現症と経過； 左片麻痺発現時のNIHSSは22点、頭部CT画像で右中大脳動脈域に高信号を認めた。MRI拡散強調画像でも右中大脳動脈域に高信号を認め、MRAを撮ったところ右内頸動脈閉塞が確認された(図12)。なお、本症例はt-PA禁忌であり、やや古い症例で当時、当院では血栓回収療法を導入していなかった。発症翌日には梗塞領域が明瞭化したか、正中偏位はわずかであった。同3日目には瞳孔不同が出現、梗塞領域がさらに明瞭化し正中偏位も増悪を来したため減圧開頭術を行うとともにICPセンサーを硬膜下に設置した(図13)。術2日後に正中偏位は消失、ICPが10mmHg以下となったため、内減圧等の追加治療は行わず頭蓋形成術を施行した。
- ・本症例におけるICPモニタリング活用のポイント；
ICPモニタリングは脳梗塞に対する減圧開頭術後の追加治療の可否を判断するうえで有用である。しかしながら、ICPセンサーを設置する際の侵襲度と得られる効果とのバランスを考慮すべきであり、当院では発症直後に穿頭でICPセンサーを設置し、減圧開頭のタイミングを計ることは行っていない。

症例3 24歳男性



図8 来院時の頭部CT画像

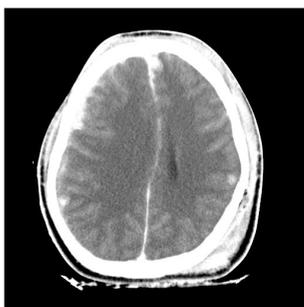


図9 動脈塞栓術後の頭部CT画像

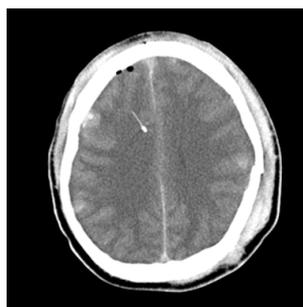


図10 ICPセンサーを脳実質内に設置

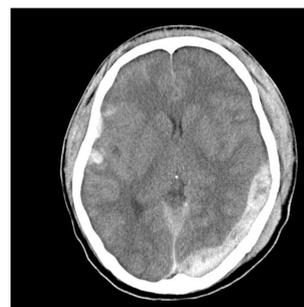


図11 ICPの上昇に伴う頭部CT画像の変化

症例4 脳梗塞の68歳女性

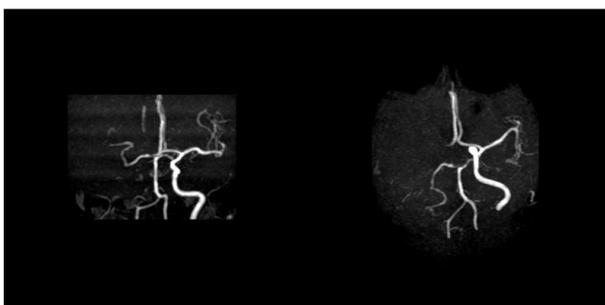


図12 左側片麻痺発現時のMRA画像

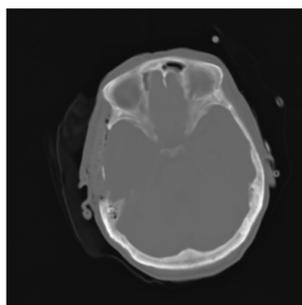


図13 減圧開頭術と並行して硬膜下にICPセンサーを設置

症例5:脳梗塞の73歳男性

- ・ 既往歴； 高血圧、心房細動、多発性骨髄腫
- ・ 現病歴； 意識障害で路上に倒れているところを発見され、当院に救急搬送された。
- ・ 現症と経過； 来院時に発症時刻不明の右麻痺があり、NIHSSは23点で言語項目判定は“失語”であった。また、頭部CT画像に左側のhyperdense MCA signを認め、MRI拡散強調画像では中大脳動脈域の前方部分が高信号を呈しており、MRA撮像により左側内頸動脈閉塞と診断した(図14)。多様な検討を行ったうえで、最終的には後方中大脳動脈域を救済するために血栓回収術を選択、ステントリトリーバーと吸引カテーテルを使用しThrombolysis in Cerebral Infarction grade IIIの左側内頸動脈完全再開通を得たが、その後にMRI拡散強調画像高信号域から出血を来した。術2日後には脳浮腫が増悪、正中偏位が出現したことから減圧開頭を行い、脳実質内にICPセンサーを設置した(図15)。一般に脳浮腫がピークとなるとされる期間に該当する術4日後の頭部CTでは、正中偏位は若干遺残するもののICPIは10mmHg以下であり、その後も同レベルで推移したことから、追加治療は行わなかった。期間をあけて頭蓋形成術を行った後、転院となった。
- ・ 本症例におけるICPモニタリング活用のポイント； 脳梗塞に対するt-PA静注療法あるいは血栓回収術を行う施設が増え、広範囲脳梗塞を来すことなく経過し、減圧開頭術の頻度は減少してきている。しかし、その後の出血性合併症に対しては減圧開頭術が必要となる頻度が増加している印象がある。

その際、本症例のようにICPセンサーを設置すれば、追加の内減圧などを遅滞なく適切なタイミングで行うことが期待できる。

症例6:くも膜下出血の47歳男性

- ・ 既往歴； 特記すべき事項なし
- ・ 現病歴； 自宅で倒れているところを発見され救急搬送された他院での頭部CT検査結果から、前頭葉内に血腫を伴うくも膜下出血と診断されて当院に転院となった。
- ・ 現症と経過； 当院来院時のGCSは7点(E1V1M5)、わずかな瞳孔不同と左側不全麻痺を認めた。頭部CT画像では右前頭葉に血腫を伴うくも膜下出血を認め、血管造影を行ったところ前交通動脈瘤破裂像が描出された(図16)。破裂動脈瘤に対してクリッピングを行い、血腫を除去して脳槽ドレーンを留置、ICPセンサーを硬膜下に設置した(図17)。術3日後以降のICPIは10mmHg前後で推移、同28日後の時点では若干の脳浮腫こそ遺残していたが、正中偏位はほぼ解消していた。最終的に頭蓋形成およびシャント術を施行した。
- ・ 本症例におけるICPモニタリング活用のポイント； くも膜下出血に対しては脳室あるいは脳槽ドレーンを留置することが多く、交通性が担保されればICPの推測も可能である。しかしながら、脳内血腫やシルビウス裂内の血腫を伴う場合には、ICPが上昇しやすい。ICPモニタリングを行うことで脳灌流圧も計算でき、くも膜下出血後に重要な脳血管攣縮の管理に有用である。

症例5 脳梗塞の73歳男性

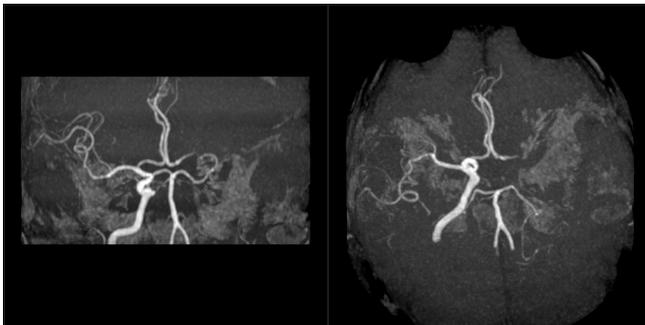


図14 来院時のMRA画像

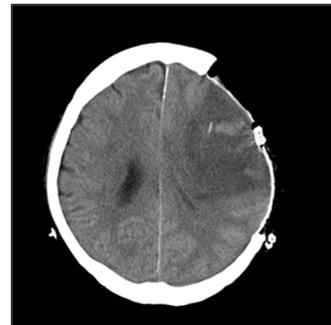


図15 脳実質内に設置したICPセンサーの頭部CT画像

症例6 くも膜下出血の47歳男性

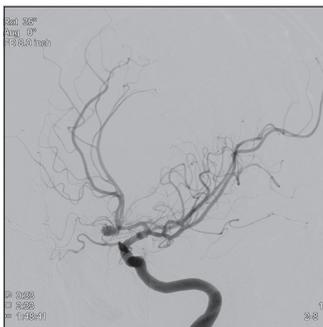


図16 前交通動脈瘤破裂を示す血管造影像

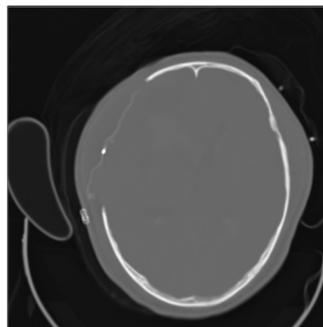


図17 硬膜下に設置されたICPセンサー

脳腫脹

炎症や腫瘍に伴う脳腫脹例にもICPセンサーが使用されることがある。

症例7:脳腫瘍の24歳男性

- ・既往歴；特記すべき事項なし
- ・現病歴；来院の2ヵ月前から頭痛を自覚、救急搬送当日は前頭部痛が増悪、鎮痛薬を内服するも治まらず、2回嘔吐した後も同様の状況であり、意識レベルの低下ありと判断した家族が当院への救急搬送を要請した。
- ・現症と経過；来院時のGCSは14点、瞳孔不同は認めなかったが、頭部CT撮像後にGCSが11点まで急低下、瞳孔散大、眼位が両側とも外側に位置するという急速な病態の変化を示した。頭部CT画像には右三角部近傍に腫瘍病変と思われるものが描出されていた(図18)。瞳孔散大を認めたことから緊急の減圧開頭が必要と判断、大きめに開頭しICPセンサーを前頭葉実質内に設置した(図19)。帰室直後のICPは8~10mmHgで推移していた。脳腫瘍である疑いが濃く、早期にMRI検査等を行ったうえで腫瘍摘出術を施行する計画を立てた。造影MRIは施行できたものの、その時点でICPが25mmHgを超え、腫瘍の細かい鑑別をする時間的余裕はないと判断、入院翌日に脳腫瘍摘出術を施行した。なお、迅速診断の結果はグリオーマであった。ICPのコントロールが難しいと判断、ICPセンサーは前頭葉実質内に設置したままにした(図20)。2回目の手術の5日後にはICPが15mmHg未満となった。腫瘍の病理診断はWHO grade IIIで

あり、術後補助療法として放射線治療および化学療法を施行した。全ての治療が終了した後に頭蓋形成術を行い、現在、後治療を継続中である。

- ・本症例におけるICPモニタリング活用のポイント；
ICPセンサーの設置は、GCSスコアの急低下、瞳孔散大などの臨床症状から緊急な介入が必要との判断によるものである。ICPモニタリングは腫瘍摘出術前の追加検査の時間的余裕を評価するうえで有用であった。

まとめ

以上、自験例を供覧しつつ、ICPモニタリングの活用方法について概説した。ICPモニタリングは初期治療、追加治療のタイミングを推し量るとともに、それらの施行機会を逸しないという点で極めて有用な手技であると同時に、経験がなくとも比較的容易に行えることから積極的に導入することを勧めたい。一方、症例4で提示したような脳梗塞の場合、減圧開頭術に先行して穿頭しICPセンサーを設置することは、得られる効果に比較して侵襲度が高すぎると思える。実臨床におけるICPモニタリングの活用については、対象症例ごとに有益性と同手技の侵襲性のバランスを考慮したうえで実施する必要があることを付言しておきたい。

参考文献

- 1) Otani N, et al. Acta Neurochir Suppl 2010; 106: 257-260
- 2) 日本脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会. 脳卒中治療ガイドライン2021. [改訂2023] 2023; 協和企画

症例7 脳腫瘍の24歳男性



図18 腫瘍病変の存在を示唆する頭部CT画像

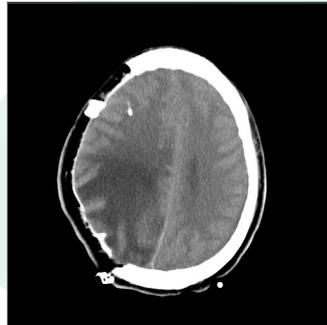


図19 前頭葉実質内に設置されたICPセンサー

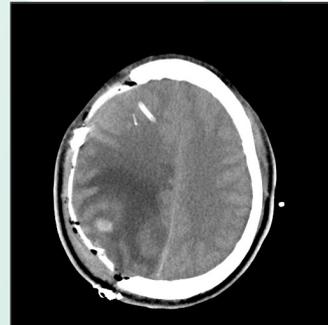


図20 腫瘍摘出後の頭部CT画像

※ 本資料は教育目的の使用のみとします。
製品をご使用いただく際は添付文書に記載されている使用方法を遵守してください。
この資料では、医師ご自身の裁量を基に製品を使用した経験を紹介しています。

販売名：CODMAN MicroSensor ベーシック・キット
販売名：CODMAN MicroSensor スカル・ポルト・キット
製造販売元：Integra Japan株式会社

承認番号：21500BZY00397000
承認番号：21300BZY00695000

Codman
SPECIALTY SURGICAL

編集・発行
Integra Japan株式会社
コッドマン スペシャルティ サージカル
〒107-0052 東京都港区赤坂1-7-1 赤坂複合ビル9F

INTEGRA